

УДК 903.05 (477.51) “08/09”

ВІДТВОРЕННЯ ДАВНЬОРУСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ПРОЦЕСУ В ПІВНІЧНІЙ ЕКСПЕДИЦІЇ*

Ігор ГОТУН

Олександр КОВАЛЬ

Андрій ПЕТРАУСКАС

Інститут археології НАН України

Відділ давньоруської і середньовічної археології

Статтю присвячено черговому етапу робіт з натурального відтворення давніх процесів і технологій на польовій базі експериментальної археології Північної постійнодіючої експедиції Інституту археології НАН України. Звертається увага на отримані нові дані щодо особливостей аналогічного давньоруському чорнометалургійного процесу, характеризується специфіка копії сиродутного горна та міхів, особливості оптимізації процесу випалювання деревного вугілля. Робляться висновки щодо знахідок на пам'ятках давнього залізодобування кальцинованих кісток, як можливих флюсів; конструктивних характеристик міхів; можливостей скорочення термінів добування вугілля та особливостей збагачення руди без додаткових теплотехнічних пристосувань; раціоналізації подачі шихти та дуття; трудозатрат при відтворенні сиродутного процесу.

Ключові слова: експериментальна археологія, сиродутний процес, випалювання деревного вугілля, металургійне горно, міхи, руда.

Основні напрямки роботи з натурального відтворення давніх об'єктів та технологій на базі експериментальної археології Північної експедиції вже характеризувалися; дана публікація присвячена результатам чергового моделювання. Разом з тим, перед викладом конкретики доцільно кількома словами окреслити коло проблем і завдань, що стояли перед дослідниками. Про репрезентативний матеріал у відношенні конструктивних особливостей та ймовірного зовнішнього вигляду давніх споруд, що дозволяє навіть моделювати певні структурні елементи об'єктів вивчення згадувалось неодноразово. Але якщо давні споруди залишили після себе досить інформативні залишки, які дають підстави реконструювати відсутні частини зі значним ступенем ймовірності, стосовно давніх процесів і технологій справа складніша. І пов'язано це з тим, що якщо в ході розкопок не завжди є достатні підстави для висновків про його обсяги виробництва, тривалість процесу, сукупність і послідовність дій майстра тощо. Вказувалося, що перед сучасними дослідниками, котрі мають справу з кінцевим продуктом, тобто, з тим, що виробляли, давно вже поставлено питання як виробляли; адже тільки

за умов відповіді на нього можна робити висновки про рівень соціально-економічного ладу досліджуваного суспільства¹. В такій ситуації для фундаментальних висновків необхідне більш глибоке розуміння об'єкта дослідження. Його можна досягти етноархеологічними студіями та науковими експериментами. Перший шлях для вирішення поставлених авторами питань складний, з огляду на ту обставину, що надто мало народів сучасності живе на рівні середньовіччя, чи хоча б використовує повною мірою середньовічні технології. А випадки фіксації подібних явищ досить віддалені і тому можуть бути залучені лише частково чи побіжно. Отже, наукові експерименти залишаються фактично єдиним засобом для пізнання досліджуваних явищ на новому ступені наближення до об'єкту вивчення.

У вітчизняній, а особливо – у зарубіжній літературі вводилися до наукового обігу результати робіт у цьому напрямку, часто – з детальною фіксацією ходу експерименту. Передусім варто згадати роботу чеських дослідників Ренати Малінової та Ярослава Маліні². Охарактеризовані у виданні історія експериментальної археології та проведені досліди дають відповідь на цілу низку питань, що виникають в ході археологічних досліджень³. У літературі специфіка давнього залізодобування характеризувалася у роботах англійських, німецьких, бельгійських учених, російських та українських фахівців⁴. Стосовно новітніх розробок в даному напрямку – привертає увагу експериментальна діяльність щодо використання матеріалу в домобудівництві, відтворення повного технологічного циклу на прикладі ранньослов'янського поселення в Бжезно, висвітлена в доповіді І. Плейнерової на міжнародній археологічній конференції “Нові технології в археології”⁵ та ін. Успішно функціонує гончарна майстерня на археологічному фестивалі в Біскупіні (Польща), де відтворено середньовічні споруди і технологічні прийоми⁶. В даному випадку можна говорити про надзвичайно перспективний напрямок поєднання дослідження і експонування давніх об'єктів: створення археопарків, скансенів, археодромів. В останніх можна проводити відпочинок т. зв. “первісним” способом, вчитись пізнанню процесу виготовлення тієї чи іншої речі⁷.

Вказувалося вже, що цінність означених розробок полягає передусім в отриманні позитивних результатів, що переконує в правильності і доцільності даного напрямку робіт. Деякі з них можна успішно використовувати при вивченні досить віддалених епох – за умов подібності використовуваних технічних та технологічних прийомів. Проте, для “чистоти” експерименту доцільно провести подібні дослідження на більш наближеному матеріалі. Тому до планової теми відділу давньоруської і середньовічної археології Інституту археології НАН України було включено проблематику з натурального моделювання давніх споруд (І. Готун) та давніх процесів і технологій (А. Петраускас), що базувалась би на конкретному матеріалі з

ВІДТВОРЕННЯ ДАВНЬОРУСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ПРОЦЕСУ

південноруських земель. А за умов відсутності бюджетного фінансування перший етап даних робіт було організовано на базі Північної експедиції Інституту, яка вела дослідження біля с. Ходосівка Києво-Святошинського р-ну**.

Металургійне виробництво було обрано для дослідження не випадково. Окрім суто академічного інтересу та особливого значення чорного металу в житті та побуті середньовічного населення, на першочерговість вибору цього напрямку вплинула та обставина, що експериментальна база експедиції знаходилась безпосередньо посеред чорнометалургійних центрів рубежу I–II тис. н. е. (Ходосівка, ур. Козаків яр; Кременище), на яких виявлені численні залишки від виробництва заліза сиродутним способом⁸.

Як відомо, для давньоруського часу зафіксоване широке використання сиродутного способу отримання заліза, під час якого відбувалося пряме відновлення руди в металеве залізо, а при подальшому виготовленні сталі – насичення заліза вуглецем. Сутність процесу полягала в наступному. До сиродутного горну завантажували подрібнену руду в суміші з деревним вугіллям (шихта) та, можливо, з відповідними флюсами. Вугілля підпалювалося і за рахунок безперервної штучної подачі ззовні ненагрітого (сирого) повітря всередині теплотехнічної споруди утворювалося відповідне термохімічне середовище, в якому відбувалося відновлення рудного заліза до металевого, а з породи руди утворювався шлак. Відновлені зерна заліза спускалися по мірі вигорання палива на дно печі, де злипалися та утворювали крицю, що утримує в собі ще певну кількість шлакових включень⁹.

Перші пробні роботи в даному напрямку були проведені в польовому сезоні 2003 р., а саме: змодельовано відомий за етнографічними та археологічними даними спосіб добування деревного вугілля, отримані нові дані про розповсюдження та різновиди болотної руди, її збагачення та зовнішні ознаки збагаченої руди, а також про можливі конструкції сопла, які внаслідок нестійкості матеріалів не представлені в археологічних знахідках, зроблено спостереження, які дозволяють ставити питання про можливість проведення розрахунків абсолютних розмірів міхів для випадків використання певної конструкції передгорнової споруди¹⁰. Протягом липня-листопада 2004 р. зроблено спробу відтворення експериментальної діючої моделі міхів з урахуванням етнографічних та іконографічних даних, змодельовано випалювання вугілля за відомими археологічними та етнографічними даними в інших технологічних умовах; проведено декілька плавок, знято документальний фільм, всі етапи сиродутного процесу піддані детальній фото- та відеофіксації.

Б. Колчин в своїй роботі “Черная металлургия и металлообработка древней Руси” влучно зауважив, що дуття є душею сиродутного процесу – від нього залежить досягнення необхідної високої температури в горні та

підтримка її протягом необхідного часу. Автор наводить давньоруське письмове повідомлення: “не огонь творит ражжение железу, а надмение мощное”, яке прямо вказує на знайомство давньоруських металургів із даним пристроєм¹¹.

В якості прототипу міхів використано зображення на пізньосередньовічній мініатюрі, де вони мають клиноподібну форму¹². Розміри міхів по відношенню до людського зросту на зображенні складають приблизно 1/2. Приймаючи середній зріст людини давньоруського часу за 160 см, для робочої моделі отримуємо довжину близько 0,8 м та співвідношення загальної довжини (від задньої стінки до перехідника) до максимального розширення як 2:1,3. Ковальські міхи, які зберігаються в Коростеньському краєзнавчому музеї, мають приблизно такі ж розміри та форму в плані^{***}. Ймовірно, існує певне оптимальне співвідношення між внутрішнім об'ємом міхів та горна, що в свою чергу дає можливість подальших розрахунків залежності між абсолютними розмірами даних пристроїв.

Клапан впускний повністю відтворює деталь на загальновідомій мініатюрі. До того ж, подібна конструкція набагато ефективніше працює за наявності двох та більше “віддушин”, ніж у випадку з суцільним отвором. Виконана із сучасних матеріалів вона в такому ж вигляді іноді використовується і на сьогоднішній день в пристроях для нагнітання повітря, протигазах та ін. Для виготовлення такого клапана в середньовіччі використовували, ймовірно, звичайну шкіру, підтвердження чому ми знаходимо серед етнографічних даних. Подібне пристосування працює більш ефективно, якщо воно розміщено на внутрішній поверхні нижньої дошки. В такому випадку пластинка шкіри більш щільно прилягає до поверхні ще й за рахунок власної ваги. В деяких етнографічних зразках з цією метою до шкіряної пластинки зверху закріплювався тягарець у вигляді дерев'яної планочки. У випадку розміщення впускного клапана на верхній дошці робота міхів буде менш ефективна, чи взагалі неможлива тому, що значна кількість повітря при стисканні міхів буде виходити назовні через нещільно притиснутий впускний клапан¹³.

Зображення на пізньосередньовічній мініатюрі міхів, які повернуті майже набік, ймовірно, було зроблено автором для того, щоб вони стали більш впізнаваними. Тобто, показати їх характерні деталі – клиноподібну в плані форму дошки, ймовірно, двочленну структуру, та, власне, впускний клапан у вигляді “сегментоподібних віддушин”.

Приймаючи до уваги відносно невеликий діаметр впускного отвору – приблизно 3 см, що має співвідноситись з відомими діаметрами давньоруських сопел, впускний клапан виконаний у вигляді невеликого

шматочка тонкої шкіри, який прикріплений у верхній частині до передньої зовнішньої стінки перехідника.

Перехідник, який з'єднує дошки, і до якого прикріплений випускний клапан, в експериментальній моделі мав підпрямокутну форму в плані та в поперечному перетині. Проте складність з'єднання із ним сопла та деякі вади, в результаті яких до міхів потрапило розпечене повітря із печі, що призвело до їх майже повного знищення, підштовхнули до пошуків дещо відмінної конструкції даної деталі. Більш доцільним здалося використання перехідника круглого чи підовального в поперечному перетині. Подібна форма забезпечує ефективне та надійне з'єднання без використання сучасних матеріалів. Вона часто застосовується у деяких етнографічних пристосуваннях, пов'язаних із нагнітанням повітря. Слід відзначити, що на мініатюрному зображенні при ретельному розгляді даної деталі перехідник, як і послідоюча за ним деталь (ймовірно, сопло), мають в перетині саме підокруглу форму. За умови використання подібної форми значно полегшується також поєднання перехідника із соплом за допомогою шкіряного рукава.

Сопла були виготовлені з глини відповідно до форми та розмірів їх археологічних прототипів, досліджених на Григорівському поселенні.

Для поліпшення металургійного процесу (зменшення температури ошлакування породи) до шихти додавалася певна кількість флюсу. Присутність у складі шихти всього 8% вапна знижує нижній поріг ошлакування з 1130 до 1030 С°. Використання в якості флюсу подрібнених кісток тварин підтверджується відповідними знахідками в металургійних комплексах; на салтівських горнах відзначено використання з цією метою подрібненого металургійного шлаку¹⁴. Випадки фіксації вапняку, можливо – доломіту, подрібненого залізного шлаку в давньоруських металургійних комплексах, ймовірно, відображають їх використання в якості флюсу в сиродутному процесі¹⁵. Етнографічні матеріали відзначають широке використання з цією метою поліськими металургами вапняку¹⁶.

Як флюс було вирішено використати кістки тварин, які в кальцинованому вигляді зафіксовані серед залишків металургійного виробництва пізньоримського та давньоруського часу¹⁷. Для додавання в шихту їх треба було подрібнити на невеличкі шматочки для рівномірного перемішування із шихтою, що фіксується археологічними знахідками. Спроби подрібнити на рівномірні невеличкі шматки трубчастих, хребцевих та інших кісток тварин не призвели до очікуваного результату, тому що вони розліталися на друзки в різні боки, розколювалися на різновеликі шматки і все це вимагало значних фізичних зусиль. Навпаки, після попереднього прожарювання на вогнищі вони перетворювалися на розтріскані (дуже схожі на поверхню обвугленої деревини) кальциновані кістки білого, місцями

чорного кольорів, які без особливих зусиль можна було розтерти руками на шматочки потрібного розміру.

Як відомо, єдиним висококалорійним паливом, придатним для застосування в сиродутному процесі виготовлення заліза в давньоруський час, було деревне вугілля, ознаки використання якого фіксуються в залишках металургійних горнів. Сировиною слугувала деревина берези, сосни та дуба, залишки яких зафіксовані в заповненні об'єктів, пов'язаних із виготовленням і зберіганням деревного вугілля. Це підтверджується також обстеженням вугликів в залізних шлаках з давньоруських пам'яток Північної Русі, що дозволило встановити факт використання для виготовлення вугілля звичайної сосни¹⁸.

Випалювання деревного вугілля в сезоні 2003 р. велось способом, який відомий за етнографічними та археологічними даними; детально це охарактеризовано в окремій статті¹⁹. Як уже згадувалося, в ході експерименту вдалось отримати позитивні результати²⁰. Проте, дуже довгий час (майже місяць), необхідний для охолодження вугілля, став поштовхом для пошуків прискорення процесу за рахунок зміни технологічних умов проведення випалювання при збереженні головних конструктивних елементів земляної споруди та способу закладки штабеля. З цією метою було проведено два пробні випалювання, які дали позитивні результати і в подальшому для варки заліза використовувалось вугілля, отримане саме таким способом.

Для початку на денній поверхні було викопано котлован діаметром 0,35–0,4 м та глибиною 0,2–0,25 м. В яму були складені соснові дрова довжиною 0,30–0,35 м та діаметром 0,03–0,07 м. Штабель мав висоту 0,7–0,9 м. Після підпалювання дрова горіли близько 40 хвилин до осідання штабелю. Після чого розпечене вугілля було перекрите шаром ґрунту, щоб унеможливити доступ повітря та прискорити охолодження. В результаті експерименту було отримано біля 3 кг деревного вугілля та підтверджено припущення, що отримання невеликої кількості деревного вугілля не потребує попереднього перекриття (перед підпалюванням) штабелю ґрунтом та довгого охолодження вугільної ями. Подібний спосіб був апробований на більшому обсязі.

В денній поверхні був викопаний котлован діаметром біля 1 м та глибиною 0,35–0,45 м. В яму закладено біля 0,5 м³ дубових дров. Штабель досягав висоти 1,2–1,4 м над землею. В процесі підготовки сировини брали участь два чоловіки. Збирання, рубання та розколювання, складання штабеля за зразком поліського “майора”²¹ продовжувалось близько двох годин. Варто відзначити, що подібний спосіб укладки дров в штабелі має дуже давні історичні корені і використовувався далеко за межами України, наприклад, у пізньосередньовічній Англії, Угорщині та ін. Зокрема, М. Бекерт наводить пізньосередньовічні мініатюрні зображення, які відрізняються від поліського

ВІДТВОРЕННЯ ДАВНЬОРУСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ПРОЦЕСУ

аналога хіба що більшими розмірами²². Сировина збиралася в радіусі 40 м і складалася із опалих сухих гілок та повалених сухих дерев невеликої товщини.

Після цього дрова були підпалені та горіли близько двох годин до практично повного осідання штабеля та перегорання деревини, після чого яма була перекрита землею. В результаті було отримано 10 кг деревного вугілля, яке використовувалося в металургійному процесі. Під час відкриття ями сталося непередбачене часткове зайняття частини вугілля, через те що стінки та дно ями були ще сильно гарячими. Вірогідно, процес остигання слід продовжити з використанням дванадцяти годин до більш тривалого часу. Частина дров (товсті прикомліві частини, які впиралися в дно ями) не перегоріла, тому слід підбирати дрова приблизно однакової товщини.

Під час проведення експерименту за археологічний прототип було взято горно № 16 із Григорівського поселення²³. В материковому супіску попередньо було викопано котлован – яму конічної форми. Для посилення міцності стінок та попередження сповзання глини під час будівництва в дно котловану були забиті дерев'яні кілки діаметром 0,03–0,05 м, які слугували каркасом майбутньої споруди. Як передгорнова яма був використаний хід сполучення часів Великої Вітчизняної війни. Про врізання виробничих споруд в природні схили чи в заглиблення фортифікаційних об'єктів (зادля уникнення викопування передтопкових заглиблень) уже згадувалося.

Для зведення тіла горна використовувався лесоподібний суглинок жовтого кольору, до якого в якості опіснювача була додана деревна стружка (в наступних копіях теплотехнічних споруд за умови відсутності соломи чи полови вона з успіхом була замінена дрібним хмизом та глицею, які вкривали суцільним шаром площу навколо експериментального майданчика) у співвідношенні 3:2 за об'ємом. У випадках використання глици та дрібного хмизу в якості опіснювача, вони додавалися в напіввідку суглинкову масу до утворення в'язкої грудки, яка легко тримає форму. Суміш із лесоподібного суглинку та дрібної деревної стружки набагато гірше тримала форму, виведені з неї стінки часто осідали. Проте вона набагато краще підходила для вирівнювання поверхні горна, замазування та ремонту щілин, які утворювались в процесі експлуатації. З отриманої маси формувалися вальки потрібного розміру з яких і викладалося тіло горна. Щоб полегшити будівництво, сухий пісок в якому були вирізані стінки котловану, змочували водою.

Приймаючи до уваги той факт, що горно із Григорівки не збереглося повністю, було вирішено підняти стінки на 0,15–0,25 м вище від тих, що вціліли у оригіналу. В результаті цього дана споруда відрізняється від прототипу наявністю колошникової частини, оскільки технічна завершеність споруди важлива для відтворення сиродутного процесу. Весь процес зведення

проводився однією людиною протягом світлового дня, що ще раз підтверджує висловлене раніше припущення про відносно невеликі трудові затрати, необхідні для будівництва²⁴.

Фахівцями відзначалося, що збагачення руди в спеціальних спорудах – необхідний технологічний прийом при отриманні кричного заліза. Етнографічні та археологічні дані щодо цього вже наводились²⁵, тому нема необхідності зупинятись на даному аспекті детально. Вкажемо лише, що як піч для агломерації руди було використано залізобобне горно – копію горна № 16 із Григорівки. Воно на протязі 35 хвилин прогрівалося сосновими дровами. Під час розігріву з горна вилітало полум'я яскраво-червоного кольору на висоту близько 1 м. Після того як дрова перегоріли, до горна була завантажена руда вагою біля 1 кг, зверху – знову соснові дрова. Горно продовжували опалювати ще 30 хвилин, після чого воно було залишене відкритим до повного остигання. В результаті агломерації руда набула сіро-сталевого чи темно-червоного кольору. Таким чином, в процесі обпалення руди не тільки вигоріли органічні рештки та випарувалась волога, але й також відбулися певні фізико-хімічні зміни в самій руді, показником чого слугує зміна кольору (вірогідно, це пов'язано зі зміною хімічного складу оксидів заліза, які впливають на забарвлення). З урахуванням того, що знахідки збагаченої руди мають подібне забарвлення (Ходосівка, Автуничі), можливо припустити, що у даному випадку відбувся процес агломерації. Враховуючи позитивні результати збагачення руди в металургійному горні, можна припустити можливість випалення руди під час попереднього розігріву сиродутної печі перед плавкою.

Перед початком сиродутного процесу горно (копія № 16 із Григорівки) 30 хвилин прогрівалося сосновими дровами. Після цього попіл та вугілля були видалені, а внутрішній простір наповнений до колошникової частини деревним вугіллям. Вугілля було підпалене через нижній отвір, після чого вставлене сопло, з'єднання щільно обмазане глиною та розпочате примусове нагнітання повітря. Через 20 хвилин, коли вугілля осіло, через колошникову частину стали завантажувати шихту. Вона складалася із суміші деревного вугілля та болотної руди (попередньо збагаченої) у співвідношенні 1:1 (0,5 кг руди на 0,5 кг та 0,01 кг кальцинованих кісток). Оскільки всі операції в даному випадку виконувались однією людиною, то на час завантаження шихти нагнітання повітря тимчасово припинялося. Для того, щоб забезпечити безперервне нагнітання, більш доцільна робота вдвох. По мірі осідання шихти завантажувалась чергова порція. Всього до горна було завантажено чотири порції. Після завантаження четвертої в міхах відмовив випускний клапан і процес довелось зупинити.

Під час нагнітання повітря з горна вихоплювалось полум'я яскраво-червоного та синього відтінків, а в разі більш різкої подачі повітря –

ВІДТВОРЕННЯ ДАВНЬОРУСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ПРОЦЕСУ

невеличкі вуглики на висоту до 1 м. Внутрішня поверхня стінок під час найбільшої температури розігрілася до білого кольору на середину своєї висоти. В результаті отримано добре агломеровану руду, декілька невеликих шматків керамічного шлаку, внутрішні стінки в районі лещаді ошлакувалися до отримання склоподібної маси. Вся руда втратила темно-червоний колір та набула сіро-сталевого. В цілому, температура в горні була достатня для початку процесу відновлення заліза і тільки недостатність часу завадила отримати позитивний результат.

На початку наступного процесу горно прогрівалося протягом трьох годин спочатку сосновими, потім дубовими дровами. За цей період внутрішня поверхня стінок горна розігрілася до білого кольору на половину своєї висоти. Після цього було завантажено деревне вугілля до колошникової частини, встановлено сопло та розпочате дуття міхами. В роботі приймало участь двоє людей, які час від часу міняли один одного біля міхів. По мірі осідання вугілля була розпочата подача шихти до горна. Процес продовжувався чотири години. Всього було використано 6 кг деревного вугілля, 4 кг руди та близько 1 кг кісток. Наприкінці процесу стінки горна на висоту до колошникової частини розігрілися до яскраво-червоного, майже білого кольору.

Після остигання споруди були зафіксовані ошлаковані стінки майже до половини їх висоти. Також було виявлено шматки руди із прикипілими до них частинками кальцинованих кісток та деревного вугілля, які почали шлакуватися. Було встановлено, що для підтримання високої температури шихту слід подавати невеликими порціями, тому що великі призводять до певного охолодження внутрішнього простору. Крім того було відзначено певний зв'язок між верхньою межею розпеченості внутрішньої поверхні стінок горна до високої температури (до білого кольору) перед початком завантаження шихти та перебігом ошлакування руди та стінок горна, що було враховано при наступному експерименті.

В наступному процесі горно прогрівали сосновими дровами протягом трьох годин. Після цього він завантажувалася до колошникової частини вугіллям, встановлювалося сопло та розпочиналася подача повітря за участю двох чоловік. Процес розігріву міхами відбувався на протязі двох годин, до тих пір, доки внутрішня поверхня стінок не розігрілася до білого кольору у висоту майже до колошникової частини. Тільки після цього розпочато завантаження шихти. Безперервне нагнітання повітря відбувалося протягом двох з половиною годин. Після останнього завантаження шихти нагнітання продовжувалось до повного її осідання майже до рівня лещаді. Всього за час сиродутного процесу було використано близько 5 кг деревного вугілля та 2 кг руди. Відзначено, що повітря краще подавати не різкими, а плавними рівномірним порціями. В протилежному випадку рвучке стискання міхів та,

відповідно, різка подача “сирого” непрогрітого повітря призводить до падіння температури в горні. Перед закінченням експерименту всередину горна вміщено керамічний тигель з мідним та латунним брухтом. Після закінчення процесу в тиглі було зафіксовано розплавлений метал, що вказує на те, що всередині горна було досягнута температура не нижче 1080 С°.

В результаті внутрішні стінки горна були ошлаковані майже до колошникової частини, ошлакувався також і отвір та зовнішні стінки сопла, які знаходились всередині горна. В нижній частині теплотехнічної споруди виявлений конгломерат із шматків обпаленої руди з ошлакованою поверхнею, залізного шлаку, шматочків флюсу, невеличких шматочків деревного вугілля та зерен відновленого заліза, які, проте, не становили монолітного масиву.

Ще декілька експериментів з отримання заліза сиродутним способом було проведено в умовах прохолодної сирії осені. Вони показали необхідність значно більших трудових та матеріальних затрат для проведення сиродутного процесу. Так, наприклад, для повного просушування тіла горна та прилеглого до нього ґрунту до повного видалення вологи довелося опалювати його протягом двох днів. Навпаки, в умовах сухої теплої погоди (навіть восени) немає необхідності в довготривалому просушуванні. Також було отримано позитивні результати щодо висловленого припущення про можливість обпалювання руди під час попереднього розігріву сиродутного горна перед плавкою. В декількох проведених експериментах були використані описані вище міхи та міхи, у декілька разів менші за обсягом. Найбільш висока та стабільна температура досягалася під час використання міхів великого розміру із плавною подачею повітря.

Підсумовуючи дослідження, варто звернути увагу на кілька міркувань:

– кальциновані кістки, які зустрічаються у складі давньоруської металургійної шихти, перед завантаженням, вірогідно, попередньо обпалювалися та потрапляли в суміш вже кальцинованими;

– за рахунок зміни технологічних умов перебігу процесу зі збереженням старих конструктивних особливостей земляних споруд можливе значне скорочення строків випалення деревного вугілля, ніж це відомо з етнографічних даних;

– болотна руда до початку сиродутного процесу збагачувалась до набування червоного чи сіро-сталевого кольору; проте, для цього не було прямої необхідності в зведенні спеціальних теплотехнічних пристроїв (агломераційних печей) – подібний процес можна було ефективно провести безпосередньо в горні;

– шихту слід подавати невеликими порціями, які не призводять до різкого охолодження горна, що знаходить виявлення в потемнінні внутрішньої поверхні горна та зникненні характерного блакитного полум'я над горном;

ВІДТВОРЕННЯ ДАВНЬОРУСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ПРОЦЕСУ

– повітря має надходити плавними рівномірними порціями; надмірне поступання “сирого” повітря призводить до небажаного падіння температури;

– під час сиродутного процесу отримання заліза в репліках давньоруських металургійних горен більш ефективна робота двох чоловік.

* Публікація продовжує цикл робіт, присвячений експериментальним студіям Північної постійнодіючої експедиції Інституту археології НАН України; результати попередніх досліджень лягли в основу доповідей “Експериментальна археологія в роботі Північної експедиції” на міжнародному науковому семінарі “Актуальні проблеми давньоруської археології” (м. Переяслав-Хмельницький, 11–15 травня 2004 р.), “Охраняемая археологическая территория как центр науки и просветительства (на примере проекта “Ходосовский археологический комплекс”)” на міжнародній конференції “Археология и естественнонаучные методы” пам’яті Б. О. Колчина (м. Москва, 1–3 листопада 2004 р.), “Ходосівський археологічний комплекс як приклад розвитку заповідної справи” та “Відтворення давньоруських горен” на ювілейній науково-практичній конференції “Старожитності Вишгородщини” (м. Вишгород, 16–18 травня 2005 р.), “Експериментальна модель гончарного горна типу Малополовецького” на науковій конференції “Фастівщина та проблеми археології Середнього Подніпров’я” (м. Фастів, 2 листопада 2005 р.); викладені в статтях: *Готун І. А., Петраускас А. В., Петраускас О. В.* Експериментальна археологія у роботі Північної експедиції. Дослідження в галузі гончарства // *Археологія*. 2005. № 2. С. 70–79; *Готун І. А., Петраускас А. В., Петраускас О. В.* Моделювання чорнометалургійних та лісохімічних процесів за матеріалами Північної експедиції // *Археологія*. 2005. № 3. С. 52–65; *Петраускас А. В., Готун І. А.* Експериментальна археологія в роботі Північної експедиції // *Наукові записки з української історії: Зб. наук. статей*. Переяслав-Хмельницький, 2005. Вип. 16. С. 243–252; *Готун І., Коваль А., Петраускас А.* Новые результаты работ по экспериментальной археологии в Северной экспедиции (в друці); *Готун І. А., Коваль О. А., Петраускас А. В.* Експериментальна модель гончарного горна типу Малополовецького (в друці); *Готун І., Коваль О., Петраускас А.* Відтворення Північною експедицією давньоруських гончарних горен без “козла” (в друці).

¹ *Очерки по истории древней железообработки в Восточной Европе / Н. Н. Терехова, Л. С. Розанова, В. И. Завьялов, М. М. Толмачева.* Москва, 1997. С. 3.

² *Malinovi R. a J. Vzpominky na minulost aneb Experimenty odhaluji taemství pravěku.* Ostrava, 1982. 277 s.

³ *Малинова Р., Малина Я.* Прыжок в прошлое. Эксперимент раскрывает тайны древних эпох. Москва, 1988. 271 с.

⁴ *Колчин Б. А., Круг О. Ю.* Физическое моделирование сыродутного процесса производства железа // *Археология и естественные науки*. Москва, 1965. С. 196–209; *Гурин М. Ф.* Древнее железо белорусского Поднепровья (I тысячелетие н. э.). Минск, 1982. С. 4–17; *Бидзилья В. И., Вознесенская Г. А., Недопако Д. П., Паньков С. В.*

История черной металлургии и металлообработки на территории УССР (III в. до н. э. – III в. н. э.). Киев, 1983. С. 60; *Паньков С. В.* Чорна металургія населення українського лісостепу (перша половина I тис. н. е.). Київ, 1993. С. 76; *Город Болгар: Ремесло металлургов, кузнецов, литейщиков.* Казань, 1996. С. 96; *Очерки по истории древней железообработки...* С. 5–28.

⁵ *Козак Д. Н., Филипчук М. А., Милян Т. Р.* Міжнародна археологічна конференція “Нові технології в археології” // *Археологія.* 2003. № 1. С. 133.

⁶ *Відейко М. Ю.* Заповідник та археологічний фестиваль в Біскупіні (Польща) // *Ржищівський археодром. Археологічні дослідження та експериментальні студії 2000–2001 років.* Київ, 2002. С. 89–94.

⁷ *Кепін Д. В.* “Археопарки”: проблеми та перспективи // *Ржищівський археодром. Археологічні дослідження та експериментальні студії 2000–2001 років.* Київ, 2002. С. 78–89; *Тимова О. М., Кепін Д. В.* Музейний показ давніх жител Українського Полісся (за археологічними матеріалами) // *Праці Центру пам’яткознавства.* Київ, 2002. Вип. 4. С. 49–71.

** Експедиція фінансувалася Науково-виробничим об’єднанням “Будпроектінвест” та ТОВ “Хутір Ясний” (П. Т. Куций, В. В. Синенко, С. Г. Євдоченко) в рамках укладеної з Інститутом Угоди про співробітництво в галузі вивчення пам’яток археології на означеній території, введення результатів робіт до наукового обігу та популяризації історико-культурної спадщини для широкого загалу.

⁸ *Південноруське село XI–XIII ст. (Нові пам’ятки матеріальної культури).* Київ, 1997. С. 114–143; *Бідзіля В. І., Паньков С. В.* Залізодобувне виробництво на території України та Угорщини на рубежі I–II тис. н. е. // *Археологія.* 2000. № 3. С. 106–109; *Село Київської Русі (за матеріалами південноруських земель).* Київ, 2003. С. 98–99.

⁹ *Рыбаков Б. А.* Ремесло древней Руси. Москва, 1948. С. 126, 127; *Колчин Б. А.* Черная металлургия и металлообработка в древней Руси (домонгольский период) // *МИА.* 1953. № 32. С. 22, 23.

¹⁰ *Готун І. А., Петраускас А. В., Петраускас О. В.* Моделювання... С. 59.

¹¹ *Колчин Б. А.* Черная металлургия... С. 32.

¹² *Арциховский А. В.* Древнерусские миниатюры как исторический источник. Москва, 1944. С. 76–78.

*** Щиро вдячні директору музею В. І. Польгую за можливість ознайомитись з експозицією та попрацювати з експонатами.

¹³ *Вознесенська Г. О., Паньков С. В.* Техніко-технологічні особливості видобування і обробки заліза у давньоруському Києві // *Археологія.* 2004. № 3. С. 58.

¹⁴ *Колчин Б. А.* Черная металлургия... С. 25, 35; *Колода В. В.* Черная металлургия Днепро-Донского междуречья во второй половине I тыс. н. э. Харьков, 1999. С. 73.

¹⁵ *Тимошук Б. А.* Ленковецкое городище // *СА.* 1959. № 4. С. 250–257 и др.

¹⁶ *Федоренко П. К.* “Рудни” XVI–XIX вв. на территории СССР // *ИЗ.* 1956. Вып. 57. С. 210–231.

¹⁷ *Кравченко Н. М., Петраускас А. В., Петраускас О. В., Шишкин Р. Г.* Памятники позднеаримского времени правобережной Киевщины (в друці); *Звіздецький Б. А., Петраускас А. В., Польгуй В. І.* Нові дослідження стародавнього Іскоростеня // *Стародавній Іскоростень і слов’янські гради VIII–X ст.* Київ, 2004. С. 51–86.

¹⁸ Колчин Б. А. Черная металлургия... С. 40; Березовец Д. Т. Из работ Новоселковского отряда // Телегин Д. Я., Березанская С. С., Митрофанова В. И., Круц В. А. Отчет об археологических исследованиях в зоне Киевского водохранилища в 1962 г. // НА ІА НАНУ. № 1962/15. Приложение № 3. С. 84; Готун І. А. Лісохімічний промисел на давньоруських селищах Середнього Подніпров'я // Наукові записки з української історії. Збірник наукових статей. Переяслав-Хмельницький, 2000. Вип. 10. С. 24–33.

¹⁹ Готун І. А. Лісохімічний промисел... С. 27–30.

²⁰ Готун І. А., Петраускас А. В., Петраускас О. В. Моделювання... С. 60, 61.

²¹ Пачкова С. П. Металлургический центр зарубинецкой культуры у села Лютеж // СА. 1970. № 1. С. 140–151.

²² Бекерт М. Железо. Факты и легенды. Москва, 1988. С. 124.

²³ Село Київської Русі... С. 96.

²⁴ Бидзиля В. И., Вознесенская Г. А., Недопако Д. П., Паньков С. В. История черной металлургии и металлообработки... С. 60; Паньков С. В. Чорна металургія населення українського лісостепу... С. 76.

²⁵ Готун І. А., Петраускас А. В., Петраускас О. В. Моделювання... С. 58, 59.

REPRESENTATION OF THE OLD RUSSIAN METALLURGICAL PROCESS IN THE NORTHERN EXPEDITION

Igor GOTUN
Olexander KOVAL'
Andriy PETRAUSKAS

Institute of Archaeology of the National Academy of Sciences of Ukraine
The Department of Old Russian and Medieval Archaeology

The article covers the regular stage of the works on natural reconstruction of the old processes and technologies at the standing field experimental center of the Northern Expedition of the Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of Ukraine. In the article attention is paid to the received new data on the peculiarities of a black metallurgical process similar to that of the Old Russian period; the specifics of the puddling furnace and bellows, optimization of the charcoal bakery process are characterized. The conclusions are made regarding the findings in the iron production with the calcenated bones as possible fluxes; constructional characteristics of bellows; options to shorten the terms of coal production and specifics of ore-dressing with no additional heating technical devices; rationalization of the furnace charge feeding and blowing; workload in representing of the puddling process.

Ігор ГОТУН, Олександр КОВАЛЬ, Андрій ПЕТРАУСКАС

Key words: experimental archeology, puddling process, charcoal bakery, metallurgical furnace, bellows, ore.

Стаття надійшла до редколегії 21.03.2006

Прийнята до друку 18.04.2006