

УДК 903.05

## ДО ПИТАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВІДТВОРЕННЯ СИРОДУТНОГО СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗА

Андрій ПЕТРАУСКАС (Київ)

*Стаття присвячена проблемам експериментального відтворення сиродутного способу отримання заліза у давньоруський час.*

**Ключові слова:** експериментальна археологія, чорна металургія, залізна руда, горн, залізо.

*Статья посвящена проблемам экспериментального воспроизведения сиродутного способа получения железа в древнерусское время.*

**Ключевые слова:** экспериментальная археология, черная металлургия, железная руда, горн, железо.

*The article is devoted to the problems of an experimental reproduction of bloomery process of iron in the Kievan Rus' time.*

**Key words:** experimental archaeology, metal production, iron stone, heating furnace, iron.

Експеримент (від лат. *experimentum*) у сучасній науці – це метод пізнання, за допомогою якого в умовах, які дослідник може контролювати та скеровувати, досліджується певне явище. Власне наука починається там де починається експеримент, який дозволяє перевіряти істинність висловлених припущень. Вони поділяються на якісні, кількісні та ін. типи. Існують напрямки наукового знання побудовані на використанні експерименту: експериментальна фонетика, криміналістика та інші [1]. Для прикладних наук, з якими, певною мірою, співвідноситься і археологія, характерне використання модельного експерименту, який ставиться на матеріальних моделях.

Однією з характерних ознак експериментальної археології є використання наукових методичних принципів та наукових методів проведення експериментів, що відрізняє її від прикладного мистецтва і поширеного в наш час створення різного типу копій не тільки археологічних предметів, але й об'єктів, процесів, тощо. Під час створення останніх головною метою є вирішення декоративно-прикладних, виробничих, торгівельних та інших задач, які не мають на меті наукового дослідження археологічних об'єктів. Відповідно, стає актуальним питання – де проходить межа між науковим експериментом та декоративно-прикладним мистецтвом, що виготовляє предмети “під старовину”.

До методичних засад експериментальної археології відносяться перш за все використання певного археологічного прототипу, створення його науково обґрунтованої теоретичної реконструкції, проведення натурного моделювання з дотриманням відповідних методик проведення експериментальної частини та подальше наукове опрацювання отриманих результатів. Експеримент може вважатися виконаним лише в разі отримання даних, які відповідають поставленим цілям дають результати, що поточнюють і доповнюють первинні уявлення щодо використаного археологічного прототипу. Експериментальна археологія і починається саме там, де використовуються результати експерименту для пояснення питань у роботі з археологічними старожитностями.

Під час моделювання дослідник зустрічається з проблемою створення діючої натурної моделі процесу, предмету чи об'єкту, який надалі буде

використовуватись для дослідів. На цьому етапі використовуються дані та методи природничих наук (геології, фізики, біохімії, біології та ін.), технологічні напрацювання відповідних технічних виробництв (наприклад, чорної та кольорової металургії), етнографічні дані. У деяких випадках, очікувані результати дослідник отримує після багатократних випробувань, процес може займати в часі декілька років.

Ефективність проведеного експерименту може бути підтверджена можливістю використання його результатів у роботі з археологічними прототипами для вирішення проблем, задля яких власне і проводилось моделювання. На даному етапі найбільш поширеним є порівняння характеристик натурної моделі і її прототипу. Одним із цікавих та перспективних напрямків є вивчення сиродутного способу отримання заліза з використанням даних експериментальних досліджень.

Автори даної праці та учасники експериментального вивчення в означеній сфері не є першовідкривачами; раніше вже накопичено певний досвід подібних робіт. Адже експериментальні роботи за визначенням М.Ф. Гуріна необхідна складова дослідницької діяльності при вивченні складних процесів, пов'язаних з металургією і ковальською обробкою заліза. Моделювання процесів в умовах, максимально наближених до реальних, буде сприяти правильній інтерпретації багатьох технологічних прийомів, пізнанню їх історичного розвитку [2]. Результати досліджень у цьому напрямку, часто з детальною фіксацією ходу експерименту, вводились до наукового обігу. Уже зверталася увага на роботу чеських дослідників Ренати Малінової та Ярослава Маліни [3]. У літературі, присвяченій специфіці давнього залізодобування, характеризувалися роботи англійських, німецьких, бельгійських учених з моделювання сиродутного процесу; польських дослідників – від добування сировини до отримання заліза, російських фахівців – з відтворення всіх ланок чорної металургії, київських та ульяновських спеціалістів – із спорудження горен та ін. Зокрема, у Новгороді проведено цілий цикл натурних дослідів. Збудовано теплотехнічну споруду із сирцевої цегли, подібну до середньовічних глинобитних, на майданчику з двома рівнями (нижнім – для випуску шлаку, розбирання заслінки, верхнім – для подачі руди). Застосовано примусове дуття (міхи замінено вентиляторним повітродувом). Перед завантаженням шихти руду збагачено: подрібнено, висушено, частково обпалено. Проведено дослідження щодо часу завантаження порцій шихти, співвідношення вугілля і руди, використання різних домішок. Отримано губчате залізо, яке в подальшому мало піддаватись зварюванню. Дослідам присвячено спеціальну працю, де детально проаналізовано історію чорнометалургійного моделювання [4]. За оцінкою М.Ф. Гуріна, хоч у результаті дослідів Б.О. Колчина та О.Ю. Круг з моделювання крично-рудного процесу в примітивній домниці й не вдалося отримати щільні криці, обробка матеріалів моделювання привела до оптимістичного висновку, що завдяки спектральному аналізу питань зв'язків у глибоку давнину, а також торгівлі та обміну можуть вирішуватися на більш широкій основі [5]. Фахівцями із сектора природничо-наукових досліджень Інституту археології НАН України проведено експерименти по спорудженню шахтного глинобитного горна. За даними учасників, сам процес будівництва не займав багато часу і вкладався в межі світлового дня. Основний час при підготовці печі до роботи затрачувався на просушування її стінок [6]. Відоме виготовлення експериментальної репліки ковальського горна з двома варіантами дуття: природним і штучним [7]. Повідомлялось також про роботи з пробного збагачення руди, ковальського зварювання [8], проковування виявлених розкопками середньовічних криць із Новгорода, що привело до висновку про

необхідність співіснування металургійного й ковальського горен [9], спостереження за діючим якутським залізоробним об'єктом [10]. Над завданням отримання еталонних зразків, необхідних для реконструкції різних прийомів давньої техніки залізо обробки, працювала лабораторія природничо-наукових методів ІА РАН [11].

Авторами статті впродовж 2003 – 2012 рр. було проведено комплекс експериментальних робіт по вивченню особливостей чорно металургійної сировини (залізної руди) та палива (деревне вугілля), способам моделювання та особливостям конструкції теплотехнічних металургійних споруд (металургійних горнів), натурному відтворенню сиродутного процесу.

Сировиною для давньоруських сільських металургів слугував бурий залізняк та похідні від нього озерна і болотна чи лугова (дернова) руда – лімоніт, значні поклади якої широко розповсюджені й легкодоступні на досліджуваній території і далеко за її межами.

Для проведення експериментів з метою відтворення відповідного давньоруській металургії сиродутного процесу було використано дернову руду. Її родовища були виявлені та обстежені в районах проведення експериментальних досліджень на Київщині та Житомирщині. Найбільш металомісткими та придатними до виготовлення заліза виявились лімоніти виявлені поблизу с. Мар'янівка. Зауважимо, що безпосередньо поруч із нею розташоване давньоруського селище Колонщина, на якому під час археологічних розкопок досліджено залишки масштабного виготовлення заліза. Подібна ситуація знаходження крупного родовища руди та розташованого поруч металургійного комплексу давньоруського часу зафіксована російськими дослідниками поблизу с. Ісття, Рязанської обл. (Зав'ялов, Раткин, 2011). Під час візуального обстеження території навколо відомих за археологічними та пізньосередньовічними даними центрами виготовлення заліза навколо Коростеня, Олевська та ін. були зафіксовані лише ознаки наявності поруч залізних руд: залізіста плівка на поверхні водойм, шматочки лімоніту в береговій кромці та на денній поверхні й верхньому краю ґрунта, прошарки озалізенного піску, що може свідчити про вичерпання рудних покладів, або їх знищення сучасною антропогенною діяльністю.

При зведенні діючої моделі враховувались основні підходи до типології та класифікації виробничих чорнометалургійних об'єктів [12]. Особлива увага була приділена підготовці будівельної суміші для споруди. Основа її, як і у випадку із археологічним прототипом, складалась із лесовидного суглинку та наповнювача. Вказана порода має досить низькі показники пластичності, і стінки, виведені тільки із суглинку, дуже сильно просідають під власною вагою, завалюються вбік і дають досить сильне розтріскування поверхні. Після додавання до суглинку наповнювача у вигляді полови, стружки чи дрібних гілок, суміш ставала більш придатною для виготовлення споруди. Залишки подібних домішок були зафіксовані також і в археологічних прототипах у вигляді відбитків соломи, полови та дрібних гілок. Недоліком легкодоступних та широко розповсюджених лесовидних суглинків можна вважати сильне ошлакування поверхні під час плавки, що значно ускладнює процес отримання заліза. Введення додаткового наповнення до суглинку шамоту чи жорстви, використання футеровки внутрішньої поверхні шаром більш вогнетривкої глини могло значно покращити перебіг металургійного процесу. Проте наявні на сьогоднішній день дані археологічних досліджень не фіксують подібних прийомів покращення властивостей будівельної суміші на території Середнього Подніпров'я.

Проведені фахівцями спеціалізовані аналізи вмісту глинозему у використовуваній породі та відходах виробництва – залізних шлаках, і

співставлення з технічними особливостями давньоруського виготовлення заліза встановили, що руда перед завантаженням до горна обов'язково піддавалася збагаченню. Це підтверджується також численними етнографічними свідоцтвами та археологічними аналогіями: “где би при болотах треба и землю копати да руды з великою пильностью искати. А знайшедши гди руду, особно копати и в кошныци беручи, в води полоскати”; виділяється окрема група спеціалістів по видобутку та збагаченню руди – кошитарі [13]. Збагачення включало в себе просушування (вивітрювання), обпалення, подрібнення, промивку та просіювання. Зважаючи на специфіку даного етапу виробництва (наближеність до місця видобутку, погана збереженість органічних решток в культурних шарах), археологічно зафіксовані лише випадки подрібнення та попереднього обпалення.

У результаті проведення експериментальних досліджень встановлено, що після обпалення на відкритому вогнищі лімоніт змінював свій колір з коричнево-бурого на яскравий червоно-малиновий чи сталевосиній. Вірогідно, у процесі обпалення не тільки видалялася зайва волога та органічні рештки, але й відбувалися певні зміни в хімічному складі даної породи. Шматки руди подібного забарвлення автором не зустрічалися при обстеженні природних родовищ лімоніту. Проте вони були зафіксовані серед металургійних решток, виявлених у ході досліджень у розкопі II на багатшаровому поселенні Ходосівка. Було проведено декілька спроб попереднього обпалення руди під час розігріву горну перед плавкою, що дало позитивні результати. В одному випадку під час обпалення на дровах у горні з висотою шахти понад 1 м руда була частково ошлакована.

Процес сиродутного виплавлення заліза був неможливий без штучного нагнітання повітря ззовні. Вірогідно, він здійснювався шляхом застосування міхів, які з'єднувалися з горном за допомогою сопел. Залишки останніх, виготовлених з кераміки, виявлені на селищах Клонів, Автуничі та деяких інших, але в цілому носять поодинокий характер [14]. До того ж, зазначені сопла часто походять із комплексів, що можуть бути більш аргументовано віднесені до ковальського виробництва. Подібна ситуація може пояснюватися використанням дещо іншої ніж традиційна (циліндрична чи конічна трубка з випаленої глини) конструкції сопел. Так, наприклад, носіями салтівської культури з цією метою застосовувалося звичайне стебло очерету, обмазане невипаленою глиною. Залишки його через нестійкість матеріалу фіксуються як виключення [15].

У процесі плавки використовувалось дуття одним чи двома міхами з різними системами подачі повітря до горна: з використання сопел та без них.

Усього було проведено серію експериментів, у результаті яких було досліджено шматочки відновленого з руди заліза, що свідчить про перспективність обраного напрямку відтворення сиродутного процесу.

Як відомо з вивчення давніх технологічних прийомів, важливим компонентом багатьох процесів у середньовічній теплотехніці було деревне вугілля. Промисел був репрезентований двома способами: найбільш давнім – ямним та в купях (багаттях). У Росії звичний ямний випал практикувався і в XX столітті [16]. У пошуках археологічних слідів випалювання виникають певні труднощі: це робилось, як правило, у лісі, лише іноді – недалеко від поселень [17]. Тим не менше, споруди вуглярів на середньовічних пам'ятках фіксувались, причому і такі, де вже добуто деревне вугілля зберігалось, і такі, де могло добуватися [18]. Відповідне ототожнення було зроблено стосовно комплексу з Комарівки. Відомі вугільні ями й на інших пам'ятках. За спостереженнями С.П. Пачкової, особливості функціонування об'єкту для деревного вугілля, вивченого біля с. Лютіж, дозволяють провести паралелі з

випалюванням деревного вугілля за етнографічними матеріалами Полісся. А за експериментальними студіями співробітників лабораторії фізико-хімічних методів досліджень ІА НАНАУ, найзручніші для підготовки до випалювання дерева висотою близько 8 м і діаметром стовбура на висоті від 1,3 м до 0,08 м. Об'єм такого дерева становить близько 0,02 м<sup>3</sup>. За 10-годинний робочий день одна людина могла підготувати до випалу близько 15 дерев [20].

При експериментуванні в цьому напрямку авторів цікавив і власне факт отримання вугілля, і забезпечення ним чорнометалургійних об'єктів. За основу було взято зафіксоване джерелами вуглепаління в багаттях. Стосовно них використано назву "майор" які, як правило, поєднували в собі елементи і наземної, і заглибленої частини. При роботах на ходосівській експериментальній базі "споруда вуглярів" поєднувала в собі впущене в материк заглиблення з наземним штабелем. Яма мала діаметр 1,5 м, глибину 0,7 м. У центрі вертикально встановлювався кілок, до якого також вертикально склалися дрова. Висота готового штабелю складала близько 1,5 м. Усього було використано біля 1 м<sup>3</sup> соснових дров. Ззовні, окрім отвору зверху, усе було вкрито дерном та засипано землею. У нижній частині з чотирьох боків прокопано невеликі отвори для підпалювання та подачі повітря. Горіння продовжувалося близько чотирьох годин. Потім отвори (як для подачі повітря так і у верхній частині) закидалися дерном та землею. Процес охолодження тривав майже місяць. Слід відзначити, що протягом першого тижня декілька разів земляне перекриття "прогорало" (обвалювалось), і деревне вугілля у верхній частині починало розжарюватися. Причиною, вірогідно, став досить легкий механічний склад ґрунту – дрібний сипучий пісок. Після розкриття ями виявилось, що він засипався майже до дна споруди. Варто додати, що в експериментальних студіях колеги роботи по отриманню деревного вугілля пройшли успішно як в наземній купі, так і ямним способом, а фахівці з лабораторії фізико-хімічних методів досліджень ІА НАНУ дійшли висновку, що для повного завершення процесу випалювання в одній ямі необхідно близько доби [21].

Відомому чеському досліднику Р. Плейнеру належить вислів "один експеримент не вирішить, але допоможе вирішити проблеми, які нас цікавлять в археології та давній історії" [22].

#### ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. БСЭ. – 1978. – С. 6.; БСЭ. – 1974. – С. 3.
2. Гурин М.Ф. Древнее железо белорусского Поднепровья (I тысячелетие н.э.). – Минск: Наука и техника, 1982. – С. 18.
3. Malinovi R. a J. Vzpomínky na minulost aneb Experimenty odhalují taemství pravěku. – Ostrava: Nakladatelství Profil, 1982. – 277 s.; Малинова Р. Малина Я. Прыжок в прошлое. Эксперимент раскрывает тайны древних эпох. – М.: Мысль, 1988. – 271 с.
4. Колчин Б.А., Круг О.Ю. Физическое моделирование сыродутного процесса производства железа // Археология и естественные науки. – М., 1965. – С. 198 – 209.
5. Гурин М.Ф. Древнее железо... – С.4.
6. Бидзиля 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.). – К.: Наукова думка, 1983. – С. 60; Паньков С.В. Чорна металургія населення українського лісостепу (перша половина I тис. н.е.). – К.: Наукова думка, 1993. – С. 76.
7. Город Болгар: Ремесло металлургов, кузнецов, литейщиков. – Казань, 1996. – С. 96.
8. Гурин М.Ф. Древнее железо... – С. 15 – 17.
9. Город Болгар Болгар: Ремесло металлургов, кузнецов, литейщиков. – Казань, 1996. – С. 95.

10. Колчин Б.А., Круг О.Ю. Физическое моделирование – С. 202; Колода В.В. Опыт реконструкции производительности салтовских горнов из урочища Роганина // Вивчення історичної та культурної спадщини Роменщини: проблеми і перспективи. Тези доп. та повід. до наук.-практ. конф., присв. 70-річчю Роменського краєзнавчого музею, листопад 1990. – Суми-Ромни, 1990. – С. 77.
11. Очерки по истории древней железообработки в Восточной Европе / Н.Н. Терехова, Л.С. Розанова, В.И. Завьялов, М.М. Толмачева. – М.: Металлургия, 1997. – С. 7 – 18.
12. Бідзіля В.І. Залізоплавильні горни середини I тисячоліття н.е. на Південному Бузі // Археологія. – 1963. – Т. XV. – С. 125; Бидзиля В.И., Вознесенская Г. А., Недопако Д.П., Паньков С.В. История черной металлургии... – С. 50 – 53; Бейлекчи В.В. О типологии древнерусских металлургических сооружений (по материалам МССР и Черновицкой обл., УССР) // Проблеми історії та археології давнього населення Української РСР. Тези доп. XX Респ. конф. Одеса, жовтень 1989 р. – К., 1989. – С. 15; Паньков С.В. Чорна металургія. – С. 80 – 97.
13. Федоренко П.К. “Рудни” XVI – XIX вв... – С. 210 – 231; Федоренко П.К. Рудни Левобережної... – С. 46 – 47; Вовк Х.К. Етнографічні особливості українського народу // Студії з української етнографії та антропології. – К., 1995. – С. 65; Колчин Б.А. Черная металлургия... – С. 38, 39; Вознесенська Г.О., Недопако Д.П., Паньков С.В. Чорна металургія... – С. 66, 70; Колода В.В. Черная металлургия... – С. 73.
14. Моця О.П., Коваленко В.П., Готун І.А. Звіт про роботи Дніпровської давньоруської експедиції в 1994 р. // НА ІА НАНУ – 1994/12. – С. 237.
15. Колода В.В. Черная металлургия... – С. 64.
16. Колчин Б.А., Круг О.Ю. Физическое моделирование... – С. 202.
17. Полесьє... – С. 248; Вознесенська Г.О., Недопако Д.П., Паньков С.В. Чорна металургія... – С. 77.
18. Третьяков В.П. Ямы углежогов XIV – XVI вв. в Верхнем Поднепровье // КСИА. – 1973. – Вып. 135. – С.116; Кубышев А.И. Исследования Комаровского поселения X – XV вв. в 1968 г. // АИУ в 1968. – К.: Наукова думка, 1971. – С. 240; Беляєва С.О., Кубишев А.І. Поселення... – С. 24, 25, 93.
19. Беляєва С.О., Кубишев А.І. Поселення... – С. 24 – 26.
20. Бидзиля В.И., Вознесенская Г.А., Недопако Д.П., Паньков С.В. История черной металлургии... – С. 59, 60.
21. Бидзиля В.И., Вознесенская Г.А., Недопако Д.П., Паньков С.В. История черной металлургии... – С. 60.
22. Pleiner R. Experiment v archeologii. // Památky archeologické. – 1961 – R.LII. – Č.2. – s. 621.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Петраускас Андрій Валдасович** – кандидат історичних наук, старший науковий співробітник відділу давньоруської археології Інституту археології НАН України.

*Наукові інтереси:* давньоруська історія та археологія, експериментальна археологія.