

<https://doi.org/10.15407/sofs2021.02.103>

УДК 94(3):620.2

М.В. ГУТНИК, кандидат історичних наук, доцент,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна,
e-mail: Maryna.Gutnyk@khpi.edu.ua
<http://orcid.org/0000-0002-2723-2755>
ResearcherID: AAG-9614-2020
Scopus Author ID: 57211759171

СУЧАСНІ ІСТОРИЧНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАКОПИЧЕННЯ ЕМПІРИЧНИХ ЗНАТЬ У ГАЛУЗІ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

В статті визначено основні етапи накопичення емпіричних знань у матеріалознавстві як основи для започаткування наукових досліджень у цій галузі. Актуальність дослідження обумовлена неналежним відображенням цієї проблематики у науковій літературі останніх років, оскільки наявні публікації щодо впливу первісних знань про метали та слави на розвиток людської цивілізації видані у середині минулого століття та присвячені дослідженню певного історичного проміжку або окремої географічної території. Методи дослідження: аналіз і синтез, узагальнення та класифікація у археологічній періодизації.

Історію використання матеріалів розглянуто починаючи зі стародавніх часів до епохи Нового часу. Доведено, що лише у XIX ст. вчені почали систематично досліджувати активне використання людиною матеріалів у історичні проміжки часу, починаючи з епохи каменю.

Розглянуто досягнення археометалургії. Наведено відомості про спільноти «гірничих людей», у яких розпочалася цілеспрямована діяльність з освоєння металів. Показано, що ці спільноти існували поряд із традиційними спільнотами землеробів, скотарів, збирачів та мисливців, що більшість первинних знань із металургії мали ритуально-магічний характер, а відповідні обряди стали необхідною умовою зародження металургії як специфічної галузі діяльності. Наведено географічне розташування перших металургійних виробництв. Розкрито «знайомство» людства з міддю, а пізніше зі сплавами на її основі, насамперед міді з оловом. Проаналізовано вплив миш'яку на колір бронзи. Простежено причини припинення ви-

Цитування: Гутник М.В. Сучасні історичні підходи до дослідження процесу накопичення емпіричних знань у галузі матеріалознавства. *Наука та наукознавство*. 2021. № 2 (112). С. 103—116. <https://doi.org/10.15407/sofs2021.02.103>

користання мши'якової бронзи. Подано інформацію щодо номенклатури виробів із бронзи. Розглянуто розвиток гірничо-металургійного виробництва та його вплив на міжнародні комунікації, а також на торговельний обмін. Наведено відомості щодо виплавки сплавів на основі заліза, зокрема у Гальштатській та Латенській археологічних культурах. Розкрито походження назви «залізо» у різних народів, роль стародавніх кельтів у поширенні використання виробів із заліза. Розглянуто інформацію про започаткування виготовлення виробів зі сталі та чавуну на території Європи, Китаю, Індії, а також про походження назви «чавун». Проаналізовано умови виплавки металів і сплавів. Доведено, що використання ковальських михів значно полегшувало нагнітання високої температури у доменному виробництві. На підставі результатів аналізу підтверджено, що новий етап у науковому дослідженні металів і сплавів розпочався у XVII ст.

Ключові слова: матеріалознавство, археометалургія, металургія, бронза, залізо.

Вступ. Історія людської цивілізації пов'язана із використанням матеріалів, спершу каменю, а дещо пізніше металів. Невипадково навіть в археології виділяються кам'яний, мідний та залізний віки. Дослідження появи первісних знань про метали та сплави має важливе значення в історії науки. Доволі тривалий час ця проблематика перебувала за межами наукових інтересів дослідників. Лише у XIX ст. науковий підхід почав застосовуватися до вивчення первісних знань про матеріали.

У роботах «Путівник з північних старожитностей» (1831 р.) та «Каталог музею у Копенгагені» (1836 р.) датським археологом Х.Ю. Томсеном вперше у Європі запропоновано та теоретично обґрунтовано схему «тріади віків»: камінь, бронза (сплав на основі міді) та залізо [1]. Його учень Й.А. Ворсо став застосовувати систему «трьох століть» на практиці у процесі розкопок, а також спробував визначити хронологічні межі для деяких періодів кам'яного віку. Праця Й.А. Ворсо «Давня Данія в освітленні древніх курганів», написана у 1843 р. [2], та подальші розвідки відіграли головну роль у визнанні системи Х.Ю. Томсена європейською археологічною наукою. Шведський археолог О. Монтеліус став автором хронологічної таблиці, у якій розподілив неоліт і бронзовий вік на декілька періодів (завдяки перехресному датуванню давньоєгипетських предметів).

Англійський археолог Д. Леббок у праці «Доісторичні часи» (1865 р.) запровадив для основних періодів кам'яного віку використання назв «палеоліт» і «неоліт». У 1872 р. французький археолог Г. де Мортільє запропонував класифікацію палеоліту, розділивши його на відповідні періоди [3, с. 297].

Отже, вже у XIX ст. знання в історії галузі матеріалів набули наукового оформлення.

Мета статті — розкрити головні етапи накопичення емпіричних знань у галузі матеріалознавства як основи для започаткування наукових досліджень у цій галузі починаючи з доби неоліту до середніх віків включно.

Актуальність дослідження обумовлена тим, що ця проблематика не знайшла належного відображення у науковій літературі останніх років. На-

явні публікації щодо впливу первісних знань про метали та сплави на розвиток людської цивілізації видані у середині минулого століття та присвячені дослідженню певного історичного проміжку або окремої географічної території. Сучасні дослідження здебільшого присвячені аналізу відкриття металів і сплавів у Америці [4, 5] та у Китаї [6]. Варто зазначити, що авторство публікацій переважно належить історикам, які вивчають всесвітню історію загалом, без урахування останніх досягнень у розвитку технічних наук, зокрема металургії.

Виклад основного матеріалу. Відкриття металів стало визначальною ознакою еволюції людської цивілізації. Саме використання металів розмежувало розвиток людства на доісторичну (кам'яну добу) та «історичну» епохи. Нові матеріали мали раніше невідомі властивості, як-то ковкість, плавкість, а також експлуатаційні переваги: високу міцність, довговічність у використанні. Відбулося удосконалення наявних знарядь, а також з'явилися принципово нові їх типи. Тобто об'єктивно склалися сприятливі умови для технічного прогресу.

Нині поширеним є припущення, що першим металом, з яким «познайомилося» людство, стала мідь. Існує версія, за якою прадавні мисливці або пастухи спостерігали плавлення міді у звичайному багатті.

За визначенням Г. Гайка та В. Білецького [7, 8], початкові знання у галузі металургії спостерігалися вже у добу неоліту. У той час формувалися спільноти так званих «гірничих людей», які століттями накопичували знання не лише про рудні, а й про нерудні корисні копалини: каоліни, вапняки, бурштин. У цих спільнотах розпочалася цілеспрямована, довготривала діяльність з освоєння металів. Більшість знань набували сакрального-магічного характеру. За версією згаданих авторів, сакральний характер став необхідною умовою зародження металургії як специфічної галузі діяльності. Подальші винаходи були пов'язані з магічними ритуалами. За допомогою вогню та вітру, здійсненням магічних ритуалів з руди виплавлявся метал. Тут існувала насамперед «ідеологічна», а не «технологічна» мотивація. Повітряне дуття або високотемпературний режим стали «випробуванням» магічної сили згаданих стихій.

Члени цих спільнот мали необхідні знання для розвитку матеріалознавчих досліджень ще у період неоліту. Можна припустити, що такі спільноти «вийшли» зі спільнот гончарів (рис. 1).

Останні історичні дослідження у галузі матеріалознавства представлені новітніми напрямками, як-то археометалургія та воєнна антропологія. Архео-



Рис. 1. Процес поступового освоєння нових матеріалів людством
Джерело: авторська розробка.

мінералогічні дослідження, як один із міждисциплінарних напрямів у геоархеології, займають центральне місце у всьому циклі діагностики матеріалів та датування сировини, артефактів і предметів усіх археологічних та історичних періодів. Саме досягнення археометалургії останніх десятиліть [9, 10, 11] дозволили збагатити уявлення про розвиток неолітичної революції, виокремити спільноту гірників-металургів і надати їй поважного статусу, поряд із традиційними спільнотами землеробів і скотарів, як важливої складової в розгортанні неолітичної революції.

Одним із методів археометалургії є порівняльний аналіз, зокрема кам'яних і мідних знарядь. Наприклад, Н.В. Риндіна надала відомості щодо експериментів із використанням мідних знарядь праці. Результати підтвердили, що продуктивність роботи підвищувалася утричі при застосуванні міді для рубання дерев, у 6—7 разів — при обтісуванні та струганні, у 22 рази — при бурінні [12, с. 211]. Особливого значення набули металеві знаряддя праці у землеробстві, де вони значно прискорили оброблення землі та збирання врожаїв. Потрібно зазначити, що саме у виготовленні зброї властивості металів використовувалися у найкращий спосіб. Постійні війни, підкорення племен і народів, становлення ієрархії влади значною мірою відбувалися завдяки використанню саме зброї, зробленої зі сплавів на основі міді.

Наукові реконструкції давніх способів плавлення міді свідчать про низьку ймовірність випадкового витопплення міді у звичайному багатті. Як зараз відомо, температура виплавки міді складає 1083 °С. Горіння ж у багатті звичайної деревини дорівнює приблизно 300 °С, кам'яного вугілля — 470 °С [13]. Разом із тим, малоімовірним є припущення щодо успішних розвідок корисних копалин людьми, які не мали для цього не лише необхідної кваліфікації, а й навіть потрібного обладнання. Підтвердженням цього є і те, що впродовж кількох тисячоліть діяльності людства «випадки» самочинного витопплення міді спостерігалися й використовувалися лише у неоліті [14, с. 50].

З розвитком гірничого досвіду набула поширення обрядова ідея отримання нового матеріалу — «плинного каменю» (металу). Можна стверджувати, що відкриття металів пов'язано із багатовіковим досвідом попередньої гірничої діяльності людини, з виокремленням у неоліті особливих співдружностей протогірників («мисливців за каменем»).

На підтвердження гіпотези щодо розвитку видобування міді у багатьох місцях одночасно вказують численні археологічні розкопки давніх рудників. На формування спільнот, які спеціалізувалися на виробництві металів і сплавів, впливали такі чинники: розміщення найдавніших металургійних споруд поблизу гірничих виробок, спільне розташування гірничих і металургійних знарядь праці, збагачувальних і плавильних ділянок. Все це дає підстави стверджувати, що гірники й металурги сформувалися як унікальні спільноти поруч із землеробами, скотарями, збирачами, мисливцями. Тобто варто вказати, що в давнину якраз і було започатковано виробництво металів і сплавів не всім суспільством загалом, а його окремими спільнотами [15, с. 69].

Виникнення розгалуженої системи комунікацій давнього світу, міграційні процеси, освоєння нових земель також можна пов'язати із розвитком гірничо-металургійного виробництва. Зокрема, частково через пошук нових родовищ відбувалася міграція населення, а транспортування металів та виробів із них сприяло започаткуванню суходільних і морських комунікацій. Окреме місце в історії людської цивілізації займає видобування, виплавка та використання дорогоцінних металів, насамперед срібла та золота, які відігравали важливу роль у формуванні торгівельного обміну товарами і послугами. Однак ця проблематика потребує спеціального наукового дослідження [16, с. 137—139].

Археологічні дослідження свідчать про те, що виробництво міді існувало зі стародавніх часів. Зокрема, виявлені у південно-західній частині Малої Азії залишки виплавки цього металу датуються ще VII—VI тис. до н. е. Дещо пізніше з'явилося металургійне виробництво у Європі, насамперед на Балканах: у VI—V тис. до н. е. на території сучасної Сербії у місцевості Майданпек, а також Плочнику [17], у регіоні Странджа та у руднику Ай Бунар або Мечі Кладенец поблизу міста Стара-Загора у Болгарії [18].

Окрім цього знайдено артефакти щодо виробництва міді та її сплавів на Піренейському (Іберійському) півострові (Іспанія та Португалія), а також у Великій Британії [19, с. 216]. Подібне виробництво існувало і на півострові Індостан, зокрема на території сучасного Пакистану. Ці знахідки підтверджують застосування формівного литва 6 тис. років тому назад. Варто підкреслити, що способи видобування руд і металів у цих регіонах набули значного розвитку порівняно з первісними формами епохи «протометалу» [14, с. 57—61; 20, с. 53].

Спочатку мідь плавилася не у спеціальних металургійних печах, а у звичайних гончарних пічках (так званих «сиродутних горнах», висотою до 1 м, нижче зросту людини). Карбонати міді — малахіт (зелений колір) й азурит (колір аквамарину), сульфід ртуті — кіновар (червоний колір), жовті, червоні та коричневі залізні охри є яскравими мінеральними фарбами, а нанесення кольорових візерунків на вироби з кераміки є одним із найдавніших видів мистецтва. Можливо, що знання про метали та сплави частково стали «побічним» ефектом розвитку знань з гончарства.

Новий етап у розвитку стародавньої металургії розпочався у III тис. до н. е., коли людство увійшло в епоху бронзи. Слово «бронза» походить від персидського слова «beregj» — «мідь», або від італійського міста Бриндізі (де була копальня міді, звідки вона доставлялася до Рима), у протослов'ян зустрічається поняття «bron» («боронити», «захищати», бо насамперед із бронзи виготовляли мечі) і англійське слово «bronze» [21, Т. 1, с. 39—51, 168—188; Т. 2, с. 299].

В епоху бронзи набули поширення вироби і знаряддя праці зі сплавів міді, насамперед із оловом (так звана «олов'яна бронза»). Варто підкреслити, що олов'яні бронзи залишаються популярними й до сьогодні, оскільки

мають високу корозійну стійкість і добре піддаються усім видам механічного оброблення.

Холодному обробленню тиском підлягає бронза із вмістом олова до 6 %, гарячому обробленню тиском — до 15 %. Стародавні єгиптяни загартовували ножі у холоді, кинджали отримували гарячим куванням, а вістря стріли отримували литтям. Завдяки металографії сьогодні вчені можуть визначати механічні властивості сплавів. Якщо вміст олова дорівнює 5–6 %, бронза має найбільшу пластичність та доволі високу міцність. Підтвердженням цього є ніж пізнього бронзового віку, знайдений у Редшлагу, Австрія. Експертиза матеріалів показала, що ніж складався із олов'яної бронзи з вмістом Sn близько 10,5 %. Металева структура демонструвала рівномірну дендритну структуру затвердіння із фазами Cu_2S і $\text{Cu}_41\text{Sn}11$ в інтердендритних зонах. Оскільки помітних деформацій не виявлено, можна припустити, що ніж механічно не перероблявся [22].

Вважається, що перші вироби з бронзи отримано відновлювальною плавкою суміші мідної та олов'яної руд із деревним вугіллям. До того ж, ще у V тис. до н. е. було поширеним використання сплаву міді з миш'яком. Наявність миш'яку в бронзі у кількості до 6 % істотно (у понад удвічі) підвищує її характеристики міцності. При більшому вмісті миш'яку сплав стає крихким, але різко покращуються його ливарні властивості. Важливе значення у давнину мав колір сплаву: при додаванні до міді 1–3 % миш'яку виходив червоний колір сплаву, 4–12 % — золотистий, понад 12 % — сріблясто-білий. Тому з миш'якової бронзи отримували вироби, схожі на золоті та срібні, які використовувалися не лише для виготовлення знарядь праці чи зброї, а й як прикраси. Висока концентрація миш'яку зустрічалася у різальних інструментах — ножах, кинджалах, а ось знаряддя ударної дії (сокира, тесло) вироблялися з меншою його концентрацією [23, с. 175]. Поступово від цього виду бронзи відмовилися, оскільки контакт із цим токсичним сплавом негативно впливав на здоров'я, що було встановлено значно пізніше. До того ж виникли технологічні ускладнення при виготовленні миш'яку, які призводили до подорожчання його виробництва.

Значно пізніше бронза виготовлялася із додаванням до міді інших металів: берилію, кремнію, свинцю, алюмінію та ін. Сьогодні сплави міді з цинком називають латунню, а сплави міді з нікелем залежно від відсотку нікелю називають «константан», «мельхіор» і «монель» [24, с. 2219; 25, с. 15, 23]. Бронза застосовувалася спочатку для виробництва зброї та знарядь праці (сокира, серп, долото, рибальський гачок, шило, кинджал, меч), а пізніше — для відливання таких великих виробів, як дзвони, гармати, та ін. Отже, спостерігалось поступове зростання номенклатури виробів із бронзи. З'явилися нові її різновиди, що значно вплинуло на поступ людської цивілізації.

Слідом за міддю людина почала використовувати залізо. Виплавка заліза з руди і отримання відповідних сплавів (сталі та чавуну) виявилися набагато складнішими, ніж виплавка міді. Поява технології виплавки заліза

датується XIII—XII ст. до н. е. — від цього часу бере свій початок залізна доба [26, с. 9]. Людина вперше познайомилася з метеоритним залізом. Невипадково, що назва заліза у стародавні часи пов'язувалася з небом — «небесне тіло» (Давній Єгипет), «зірка» (Давня Греція), «небесна мідь» (держава шумерів). Можливо, через це все, пов'язане у давнину із залізом, було оточене ореолом таємничості. До фахівців, які видобували та обробляли залізо, ставилися із пошаною і повагою, які поєднувались із почуттям страху (їх часто зображали чаклунами) [14].

Епоху залізної доби ділять на два періоди. Рання залізна доба охоплює період X—V ст. до н. е. Цей історичний період називається Гальштатська археологічна культура, оскільки поблизу міста Гальштат у Австрії було знайдено численні залізні предмети того часу. Для цієї культури характерні біригуальні могильники, залізна зброя та посуд у похованнях, невеликі відкриті поселення та укріплені резиденції знаті, а також значна кількість бронзових прикрас (Гейнебург). У інвентарі сільського господарства замість мотики набули поширення соха та плуг. Для пізнього етапу Гальштатської археологічної культури (VI ст. до н. е.) характерними є підкурганні «князівські» поховання (територія сучасної Австрії (Магдалененсберг), Німеччини (Хохдорф), півночі Франції (Вікс)), доповнені багатофункціональним приладдям (чотириколісними колісницями, зброєю та прикрасами із дорогоцінних металів, імпортом бронзовим та керамічним посудом). На формування цієї культури вплинули контакти з тодішніми народами Північного Причорномор'я, зокрема з киммерійцями та грецькими колоніями [27, с. 337].

Пізня або Друга залізна доба охоплює період від V ст. до н. е. і до I ст. н. е. й отримала назву Латенська (La Tene) культура — за назвою городища Ла Тен у Швейцарії, де знайдено залишки багатьох залізних предметів. Латенська культура пов'язується з кельтами, які вважались майстрами виготовлення різних знарядь із заліза [28]. Велике переселення кельтів, яке почалося в V ст. до н. е., сприяло поширенню цього досвіду територією Західної Європи. Кельти мешкали тоді на території сучасних Франції, Швейцарії, Чехії, Словаччини, Словенії, Боснії, Сербії, Австрії, Північної Італії, Британських островів. Їхні поселення були і на території сучасної України (найбільше на Закарпатті) [27, с. 72—74, 207, 320—322].

Від кельтської назви заліза «*izarnom*» походять німецьке «*Eisen*» і англійське «*iron*». У період Латенської археологічної культури переважали виробы із заліза, високого рівня розвитку набули ремесла, зокрема ковальство, ювелірна справа, гутництво, гончарство. Як альтернатива традиційній античній кераміці з'явилася чернодимлена кераміка (коли випалювання відбувалося без доступу повітря). Для ранньолатенського часу характерні інгумаційні (у ґрунті без насипу) поховання воїнів із великою кількістю обладунків і зброї. Дещо пізніше набула поширення кремація. Внаслідок військової, міграційної та економічної активності кельтів сформувалися локальні групи цієї культури, самобутність яких пов'язана з впливом культур автохтонного

населення, а також зона «латенської вуалі», у межах якої технологічні досягнення Латенської культури, а також ритуальні та обрядові традиції поширилися територією Центральної, Північної та Східної Європи [27, с. 341].

Варто зазначити, що навички стародавніх кельтів у металургії на території сучасної правобережної України використовувалися автохтонним населенням, тобто протослов'янами. Із заліза виробляли ножиці, замки, ключі, шпори.

Наприкінці II тис. до н. е. залізо з'явилося у Закавказзі. В степах Північного Причорномор'я в VII ст. до н. е. домінували племена скіфів, які створили найбільш розвинуту культуру ранньої залізної доби на території сучасної південної України.

На першому етапі «знайомства» людства із залізом цей метал цінувався дуже дорого, використовувався для виготовлення монет і зберігався у скарбницях. Зустрічалися навіть такі незвичайні знахідки, як шматок заліза, вставлений в оправу із золота. Згодом залізо втратило свій «дорогоцінний» статус і стало все активніше використовуватися як знаряддя праці, а також як зброя.

Про використання заліза як знаряддя праці згадується у «Іліаді» Гомера. Там також йдеться про те, що Ахілл нагородив переможця змагань із метання диску пластиною із заліза [29, с. 44—97]. Стародавні грецькі майстри активно використовували залізо. У побудованому греками храмі Артеміді мармурові колони були скріплені потужними залізними штирями довжиною 13 см, шириною 9 см і товщиною 1,5 см [30, с. 86—89].

Народи зі Сходу, що прийшли до Європи, також зробили свій внесок у поширення металургії. Формування алтайської сім'ї (монголів і тюрків) відбувалося на території центральної Азії, включно з Алтаєм та південним Сибіром, які багаті на корисні копалини. Своїми богами ці народи вважали тих, хто володів ковальським ремеслом. Обладунки та зброя войовничих кочовиків із Центральної Азії виготовлялись із заліза, що підтверджує їхні знання у галузі металургії.

Численні традиції виробництва предметів зі сплавів заліза присутні також на території стародавнього Китаю. Можна припустити, що китайці навчилися виготовляти вироби із чавуну набагато раніше, ніж інші народи. До цього часу збереглися китайські гармати, відлиті у VI—V ст. до н. е. На думку М.М. Рубцова, російський термін «чугун» («чавун») прийшов до Московського царства з Китаю через Золоту Орду. В китайській мові ієрогліф «чжу» означає «лити», а «гун» — «виробництво» [31, с. 151]. У V—IV ст. до н. е. вони інтенсивно розробляли гірські надра і виплавляли залізо. Вироби із заліза дещо пізніше стали побутовими і буденними речами майже у кожному будинку. «У кожної жінки обов'язково є голка і ніж; кожен хлібороб володіє залізними наконечниками для сошників, а також серпом; у будь-якого ремісника є сокира і пила, шило, долото, свердло». Вироби із міцного заліза набули широкого вжитку. Дорожче, мабуть, коштували вироби із загартованої

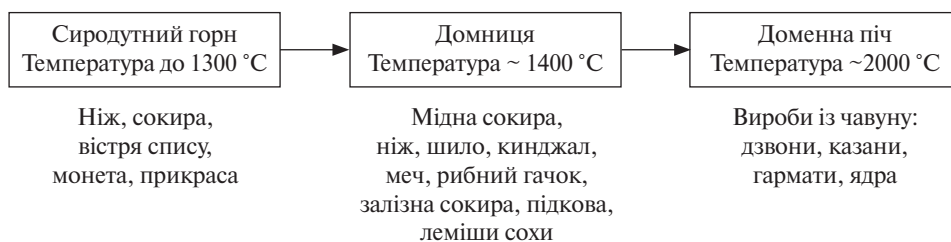


Рис. 2. Структурно-логічна модель виробництва матеріалів залежно від розвитку металургійного виробництва

Джерело: авторська розробка.

сталі, що застосовувалася для виготовлення зброї, насамперед довгих мечів, які до того практично не використовувалися у війнах [32, с. 125—132].

Стародавня Індія також відома своїми майстрами і виробами із заліза. Класичним прикладом є Кутубська колона в Делі масою понад 6 т, висотою 7,3 м і діаметром основи 41,6 см. Напис на колоні свідчить, що її споруджено приблизно у IV ст. до н. е. Металографічний аналіз показав, що її збудовано з окремих криць, зварених у ковальському горні. На колоні відсутні прояви іржі. Корозійна стійкість виникає внаслідок рівномірного шару кристалічного заліза (III) гідрофосфату гідрату, який утворюється на залізі з високим вмістом фосфору і служить для захисту від впливу тропічного мусонного клімату Індії [33].

Отже, розвиток знань із матеріалознавства можна простежити у багатьох стародавніх цивілізаціях. Зокрема, у давніх і середньовічних державних утвореннях Середнього та Близького Сходу, в Стародавньому Єгипті та Карфагені, у Стародавній Греції та Римській імперії, а також у Європі, у Стародавньому та Середньовічному Китаї та Індії. Потрібно зазначити, що багато методів і технологій отримання металів і сплавів спочатку були розроблені у Стародавньому Китаї, а потім ці знання освоїли і європейці.

Досягнення у галузі металургії, які започатковані у стародавньому світі, набули подальшого розвитку в добу Середньовіччя. Зокрема, удосконалювався процес виплавки металу. Приміщення, де розташовувалися пічки для виплавки кричного заліза, називалося домницею, воно являло собою землянку з дахом із прутів, обмазаних глиною. У таких пічках температура сягала майже 1400°С. Для виплавки необхідних металів і сплавів була необхідна відповідна температура. Температура плавлення чистої міді складає 1083 °С, а сплавів на основі міді — 700—800 °С; так само і «чисте» залізо плавиться за температури 1539 °С, а сплави на його основі — за нижчої температури [34, с. 34; 35, с. 4].

На початку в сиродутному процесі подання повітря для розплавлення металів здійснювалося силою легенів людини з використанням порожнистої трубки (очеретини чи довгого рогу тварини), кінець якої, щоб вберегти від займання, обмазували глиною. Таке глиняне сопло спрямовували у ниж-

ню частину печі. Іноді для забезпечення потрібного об'єму повітря декілька осіб вдували його одночасно [36, с. 183, 185].

Важливим нововведенням стало використання ковальських міхів для повітряного дуття, а також зміни у конструкції плавильної пічки, насамперед збільшення її висоти, що мало привести до зменшення температури у верхній частині шахти пічки. Це нововведення поклало кінець використанню сиродутного процесу та започаткувало новий доменний процес. Сама назва «дом» («будинок») походить від слова «домна» (доменна піч), тобто величезна і нерухома споруда, яка нагадує цілий будинок. Завдяки їй стало можливим отримувати високі температури ~ 2000 °С [34] та виробляти чавун (рис. 2).

Доменний процес сприяв удосконаленню технології виробництва, в тому числі активізації використання енергії води та вітру. За допомогою водяного приводу працювали ковальські міхи. Було створено повітродувки конічної форми для забезпечення необхідної температури для плавлення металу. Тобто вже в добу Середньовіччя розпочався новий етап у розвитку досліджень у галузі матеріалознавства. Однак особливо активний поступ спостерігався у Новий час, що потребує окремого наукового вивчення.

Висновки. В статті показано прогрес емпіричних знань людства про метали та сплави впродовж тисячоліть, який визначив розвиток сучасного матеріалознавства.

Розглянуто історію використання матеріалів починаючи зі стародавніх часів до епохи Нового часу. Доведено, що лише у XIX ст. вчені почали систематично досліджувати активне використання людиною матеріалів у різних історичних епохах. Розглянуто досягнення археометалургії. Розкрито «знайомство» людства з міддю, а пізніше зі сплавами на її основі, насамперед із бронзою. Проаналізовано розвиток гірничо-металургійного виробництва та його вплив на міжнародні комунікації та торгівельний обмін. Наведено відомості про виплавку сплавів на основі заліза, про походження назви «залізо» у різних народів, про роль стародавніх кельтів у поширенні використання виробів із заліза, про початок виготовлення виробів зі сталі та чавуну на території Європи, Китаю, Індії, про походження назви «чавун». Проаналізовано умови виплавки металів і сплавів. Доведено, що використання ковальських міхів значно полегшувало нагнітання високої температури у доменному виробництві. На підставі аналізу показано, що новий етап у науковому дослідженні металів і сплавів розпочався у XVII ст.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Gräslund B. The background to C.J. Thomsen's three age system. In: G. Daniel (Ed.) *Towards a history of archaeology*. 1981. P. 45—50. London: Thames and Hudson.
2. Worsaae J.J.A. Danmarks Oldtid, oplyst ved Oldsager og Gravhøje, 1843. 144 p.
3. Randsbor K. Detailed bronze age chronology at 1850. *Acta Archaeologica*. 2008. Vol. 79. P. 296—304. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0390.2008.00121.x>

4. Simcoe Ch.R. The History of Metals in America. *ASM International*. 2008. 256 p. <https://doi.org/10.31399/asm.tb.hma.9781627082877>
5. Proenza J.A., Torro L., Nelson C.E. Mineral deposits of Latin America and the Caribbean. *Preface: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 2020. 72(3). A250820. <https://doi.org/10.18268/BSGM2020v72n3a250820>
6. Xiaoxiao Yu, et al. Recent history of metal contamination in the Fangcheng Bay (Beibu Gulf, South China) utilizing spatially-distributed sediment cores: Responding to local urbanization and industrialization. *Marine Pollution Bulletin*. 2020. Vol. 158:111418. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111418>
7. Гайко Г.И. Рождение металлургии — почему это вообще произошло? *Техника — молодежи*. 2012. № 11. С. 18—23.
8. Гайко Г., Білецький В. Гірництво в історії цивілізації. Вид. дім «Києво-Могилянська академія». 2016. 488 с.
9. Винокур Б.Б. Археометалургія, мікролегування ванадієм і термічна обробка дамаської сталі. *Металознавство та обробка металів*. 2005. № 3. С. 60—64.
10. Гошко Т.Ю. Металообробка у населення Правобережної лісостепової України за доби пізньої бронзи. Київ: ІА НАН України, 2011. 128 с.
11. Костов Р. Археомінералогія та в Българиa: развитие и приоритети. *Review of the bulgarian geological society*. 2019. Vol. 80. Part 1. P. 21—30.
12. Рындина Н.В. Человек у истоков металлургических знаний: (Происхождение и начальное развитие металлургии). *Путешествия в древность: (Открытия археологических экспедиций МГУ за 40 лет)*. Москва: МГУ. 1983. С. 205—246.
13. При какой температуре происходит горение каменного угля. URL: <http://pechnoedelo.com/toplivo/temperatura-goreniya-kamennogo-uglya.html> (дата звернення: 11.01.2021).
14. Гайко Г., Білецький В. Історія гірництва. Київ — Алчевськ: Вид-во ЛАДО ДонДТУ. 2013. 542 с.
15. Гайко Г., Білецький В. Сакральна складова феномена відкриття й освоєння перших металів. *Схід*. 2014. № 6. С. 67—71.
16. Гутник М.В. Золото в історії торгівлі. *Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми соціально-економічного розвитку підприємств»* (Харків, 25—26 жовтня 2017 р.). Харків: НТУ «ХПІ», 2017. С. 137—139.
17. World's oldest Copper Age settlement found. *The Hindu*, November 15, 2010. URL: <https://www.thehindu.com/sci-tech/technology/Worlds-oldest-Copper-Age-settlement-uncovered-in-Serbia/article15688000.ece> (дата звернення: 28.12.2020).
18. Todorova H. The earliest metallurgy in Bulgaria — Problems of the Earliest Metallurgy. *Repts Univ. Mining and Geol*. 1994. No 4. P. 5—13.
19. Лукас А. Материалы и ремесленные производства древнего Египта. Москва, 1958. 848 с.
20. Агрикола Г. О месторождениях и рудниках в старое и новое время. Пер. с нем. Л.В. Кургановой. Москва: Недра, 1972. 80 с.
21. Hedden Th.D. The Names of the Metals in Slavic and Baltic and Their Significance for the Ethnogenesis of the Slavs. *University of California in Berkeley*. 1988. Vol. 1, 2. 820 p.
22. Haubner R., Strobl S., Thurner M., Herdits H. Ein bronzenes Griffzungenmesser aus dem Burgenland — A Late Bronze Age Knife from Burgenland. *BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*. 2020. <https://doi.org/10.1007/s00501-020-00982-3>
23. Eaton E.R., McKerrell H. Near eastern alloying and some textual evidence for the early use of arsenical copper. *World Archeology*. 1976. Vol. 8. No 2. P. 169—191.
24. Teeple H.O. Nickel and High-Nickel Alloys. *Industrial & Engineering Chemistry*. New York, 1953. Vol. 45. P. 2215—2232. <https://doi.org/10.1021/ie50526a033>
25. Babcock L.F. Measuring invisibles Weston Electrical Instrument Corporation. Newark N.J., 1938. 54 p.

26. Паньков С.В. Стародавня чорна металургія на території України. Ч. I. Передскіфський і скіфо-античний період. Інститут археології НАН України. Київ, 2014. 280 с.
27. Казакевич Г. Східні кельти: культури, ідентичності, історіографічні конструкції. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ — Вінниця: Нілан-ЛТД. 2015. 358 с.
28. Hubert H. *Les Celtes depuis l'époque de La Tene et la civilisation celtique* (2 ed.). Paris, 1950. 368 p.
29. Пащенко В.І., Пащенко Н.І. Антична література. Київ: Либідь, 2001. 718 с.
30. Foss C. Ephesus after antiquity: a late antique, Byzantine, and Turkish city. *Cambridge University Press*, 1979. 236 p.
31. Кропівний В.М., Кропівна А.В., Воронюк Є. Зародження чавуноливарного виробництва. *Елісавет. Історичні науки: зб. наук. праць*. Кіровоград: КНТУ, 2012. Вип. 1. С. 146—156.
32. Васильев Л.С. Древний Китай. Т. 3: Период Чжаньго, (до V—III в. до н. э.). Москва: Изд. фирма «Восточная литература» РАН, 2006. 679 с.
33. Balasubramaniam R. On the Corrosion Resistance of the Delhi Iron Pillar. *Corrosion Science*. 2000. Vol. 42. P. 2103—2129.
34. Колчин Б.А. Черная металлургия и металлообработка в Древней Руси (Домонгольский период). Москва, 1953. 257 с.
35. Журило А.Г., Журило Д.Ю. Металлообработка у наших предков: технология и топонимика. *Технологии конструкционных материалов и машиностроения*. 2012. № 17. С. 3—7.
36. Апанасов А.М., Ананьева О.Р. Горное дело и прямое получение железа из руды на заре человечества. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2012. № 3. С. 181—194.

Одержано 11.02.2021

REFERENCES

1. Gräslund, B. (1981). The background to C. J. Thomsen's three age system, in G. Daniel (ed.) *Towards a history of archaeology*, 45—50. London: Thames and Hudson.
2. Worsaae, J.J.A. (1843). *Denmark's Ancient Past revealed by Antiquities and Burial Mounds*, 144 [in Danish].
3. Randsbor, K. (2008). Detailed bronze age chronology at 1850. *Acta Archaeologica*, 79, 296—304. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0390.2008.00121.x>
4. Simcoe, Ch.R. (2018). The History of Metals in America, *ASM International*, 256 p. <https://doi.org/10.31399/asm.tb.hma.9781627082877>
5. Proenza, J.A., Torro, L., & Nelson, C.E. (2020). Mineral deposits of Latin America and the Caribbean. *Preface: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(3), A250820. <https://doi.org/10.18268/BSGM2020v72n3a250820>
6. Xiaoxiao, Yu., et al. (2020). Recent history of metal contamination in the Fangcheng Bay (Beibu Gulf, South China) utilizing spatially-distributed sediment cores: Responding to local urbanization and industrialization, *Marine Pollution Bulletin*, 158:111418. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111418>
7. Gajko, G.I. (2012). The birth of metallurgy — why did it happen at all? *Technology to youth*, 11, 18—23 [in Russian].
8. Gaiko, G., & Biletsky, V. (2016). *Mining in the history of civilization*. Kyiv-Mohyla Academy Publishing House, 488 p. [in Ukrainian].
9. Vynokur, B.B. (2005). Archaeometallurgy, vanadium microalloying and heat treatment of Damascus steel. *Metallurgy and metal processing*, 3, 60—64 [in Ukrainian].
10. Goshko, T.Ju. (2011). *Metalworking in the population of the Right-Bank Forest-Steppe Ukraine during the Late Bronze Age*. Kyiv: IA NAS Ukraine, 128 p. [in Ukrainian].

11. Kostov, R. (2019). Archaeomineralogy in Bulgaria: development and priorities. *Review of the Bulgarian geological society*, vol. 80, part 1, 1—30 [in Bulgarian].
12. Ryndina, N.V. (1983). Man at the origins of metallurgical knowledge: (Origin and initial development of metallurgy). *Travels to Antiquity: (Discoveries of archaeological expeditions of Moscow State University for 40 years)*. Moscow: MSU, pp. 205—246 [in Russian].
13. What is a temperature to coal burning. Retrieved from <http://pechnoedelo.com/toplivo/temperatura-goreniya-kamennogo-uglya.html> (last accessed: 11.01.2021) [in Russian].
14. Gaiko, G., & Biletskyi, V. (2013). *History of mining*. Kyiv-Alchevsk: LADO DonDTU, 542 p. [in Ukrainian].
15. Gaiko, G., & Biletskyi, V. (2014). The sacred component of the phenomenon of discovery and development of the first metals. *East*, 6, 67—71 [in Ukrainian].
16. Gutnyk, M.V. (2017). Gold in the history of trading. *Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference “Problems of Social and Economic Development of Enterprises”* (pp. 137—139). Kharkiv: NTU “KhPI” [in Ukrainian].
17. World’s oldest Copper Age settlement found. *The Hindu*, November 15, 2010. Retrieved from <https://www.thehindu.com/sci-tech/technology/Worlds-oldest-Copper-Age-settlement-uncovered-in-Serbia/article15688000.ece> (last accessed: 28.12.2020).
18. Todorova, H. (1994). The earliest metallurgy in Bulgaria. *Problems of the Earliest Metallurgy. Repts Univ. Mining and Geol.*, 4, 5—13 [in Bulgarian].
19. Lucas, A. (1958). *Materials and craft making in ancient Egypt*. Moscow, 848 p. [in Russian].
20. Agrikola, G. (1972). *Deposits and mines in the old and new times*. Trans. from German. Moscow: Nedra, 80 p. [in Russian].
21. Hedden, Th.D. (2018). The Names of the Metals in Slavic and Baltic and Their Significance for the Ethnogenesis of the Slavs. *University of California in Berkeley*, vol. 1, 2, 820 p.
22. Haubner, R., Strobl S., Thurner M., & Herdits H. (2020). Ein bronzenes Griffzungenmesser aus dem Burgenland — A Late Bronze Age Knife from Burgenland. *BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*. <https://doi.org/10.1007/s00501-020-00982-3>
23. Eaton, E.R., & McKerrell, H. (1976). Near eastern alloying and some textual evidence for the early use of arsenical copper. *World Archeology*, vol. 8, issue 2, 169—191.
24. Teeple, H.O. (1953). Nickel and High-Nickel Alloys. *Industrial & Engineering Chemistry*, 45, 2215—2232. <https://doi.org/10.1021/ie50526a033>
25. Babcock, L.F. (1938). *Measuring invisibles*. Weston Electrical Instrument Corporation, Newark N.J., 54 p.
26. Pankov, S.V. (2014). *Ancient ferrous metallurgy on the territory of Ukraine*. Part I. Pre-Scythian and Scythian-ancient period. Institute for Archeology of the NAS of Ukraine. Kyiv, 280 p. [in Ukrainian].
27. Kazakevych, G. (2015). *Oriental Celts: cultures, identities, historiographical constructions*. Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv — Vinnytsia: «Nilan-LTD», 358 p. [in Ukrainian].
28. Hubert, H. (1950). *Les Celtes depuis l’époque de La Tene et la civilisation celtique*, 2 ed., Paris, 368 p.
29. Pashhenko, V.I., & Pashhenko, N.I. (2001). *Ancient literature*. Kyiv: Lybid, 718 p. [in Ukrainian].
30. Foss, C. (1979). *Ephesus after antiquity: a late antique, Byzantine, and Turkish city*. Cambridge University Press, 236 p.
31. Kropivnyi, V.M., Kropivna, A.V., & Voroniuk, Ye. (2012). Origin of cast iron production. *Yelysavet. Istorychni nauky*, 1, 146—156. [in Ukrainian].
32. Vasiliyev, L.S. (2006). *Ancient China*. Vol. 3: Up to V—III c. BC. Moscow: RAS, 679 p. [in Russian].
33. Balasubramaniam, R. (2000). On the Corrosion Resistance of the Delhi Iron Pillar. *Corrosion Science*, 42, 2103—2129.

34. Kolchin, B.A. (1953). *Ferrous metallurgy and metal recycling in Ancient Rus (Pre-Mongol period)*. Moscow, 257 p. [in Russian].
35. Zhurilo, A.G., & Zhurilo, D.Yu. (2012). Metalworking among our ancestors: technology and toponymy. *Technologies of structural materials and mechanical engineering*, 17, 3—7 [in Russian].
36. Apanasov, A.M., & Ananiyeva, O.R. (2012). Mining and direct extraction of iron from ore at the dawn of mankind. *Mining information and analytical bulletin*, 3, 181—194 [in Russian].

Received 11.02.2021

M.V. Gutnyk, PhD (History), associate professor,
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kyrpychova str., 2, Kharkiv 61002, Ukraine,
e-mail: Maryna.Gutnyk@khp.edu.ua
<http://orcid.org/0000-0002-2723-2755>
ResearcherID: AAG-9614-2020
Scopus Author ID: 57211759171

MODERN HISTORICAL APPROACHES TO THE STUDY OF THE PROCESS OF ACCUMULATION OF EMPIRICAL KNOWLEDGE IN THE FIELD OF MATERIALS SCIENCE

The article identifies the main phases in the accumulation of empirical knowledge in materials science as a basis for the starting scientific research in this area. The relevance of the study is due to the improper reflection of this issue in the scientific literature of recent years, because the existing publications on the influence of primitive knowledge about metals and alloys on the development of human civilization were published in the middle of the last century and devoted to the study of a certain historical period or a separate geographical territory. Research methods: analysis and synthesis, generalization and classification in archaeological periodization.

The history of the use of materials is examined from ancient times to the era of modern times. It is demonstrated that only in the XIX century scientists began to systematically investigate the active use of materials by man in historical periods of time, starting with the Stone Age. Achievements of archeometallurgy are considered. Information about the communities of “mining people”, in which the purposeful activity on the development of metals began, is given.

The geographical location of the first metallurgical productions is given. The “acquaintance” of mankind with copper, and later with alloys based on it, first of all copper with tin, is illustrated. The effect of arsenic on bronze color is analyzed. The reasons for stopping the use of arsenic bronze are traced. Information about the nomenclature of bronze products is given. The development of mining and metallurgical production and its impact on international communications and trade exchange are considered. Information on the melting of iron-based alloys, in particular in the Hallstatt and La Tene archaeological cultures, is presented. The origin of the word “iron” in different nations is revealed; the role of the ancient Celts in the spread of the use of iron products is shown. Information on the beginning of the manufacture of products from steel and cast iron in Europe, China, India, as well as the origin of the notion “cast iron” is considered.

The conditions for the melting of metals and alloys are analyzed. It is demonstrated that the use of bellows greatly facilitated the injection of high temperatures into blast furnaces. Based on the results of the analysis, it is confirmed that a new phase in the scientific research of metals and alloys began in the 17th century.

Keywords: *materials science, bronze, iron, archeometallurgy, metallurgy.*