

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ АРХЕОЛОГІЇ

На правах рукопису

ГОШКО ТЕТЯНА ЮРІЇВНА

УДК 903.05(477.4)“6377”

**МЕТАЛООБРОБКА У НАСЕЛЕННЯ
ПРАВОБЕРЕЖНОЇ ЛІСОСТЕПОВОЇ УКРАЇНИ
ЗА ДОБИ ПІЗНЬОЇ БРОНЗИ**

Спеціальність – 07.00.04 – археологія

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата історичних наук

Науковий керівник
кандидат історичних наук
ОЛЬГОВСЬКИЙ СЕРГІЙ ЯКОВИЧ
професор кафедри музеєзнавства
Київського Національного
Університету Культури
і Мистецтва

Київ 2007

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	с. 4
ВСТУП	с. 5
РОЗДІЛ 1. Культурно-історична ситуація та історія дослідження металургії в регіоні	с. 11
1. 1. Культурно–історична ситуація	с. 11
1.2. Історія дослідження металургії на окресленій території	с. 22
РОЗДІЛ 2. Джерела вивчення металообробного виробництва та методи їх дослідження	с. 38
2.1. Родовища та рудопрояви	с. 39
2.2. Сліди металообробки на окресленій території	с. 42
2.3. Найхарактерніші бронзові вироби	с. 50
2.4. Методи дослідження виробів з міді-бронзи та інших залишків металургійного виробництва	с. 67
РОЗДІЛ 3. Технологічна характеристика бронзових виробів	с. 82
3.1. Вироби тшинецько-комарівської КІС	с. 82
3.2. Вироби культури Ноа	с. 100
3.3. Вироби білогрудівського часу Полісся та Середньої Наддніпрянщини	с. 106
3.4. Вироби висоцької культури	с. 112
3.5. Вироби з Гордіївки	с. 119
3.6. Силети з фондів НМІУ	с. 159
3.7. Порівняння технології виготовлення виробів у різних культурах	с.165
3.8. Хімічна характеристика виробів	с. 173
ВИСНОВКИ	с. 181
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	с. 186
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	с. 208
ДОДАТОК А. Металографічні характеристики досліджених виробів	с. 210
ДОДАТОК Б Технологічні таблиці	с. 225

ДОДАТОК В. Таблиці спектральних аналізів	с. 234
ДОДАТОК Д. Кореляційні графіки	с. 244
ДОДАТОК Е. Список і альбом ілюстрацій	с. 252
Список ілюстрацій	с. 252
Альбом ілюстрацій	с. 258

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ан.	аналіз
БМЗК	Бережнівсько-маївська зрубна культура
к.	курган
КІС	культуно-історична спільність
ком.	комплекс
МП-З	Малополовецьке-З
НМІУ	Національний музей історії України.
п.	поховання
РКМ	Рівненський краєзнавчий музей.
ТКК	тшинецьке культурне коло
ТКМ	Тернопільський краєзнавчий музей.

ВСТУП

Доба пізньої бронзи (XVIII – X ст. до н. е.) відзначається величезними змінами у розвитку продуктивних сил, зумовленими впровадженням новітніх технологій у виробництві, особливо у найпрогресивнішій галузі тогочасного господарства – металообробці. Лісостепова смуга Правобережної України, хоча й знаходилась дещо осторонь від найрозвиненіших центрів металообробки доби пізньої бронзи Південно-Східної Європи, одержувала сировину та готові вироби з відомих передових центрів металообробки на Балканах та Трансильванії Центральної Європи. Ця доба завершується перехідним періодом між двома величезними епохами у розвитку давнього суспільства, коли бронзовий вік змінюється залізним.

Специфікою металообробного виробництва у племен Лісостепового Правобережжя України є відсутність засвідчених давніх розробок мідних руд на цій території та, порівняно зі східними (племена БМЗК) та західними (центральноєвропейські культури) сусідами, відносно невелика кількість металевих інвентарю. Тому дослідники зосереджували свою увагу на вивченні технологій більш ранніх, енеолітичних металевих виробів та пізніших – скіфських, лишаючи поза увагою технологічні досягнення бронзової доби. Між тим, на сьогодні зібрано достатньо фактичного матеріалу для системного аналізу металообробки в зазначеному регіоні, а результати проведених аналізів дають нове знання щодо високого рівня металообробки у племен Правобережної України.

Базові джерела для вивчення металообробки у населення Правобережної Лісостепової України складають речові знахідки на поселеннях, поховальний інвентар, випадкові знахідки та депаспартизовані вироби. У роботах О.І. Тереножкіна, С.С. Березанської, Г.Т. Ковпаненко, Л.І. Крушельницької, І.К. Свешнікова, Е.А. Балагурі, І.Т. Чернякова, В.І. Клочка, М. Бандрівського, С.Д. Лисенка та ін. зроблено культурно-хронологічне визначення археологічних пам'яток доби пізньої бронзи

зазначеного регіону. При цьому, поза увагою всього комплексу досліджень залишилися питання розвитку технології виробництва найцікавішої в історичному контексті для археології цього періоду категорії виробів – речей, зроблених з металу.

При розв’язанні культурно-хронологічних проблем, археологи постійно звертаються до металу, часто обмежуючись морфологією виробів та його хімічним складом. Проте візуальне вивчення археологічних знахідок, пов’язаних із давньою металургією, – це лише початкова стадія дослідження давнього металургійного виробництва. Воно не може розкрити дійсного рівня техніки виплавлення і переробки металу. Вироби з металу перетворюються на повноцінне історичне джерело тільки за умови їхнього комплексного вивчення методами природничих наук разом із методами археологічного та етнографічного дослідження (Рындина, 1971, с.10). Прикладом такого поєднання наук стала робота Є.М. Черних (Черных, 1976).

Основу всієї зібраної для дослідження колекції металевих виробів складають артефакти з Гордіївського могильника (Berezanskaja, Kločhko, 1998.). Його функціонування припадає на кінець XVI – XI ст. до н. е. На різних етапах комплекси могильника синхронізуються з навколишніми культурами. Тому територіально дослідження охоплює Правобережну Лісостепову смугу та Полісся, заселену племенами тшинецько-комарівської культурно–історичної спільності, культури Ноа, білогрудівської та висоцької культур і хронологічно охоплює добу пізньої бронзи (XVIII – X ст. до н. е.).

Актуальність теми. Застосування методів природничих та технічних наук в археології у XX ст. виявило колосальні можливості в одержанні нових даних для вивчення стародавніх суспільств, особливо первісного. Дослідження Є.М. Черних та Н.В. Риндіної з питань металообробки племен доби енеоліту та бронзи Лісостепоного Правобережжя виявили надзвичайно цікаві дані щодо поступального місцевого розвитку цього виробництва та його зв’язку з Балкано-Карпатською металургійною провінцією. На жаль, ці розробки і, зокрема, висвітлення історії технології обробки бронзових

виробів заключного періоду бронзової доби не знайшли відображення у роботах фахівців. Така ситуація склалася через малу на той час кількість металевих знахідок на окресленій території. Ситуація докорінно змінилася впродовж останніх 20-ти років із відкриттям і введенням у науковий обіг таких видатних археологічних пам'яток, як Гордіївський могильник, Малополовецький курганно-грунтовий та Петриківський ґрунтовий могильники, курган 8 біля м. Нетішин, поселення Воля-IV, зруйновані поховання біля с. Смордва та с. Кормин, випадкові знахідки з Правобережної Наддніпрянщини.

Саме тому особливої актуальності на даний момент набуває вивчення й осмислення стану металообробки у племен Лісостепової зони Дніпровського Правобережжя.

Роботу виконано у рамках планових тем Відділу фізико-природничих методів дослідження в археології Інституту археології НАН України “Стародавнє виробництво та обробка заліза та міді-бронзи на території України” державний реєстраційний №0101U000590 та Відділу археології енеоліту-бронзової доби “Енеоліт та бронзовий вік України. Опрацювання джерельної бази”, державний реєстраційний №0101U006531.

Метою роботи є висвітлення рівня й характеру металургійного та металообробного виробництва у племен, які населяли терени Лісостепового Правобережжя України впродовж XVIII – X ст. до н. е., на основі дослідження технології виробництва артефактів з міді-бронзи та окреслення його місця в системі металообробних центрів Центральної та Південно-Східної Європи. Досягнення цієї мети можливе при умові всебічного вивчення джерел, яке включає аналіз наявних мідних родовищ, виробничого інструментарію, хімізму металу та технологічного аспекту. Основними завданнями роботи є:

- 1) проведення макро- й мікроструктурного аналізу металевих виробів для встановлення технологічних особливостей виробництва бронзового

інвентарю з Гордіївського могильника, пам'яток тшинецько-комарівської КІС, Ноа, білогородівської, висоцької культур;

2) порівняльний аналіз виявлених технологічних знань у населення культур доби пізньої бронзи Лісостепоного Правобережжя;

3) виявлення спільних рис та розбіжностей у металообробці населення регіону та в окремих культурах;

4) вивчення хімічного складу металу для уточнення особливостей сировини, яка використовувалася при виготовленні виробів;

5) проведення порівняння хімічного складу металу з сусідніми металонасними регіонами та встановлення можливих рудних джерел і шляхів надходження металу.

Об'єкт дослідження – пам'ятки матеріальної культури, а саме – залишки металургійного виробництва (мідеплавильні, ливарні матриці, тиглі, ллячки) та вироби з міді-бронзи, які є кінцевим результатом всього процесу металообробки.

Предмет дослідження – металургія та металообробка, як види давнього виробництва осілого землеробського населення Правобережного Лісостепу України впродовж XVIII – X ст. до н. е.

В **основу** дослідження з безпосереднього вивчення металевих виробів покладено *метод оптичної металографії*. Для встановлення шляхів надходження металу залучено *спектроаналітичний метод*. Враховуючи особливості джерельної бази та рівень розвитку металургії, дослідження проведене на міждисциплінарному (археологічному, технологічному, хімічному, геологічному) рівні з використанням *археологічних методів аналізу* (типологічний, порівняльний). Таким чином, застосовано комплексний підхід до вивчення археологічних джерел.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше, на основі застосування природничих наук, проведене дослідження металообробного виробництва у населення доби пізньої бронзи Лісостепоної Правобережної України. З'ясовано, що ознаки виробничої специфіки найяскравіше

проявляються у південно-західній частині Правобережного Лісостепу – Надбужжі. Технічні й морфологічні новації тут швидше проникали у місцеве середовище, з’явилися нові, невідомі доти форми. Деяке відставання в розвитку металообробки відстежене на півночі Лісостепу та на Поліссі. Розвиток металообробки у населення Наддніпрянщини за доби пізньої бронзи знаходився під значним впливом сусідніх, східних та південних, культур.

За допомогою металографічного аналізу вперше простежено й детально описано технологію лиття за восковими моделями. Зроблено висновок щодо освоєння технології волочіння за доби пізньої бронзи.

Вивчення хімізму металу дозволило дисертантові здійснити поділ виробів з Гордіївки на дві групи: Гордіївка-I–III та Гордіївка-IV, чим засвідчено відмінні рудні джерела металу на двох хронологічних етапах існування могильника.

Проведено порівняння спектральних даних з території Правобережної Лісостепової України пізньобронзової доби з даними центральноєвропейських культур (загалом 1035 проб), проаналізовано можливі шляхи поставок металу на зазначену територію.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості подальшого використання їх у наукових розробках з проблем історії ранньої металургії та металообробки давнього населення України, під час написання узагальнюючих історичних та археологічних праць, підготовки лекційних курсів з історії металургії України та оформленні музейних експозицій, а також в процесі експериментальних досліджень із виготовлення виробів за давніми технологіями (“експериментальна археологія”).

Особистий внесок здобувача. У результаті роботи з відібраними колекціями бронзових і мідних виробів досліджено технологію їхнього виготовлення, виявлені характерні особливості технології виробництва для кожної з культур та запропоновано реконструкцію етапів отримання найскладніших видів литва. Всі результати досліджень опубліковані. 1988

року автор брала участь у розкопках Гордіївського могильника. У монографії “Das Gräberfeld von Hordeevka” (автори С.С. Березанська, В.І. Ключко) авторкою подано технологічне дослідження гордіївських виробів. У статті присвяченій публікації дослідженню кургану 8 біля м. Нетішин, здійсненій у співавторстві з С.С. Березанською та В.О. Самолюком, авторці належить опис та виклад технологічного дослідження металевих виробів.

Апробація результатів дисертації здійснювалася у доповідях на засіданнях Відділу фізико-природничих методів в археології та Відділу археології енеоліту-бронзової доби Інституту археології НАН України, наукових конференціях: міжнародних (Кошице, 1999; Київ, 2002), регіональних (Фастів, 2001; Київ, 2007).

Публікації. Основні результати дисертації викладено у 8 наукових статтях. 4 з них – у фахових виданнях чи прирівняних до них, 4 – у збірниках наукових робіт і матеріалів конференцій.

РОЗДІЛ 1. КУЛЬТУРНО-ІСТОРИЧНА СИТУАЦІЯ ТА ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТАЛУРГІЇ В РЕГІОНІ

Дослідження місцевого металообробного виробництва неможливе без з'ясування культурно-історичної ситуації, хоча б у загальному вигляді. У заключний період бронзової доби, що припадає на XVIII – X ст. до н. е, простори Лісостепової Правобережної України були заселені племенами тшинецько-комарівської спільноти, сосницької, білогрудівської, Ноа та висоцької культур. Щодо приналежності пам'яток до певних археологічних культур, назв цих культур та ареалів їхнього поширення протягом десятиліть ведуться дискусії. Значну роль у характеристиці культур та створенні культурно-хронологічних побудов посідають металеві вироби. Рідше вони стають самостійним об'єктом вивчення.

1. 1. Культурно–історична ситуація

У північній частині Правобережного Лісостепу та на Поліссі були поширені споріднені культури: тшинецька та комарівська. Свою назву тшинецька культура отримала за могильником біля Тшинця Пулавського повіту в Польщі (Koctrzewski, 1930, s.26). А. Гардавським було виділено 4 локальні групи: любенську, опатівську, любельську і мазовецько-подляську. Остання, як він вважав, заходила на територію Західної України (Gardawski, 1959, s.16 і наст.).

Розкопки Т. Сулімирським курганів біля с. Комарів Івано-Франківської області у 1934 – 1936 рр. дали можливість йому виділити близьку до тшинецької культури – комарівську (Sulimirski, 1936, s.273–277). І.К. Свешніков вважав обидві культури археологічними відповідниками великого масиву племен, що населяли територію між Одером і Дніпром (Свешніков, 1974, с.183). За І.К. Свешніковим, комарівська культура була

поширена на території Прикарпаття і значної частини Волино-Подільської та Наддніпрянської височини. В районі Києва вона відома на невеликому відрізку лівого берега Дніпра, де межує з розповсюдженою в низинах Десни спорідненою сосницькою групою пам'яток. Південна межа поширення комарівської культури проходить межиріччям Дністра і верхньої течії Прута, західна – верхів'ям Дністра. Північну межу поширення комарівської культури І.К. Свешніков затруднявся встановити через погану дослідженість на той час басейнів верхньої течії Західного Бугу й Прип'яті та подібність її до тшинецької культури (Свешніков, 1965, с.86–92; Swiesznskow, 1967, с.30–107). Час існування комарівської культури, за І.К. Свешніковим, припадав на XV – XII ст. до н. е. (Свешніков, 1965, с.91; Swiesznskow, 1967, с.72–73).

У деяких районах Подністров'я комарівська, чи войцехівсько-комарівська культура, як її називала В.Д. Рибалова, зникає дещо раніше, аніж у північних і східних районах Правобережного Лісостепу. Зате на Південній Волині й на Середньому Дніпрі вона проіснувала до початку I тис. до н. е. і стала основою білогрудівсько-чорноліської культури (Рыбалова, 1961, с.80). Нині така точка зору має лише історіографічний інтерес.

Про те, що території від західних кордонів України до Десни, від Прип'яті на півночі до лінії Львів – Житомир – Київ на півдні, були заселені племенами з рисами культури змішаного характеру в 1967 р. писала С.С. Березанська. Дослідниця назвала її тшинецько-комарівською, бо бачила в ній переплетення рис двох близьких і споріднених культур: тшинецької культури, поширеної у східній Польщі, й комарівської культури, що, в основному, локалізується на Середньому Дністрі (Березанская, 1967, с.121). С.С. Березанська виділила чотири локальні групи пам'яток: рівненський, прип'ятський, київський та сосницький, при цьому відмічаючи своєрідність сосницької групи у порівнянні з іншими (Березанская, 1967, с.132–133). Як продовження розвитку цієї ідеї, у 1972 році замість “тшинецько-комарівської культури” було введено назву “східнотшинецька культура”, у якій на основі

помітної відмінності у матеріальній культурі обґрунтовано виділення чотирьох локальних варіантів, згаданих вище (Березанская, 1972, с.126–145). Рівненський варіант розташований між Случем і Західним Бугом, а його південна межа проходить по лінії Львів – Тернопіль – Хмельницький. Київський варіант (центр східнотшинецької культури) займає територію на правому березі Дніпра від Кременчука до впадіння Тетерева, басейни Тетерева, Ужа, Ірпеню та вехів'я Росі. Ареал пам'яток прип'ятського варіанту охоплює Прип'ятське Полісся. Сосницький – локалізується на значній частині Лівобережного Полісся та Білоруського Подніпров'я (Березанская, 1972, с.125–134). Час існування східнотшинецької культури, за С.С. Березанською, охоплює період XV – XII ст. до н. е. (Березанская, 1972, с.174; 189).

І.І. Артеменко виділяв сосницький варіант у окрему культуру, пам'ятки якої, в основному, локалізуються на лівому березі Дніпра. На Правобережжі сосницька культура, за І.І. Артеменком, займає вузьку смугу вздовж правого берега Дніпра та Прип'яті. Межа між сосницькою і комарівською культурами проходить по лінії Овруч – Біла Церква, а між сосницькою і тшинецькою – на Прип'яті (Артеменко, 1964, с.18).

Висновки щодо великої близькості західно-тшинецької, східнотшинецької та комарівської культур, які, на думку С.С. Березанської, склали єдину культурну, чи, навіть культурно-етнічну спільність, зроблені у 1972 р., привели її до перегляду своїх поглядів на зазначені культури. Переосмислення старих матеріалів та поява нових привели дослідницю до думки, що це все-таки єдина культура (Березанская, 1998, с.20–22).

На думку переважної більшості дослідників тшинецька, східнотшинецька, сосницька та комарівська культури мають спільну основу у вигляді груп культур шнурової кераміки, на які інтенсивно впливали південно-східні та центрально-європейські культури (Рибалова, 1953, с.209–

228; Свешніков, 1958, с.26; 1976, с.96–114; 1990, с.78; Артеменко, 1964, с.18; Березанская, 1972, с.155–156; Dąbrowski, 1972, s.26).

Пам'ятки комарівської культури В.Д. Рибалова розділяла на чотири локальних варіанти: 1 – Комарівська група пам'яток – на верхньому Дністрі; 2 – Білопотоцька – на Середньому Подністров'ї; 3 – Волинсько-тшинецька – від Західного Бугу до Случі та 4 – Народицька – в східній частині Волинського Полісся і, можливо, у верхів'ях Південного Бугу й на Дніпрі (Рыбалова, 1961, с.212). Дослідниця відмічала у межах комарівської культури зв'язок одних пам'яток із культурою племен шнурової кераміки, інших – із Трипільською культурою (Рыбалова, 1961, с.216).

І.К. Свешніков також вважав, що різні компоненти у складі комарівської культури привели до утворення її локальних варіантів: тшинецького – на території Польщі, східно-тшинецького – на території північної України і комарівського – у Прикарпатті (Свешников, 1976, с.96–118). Й надалі дослідник дотримувався погляду щодо хибності виділення чотирьох окремих культур пізньобронзової доби на просторах між Одером і Дніпром. Усі пам'ятки цього часу він відносив до однієї тшинецько-комарівської культури, яку розділяв на локальні групи: мазовецьку, малопольську та лубенську у Польщі, комарівську із локальним білопотоцьким варіантом у Наддністрянщині, волинську в Рівненській та Волинській областях, київську, прип'ятську й сосницьку в Наддніпрянщині. І, хоча кожна з цих локальних груп має відмінності, вони разом складають єдине культурне явище – тшинецько-комарівську культуру (Свешников, 1990, с.79). Часом розвитку комарівської групи у Прикарпатті І.К. Свешніков вважав XVI – XI ст. до н. е., а волинської групи – XVI – IX ст. до н. е. (Свешников, 1990, с.86).

Складовими частинами тшинецько-комарівсько-сосницької спільності бачать всі чотири описувані культури В.В. Отрощенко та Я. Дамбровський (Dąbrowski, 1972, s.81–119; 215; Отрощенко, 2005, с.96).

Останнім часом М. Бандрівським та Л.І. Крушельницькою, запропоновано визнати за комарівською культурою “повну окремішність походження і незалежність її розвитку від східнотшинецької культури”. До таких висновків дослідники прийшли, проаналізувавши абсолютні дати пам’яток Західного Поділля та виділивши на цій території передкомарівську групу пам’яток. У походженні комарівської культури вони вбачають не пізньощнурове й центральноевропейське, а південнокарпатське підґрунтя (Бандрівський, Крушельницька, 2005, с.212–213).

Тшинецьку та комарівську культури більшість фахівці розглядають як основу подальшого розвитку культур білогрудівської та висоцької (Канівець, 1953, с.44; Рыбалова, 1953, с.222; 1961, с.80; Березанська, 1956, с.51; 1964, с.69; 1976, с.164–167; Тереножкин, 1961, с.198; Бандрівський, 1994, с.144–145; 1998, с.193–247).

Білогрудівська культура була названа за місцем перших розкопок зольників у Білогрудівському лісі поблизу с. Пиківка на Уманщині. Білогрудівська культура охоплює майже всю Правобережну Лісостепову Україну: північні її межі знаходяться на лінії Київ – Житомир – Рівне; на сході доходять до Дніпра; на заході межа поширення проходить по лівій притоці Дністра – р. Збруч, західніше якої вже відомі пам’ятки висоцької культури. На південь та південний захід пам’ятки білогрудівської культури межують з культурою Ноа та сабатинівською (Березанська, 1985, с.501–502). У межах окресленої території С.С. Березанська намічає два варіанти – північний та південний (Березанська, 1964, с.68; 1972, с.135; 1985, с.500–502, 512). Час існування вже повністю сформованої білогрудівської культури визначається дослідницею у межах XI – IX ст. до н. е. (Березанська, 1985, с.502).

За В.Д. Рибаловою, білогрудівсько-чорноліська культура межувала й співіснувала на південному заході лісостепу із завершальною фазою культури Ноа. На південному сході її межа доходила до степу, де вона

стикалась зі сабатинівською культурою (Рыбалова, 1961, с.80). Існуванню білогрудівських пам'яток В.Д. Рыбалова відводила IX – VIII ст. до н. е. (Рыбалова, 1966, с.79).

Як результат розвитку найпізнішої фази комарівської культури розглядав білогрудівську О.І. Тереножкін. Він вважав, що племена останньої з Південного Полісся й півночі Лісостепу розселилися майже по усіх просторах Лісостепу на захід від Дніпра. Це трапилося у XII – XI ст. до н. е. (Тереножкин, 1961, с.198).

На думку польського науковця Я. Дамбровського поява білогрудівської культури є результатом розвитку культури східнотшинецької та впливів культури Ноа (Dąbrowski, 1972, s.217).

Свій подальший розвиток ідея І.К. Свешнікова та В.Д. Рыбалової про хибність виділення чотирьох культур пізньобронзової доби між Одером і Дніпром, останніми роками отримала у працях С.Д. Лисенка. Ним було запропонований новий погляд на пам'ятки тшинецького культурного кола (ТКК). С.Д. Лисенком на основі відмінностей матеріального комплексу та екології, виділені дві лінії розвитку ТКК: Тшинецька (Лісова) та Комарівська (Прикарпатсько-Лісостепова). Київська група (за І.К. Свешніковим) розділена на дві культурні групи: Києво-Черкаську (Лісостепову) та Києво-Житомирську (Поліську), які відносяться до різних ліній розвитку: перша – до Комарівської, а друга – до Тшинецької. Білогрудівська та лебедівська культури (за С.С. Березанською) є не окремими культурами, а заключними етапами відповідних регіональних груп ТКК (Лисенко, 2001; 2005, с.40). У одній з останніх праць С.Д. Лисенко пропонує більш детальне розділення ареалу ТКК, залежно від стоку річок на Західний масив (басейн Балтійського моря) й Східний масив (басейн Чорного моря). Так, західний масив ТКК охоплює басейни Вісли, Одери, Німану; східний масив – лісостепові й змішано-лісові ландшафти басейнів Дніпра, Південного Бугу, Дністра, Пруту й Серету (Лисенко, 2005, с.37–38).

Загалом східний масив ТКК датований С.Д. Лисенком у межах 1800/1700 – 1000 рр. до н. е. Дати для пам'яток Києво-Житомирської та Сосницької груп – 1600 – 1100 рр. до н. е. Але на Середній Наддніпрянщині та Подесенні вони доживають до 1000 р. до н. е. і представлені пам'ятками лебедівського/пізньососницького типів. Формування Києво-Черкаської групи ТКК на Середній Наддніпрянщині дослідник відносить до 1800 – 1600 рр. до н. е., а верхньою межею є пам'ятки білогрудівського типу, що датуються тут 1200 – 1000 рр. до н. е. Дати для білогрудівських пам'яток у Побужжі – 1500/1450 – 1000 рр. до н. е., а у Наддністрянщині – 1200 – 1000 рр. до н. е. (Лысенко, 2005, с.46).

На південному заході, на Середній Наддністрянщині, пам'ятки тшинецько-комарівської КІС межували з культурою Ноа. Ареал її поширення охоплює південно-східну частину Трансильванії, Припрутьську Румунію, Лісостепову Молдову та правобережжя Середньої Наддністрянщини. Назву культура отримала за ґрунтовим могильником у передмісті м. Брашова. За дослідженням В.І. Каврука, культура Ноа склалась на основі конвергентного розвитку культур середнього періоду бронзового віку Карпато-Дністровського регіону: Віттенберг, Монтеору, комарівської та КБК (Каврук, 1988, с.17).

У Середній Наддністрянщині група пам'яток культури Ноа була виділена А.І. Мелюковою (Мелюкова, 1958, с.5–112). Серед відомих на цей час поселень і могильників найважливішими для характеристики середньодністровської групи культури Ноа та її датування є поселення Магала (Смирнова, 1957; 1969б; 1972) та пам'ятки поблизу с. Острівець (Балагурі, 1961; 1961а; 1964; 1964а; 1968).

При дослідженні культури Ноа в Україні одним з важливих питань стало: чи процес формування її відбувався також і у Середній Наддністрянщині. Появі культури Ноа на теренах України присвячено праці Л.І. Крушельницької. У племен пізньокомарівської культури дослідниця

відмічала нові риси керамічних і бронзових виробів, що сформувалися в Середньому Припрутті в культурі Ноа або серед племен, які були вже частково асимільовані творцями цієї культури (Крушельницька, 1976, с.17; 1985, с.22–27; 1998, с.313–315). У своїй новій праці Л.І. Крушельницька (Крушельницька, 2006, с.156) схиляється до думки, що найсправедливішим є припущення Г.І. Смирнової щодо формування культури Ноа у південніших від Буковини та північної Молдови районах за участі як місцевих, так і степових елементів (Смирнова, 1972, с.31).

Час існування середньодністровської групи пам'яток культури Ноа, за Е.А. Балагурі, вкладається в межі XIII – XI ст. до н. е. (Балагурі, 1985, с.488). На сьогодні, у зв'язку із переглядом хронології всієї доби бронзи цю дату теж подавнено. Так, В.І. Каврук початок культури Ноа відносить до XV ст. до н. е. (Каврук, 1988, с.7), а Є.М. Савва, залучаючи нові калібровані дати, подавнює її до XVI – XV ст. до н. е. (Савва, 2002, с.221–223). Але використання каліброваних дат потребує додаткового аналізу. Дати існування культури Ноа XV – XII ст. до н. е. дотримується й В.В. Отрощенко (Отрощенко, 2005, с.191).

Стала тенденція до подавлення цієї культури узгоджується з висновками Я.П. Гершковича та В.І. Клочка про необхідність перегляду датування сабатинівської культури, спорідненої з Ноа (Гершкович, Клочко, 1987, с.111). Остання на сучасному етапі вивчення датується Я.П. Гершковичем XV – XIII ст. до н. е. (Gerskovic, 1999, s.62).

Фахівці вважають, що окремі риси білопотоцького варіанту комарівської культури, що простежуються у пам'ятках культур Ноа та висоцької на Середній Наддністрянщині (деякі елементи поховального обряду та окремі форми й орнаментатії посуду), є свідченням однієї з основ формування двох останніх.

Про появу висоцької культури існує декілька думок. Одна з них висловлена В. Канівцем (Канивец, 1953, с.44). Згідно до неї висоцька

культура виникла у середовищі комарівської культури. За І.К. Свешніковим, комарівська й висоцька культури існували й розвивались на різних теренах (Swiesznikow 1967, s.6). Я. Дамбровський припускає участь лужицької та голіградської культур у виникненні висоцької культури (Dąbrowski, 1972, s.216–217). За розвиток на різних територіях і синхронність названих на певному етапі висловлюється С.С. Березанська (Березанская, 1985, с.437).

Висоцька культура виникла на стику двох різних за своїм походженням етнокультурних регіонів, поміж центральноєвропейськими культурами “урнових полів” на заході і білогрудівсько–чорноліським середовищем – на сході (Крушельницька, 1985; 1991). Про певний симбіоз на ранніх фазах розвитку культур – висоцької та білогрудівської – пише М. Бандрівський (Бандрівський, 2005, с.241–252). Значним поштовхом до такого висновку стало відкриття Гордіївського могильника, серед поховального інвентарю якого є аналогії висоцьким виробам (Бандрівський, 2005, рис. 3).

На ранній фазі свого розвитку висоцькі племена розселялись, в основному, в південній частині Малого Полісся. Їхнє місцезнаходження часто збігається з територією поселень комарівської культури. За М. Бандрівським, між пізніми комарівськими пам’ятками та ранніми висоцькими існує проміжок часу в 2 – 3 століття. Цей проміжок був заповнений культурою Ноа, яка у XVI – XIII ст. до н. е. під тиском голіградців просунулась на північ і на Середній та Верхній Наддністрянщині прийшла на зміну комарівській культурі (Бандрівський, 1995, с.101–104).

У 1986 – 1988 роках на території Тростянецького р-ну Вінницької обл. спільною експедицією Інституту археології АН УРСР та Вінницького музею був досліджений Гордіївський курганный могильник (Berezanskaja, Kločko, 1998). Його відкриття стало значною віхою в археології бронзової доби всієї Східної Європи. Розкопками зафіксовано 36 курганів доби пізньої бронзи зі 38 похованнями. Могильник візуально розділений на дві групи курганів – східну та західну. До східної групи входять найбільш ранні кургани, а до

західної – пізніші. Східна група чисельніша (34 кургани). Хронологічні визначення Гордіївського могильника проводилися за такими напрямками: 1) відносна й абсолютна хронологія кожного окремого кургану на підставі аналогій, виділення хронологічних груп; 2) відносна й абсолютна хронологія груп курганів та їхня синхронізація з пам'ятками Карпатського регіону, Східного Середземномор'я та України; радіокарбонне датування. На базі аналізу інвентарю, поховального обряду й планування могильника були виділені наступні хронологічні групи: Hord.I, Hord.II, Hord.III, Hord.IV. На різних етапах могильник синхронізується з навколишніми культурами: Hord.I – із пізніми фазами тшинецько-комарівської КІС та протобілогрудівською фазою білогрудівської культури правобережної України, культурами Ноа і сабатинівською України й Молдови, центральноєвропейськими пам'ятками періодів VzB – VzD і датується (1500 – 1300 pp. до н. е.); Hord.II – із білогрудівською культурою та ранньою фазою висоцької культури, пізніми фазами культур Ноа й сабатинівської та ранньою фазою білозерської культури України й Молдови, центральноєвропейськими пам'ятками періодів VzD – HaA1 і датується (1300 – 1200 pp. до н. е.); Hord.III – із висоцькою культурою та пізньобілогрудівськими пам'ятками, білозерською культурою півдня України, центральноєвропейськими пам'ятками періоду HaA2 і датується (1200 – 1100 pp. до н. е.); Hord.IV – синхронізується з раннім періодом лужицької культури Польщі, висоцької культури, раннім періодом чорноліської й пізнім періодом білозерської культури України, а також із центральноєвропейськими пам'ятками періодів HaB1 і датується (1100 – 1000 pp. до н. е.).

Культурні особливості Гордіївського могильника характеризуються наступним чином: 1) місцевий за своїми витоками поховальний обряд; 2) наявність двох груп кераміки, одна з яких наслідує традиції курганної культури, а другу складають місцеві типи посуду; 3) костюмний комплекс,

близький до комплексу культур південної частини Карпатського регіону. У результаті аналізу всіх особливостей, автори доходять висновку, що гордіївські культурні традиції сформувалися на Правобережній Україні вже в період VzA2 і саме в цей час відбулося злиття місцевих культурних традицій культури багатоваликової кераміки й середньоевропейських культурних елементів, утворивши найсхіднішу групу середньоевропейської курганної культури (Berezanskaja, Kločko, 1998, s.24–25; Березанская, 1999, с. 145–148).

Елітним могильником білогрудівської культури вважає Гордіївку група фахівців – В.В. Отрощенко, В.І. Клочко, С.Д. Лисенко, М. Бандрівський (Клочко, 1998, s.343–351; Отрощенко, 2005, с. 197; Лисенко, 2005, с.40–41; Бандрівський, 2005, с.215).

Дослідники культур пізньобронзової доби на Правобережній Лісостеповій Україні одностайні у думці щодо сильного впливу Карпато-Балканського осередку металургії та металообробки. Звідти на описувану територію в райони Лісостепу надходили готові вироби та метал. Відсутність у Лісостеповій Україні та сусідніх районах Польщі залишків металургійного виробництва у вигляді горен і шлаків дає підставу думати, що в культурах тшинецько-комарівської КІС, поширених на цих територіях, його не існувало взагалі. Про це одностайно пишуть дослідники передлужицької (Dąbrowski, 1968, s.170), комарівської (Swiesznikow, 1967, s.39–100) та тшинецької культур (Березанская, 1972, с.86–92, 135).

Синхронною пізньобронзовим культурам України – тшинецькій, комарівській і Ноа, була культура Отомань, яка сформувалась на території Верхньотиського регіону Карпатської западини (північніше нижньої течії р. Муреш). Її пам'ятки широко відомі у Закарпатті, Східній Словаччині, Північно-Східній Угорщині та Північно-Західній Трансильванії (Балагури, 2001, с.87). Час існування культури Отомань припадає на XVIII – XII ст. до н. е. (Балагури, 2001, с.236). В ареалі цієї культури існував Трансильванський гірничо-металургійний центр, із якого бронзові вироби

експортувались до носіїв сусідніх культур, в тому числі й до тшинецько-комарівської КІС (Балагури, 2001, с.232). Ці зв'язки постежуються і за аналогіями бронзовим виробам, і за спектальними аналізами (Черных, 1972; Dąbrowski, Hensel, 2005).

1.2. Історія дослідження металургії на окресленій території

Робота над питанням історії досліджень з технології виробництва мідних і бронзових виробів з території Лісостепового Правобережжя України у даному разі наштовхується на те, що таких робіт дуже мало. Сталося так, що дослідників набагато більше приваблювало вивчення технологій більш ранніх, енеолітичних металевих виробів та пізніших – скіфських, аніж технологій бронзової доби. Проте всіма науковцями визнається, що металургійне виробництво, яке охоплює видобуток руди, виплавлення металу і виготовлення виробів з нього, було однією з передових галузей у господарстві. Ступінь розвитку металургії та металообробки відображав рівень технічного прогресу суспільства.

1.2.1. Морфологічний напрямок досліджень

Впродовж тривалого часу метал лишався об'єктом традиційного порівняльно-типологічного аналізу. Одними з перших досліджень у цьому напрямку можна назвати роботи А. Тальгрена (1926), В.О. Городцова (1928), О.О. Ієссена (1947).

У 1926 році А. Тальгрен опублікував свою відому працю про Північне Причорномор'я за доби раннього металу. Спеціальний розділ у ній присвячено публікації всіх відомих на той час металевих виробів і ливарних форм. Він розглядав їх як археологічні докази існування зв'язків між населенням Північного Причорномор'я та Кавказького басейну. Це було перше масштабне наукове осмислення ролі металу для характеристики історичних процесів, що проходили за доби бронзи на теренах України (Tallgren, 1926).

В.О. Городцов, досліджуючи добу бронзи Східної Європи, у ряді металевих виробів, знайдених у Північному Причорномор'ї, побачив сліди легендарних кімерійців. В.О. Городцов першим зрозумів значення металу для розв'язання великих історичних завдань і поклав початок спробам культурної атрибуції та датування випадкових знахідок металевих виробів бронзового віку (Городцов, 1928).

Роботами А. Тальгрена та В.О. Городцова було покладено початок дослідженням численних колекцій металу з території України.

О.О. Іессен 1947 року на прикладі металевих виробів розглянув питання про зв'язки давнього населення України з Балканами, Кавказом і Малою Азією. Аналіз теренового розповсюдження знахідок скарбів металевих виробів і ливарних форм привів його до виділення місцевого Причорноморського металообробного осередку, який постачав свою продукцію на територію Дніпровського Правобережжя аж до Київщини й Бессарабії та на частину Лівобережжя.

У пошуку рудних джерел О.О. Іессен виключав східні райони з огляду на своєрідність типів виробів і допускав, що метал доставлявся з родовищ міді у Криворіжжі й сусідніх районах, або з міднорудних регіонів Румунії чи Болгарії. Як можливе джерело сировини, він не виключав також і Західну Малу Азію (Іессен, 1947, с. 26 – 27).

Систематичні археологічні дослідження, що провадилися у 50 – 70-ті роки минулого століття, привели до значного розширення джерельної бази, що дало змогу не тільки повніше вивчити й краще зрозуміти дану епоху, але й приступити до постановки та вирішення низки спеціальних проблем, в тому числі й проблеми металургії та металообробки. Саме в цей час виходять з друку роботи О.І. Тереножкіна (1951; 1957; 1961), Г.І. Смірної (1957; 1969; 1969а; 1972), А.І. Мелюкової (1958; 1961), Е.А. Балагурі (1961; 1964; 1968), І.К. Свешнікова (1964; 1965; 1974), С.С. Березанської (1972; 1978), О.М. Лєскова (1967), І.Т. Чернякова (1965; 1967; 1975), В.О. Дергачова (1975) та деяких інших дослідників, у яких, поряд із розглядом різноманітних

питань, приділяється значна увага виробам з бронзи, металообробним майстерням та ливарним формам.

Цінною для даного дослідження є монографія О.І. Тереножкіна, де зібрано численні металеві вироби як з пам'яток білогрудівської й чорноліської культур, так і випадкові знахідки цього часу. У роботі було стверджено існування в білогрудівській культурі бронзоливарного виробництва, яке порівняно із таким металургійним осередком, який був у Північному Причорномор'ї у пізньозрубний час, значно йому поступалося масштабами (Тереножкин, 1961, с.108). Дослідник вважав, що бронзоливарне виробництво у білогрудівських племен виникло під впливом зрубною культури або, в усякому разі, бронзового віку Східної Європи (Тереножкин, 1961, с.108). Питання щодо джерел постачання бронзи тоді ставити було ще зарано, тому було висловлене тільки припущення про можливі надходження металу з Карпат і Кавказу (Тереножкин, 1961, с.119).

Свою наступну роботу, присвячену основам хронології доскіфських культур України, О.І. Тереножкін побудував на порівнянні, в основному, металевих виробів (Тереножкин, 1965).

Значним зрушенням у вивченні порушеної проблеми стали розкопки поселень культури Ноа Острівець (Балагурі, 1961; 1961а; 1964; 1968) та Магала (Смирнова, 1957; 1969а; 1969б; 1972). Відкриття мідеплавильних печей в Острівці, знахідки ливарних матриць та лячок (Магала, Острівець) дали змогу говорити про існування у племен культури Ноа власного металообробного осередку, що працював на привізному металі (Балагурі, 1961; 1964; 1968).

Також слід згадати статтю О.М. Лєскова, у якій були виділені ранньозрубний, сабатинівський, перехідний від сабатинівського до білозерського та білозерський етапи зрубною культури. Вони розглядалися як результат поступової еволюції східних – зрубних і сейминських традицій

(Лесков, 1967). О.М. Лесков вважав, що на різних етапах зрубні племена були зв'язані з різними сировинними базами (на ранньому – з Кавказом, із семиградським – на сабатинівському), тобто на межі XIV – XIII ст. до н. е. відбулася переорієнтація зв'язків північно-причорноморських племен із сходу на захід (Лесков, 1967, с.176). Пізніше, слушно вважаючи ливарні форми та металеві вироби, які відливалися у них, одним з найголовніших археологічних джерел у розв'язанні питань хронології, О.М. Лесков у спільній з В.С. Бочкарьовим роботі проводять детальний аналіз всіх відомих на той час з території України ливарних форм, розглядають технологію їхнього виготовлення та проводять класифікацію виробів, що відливалися у північнопричорноморських матрицях. Замість виділеного О.О. Іессеном північнопричорноморського осередку металообробки ними були виділені декілька осередків від ранньозрубного до пізньозрубного часу: Головурівський, Красномаяцький та Завадівський (Bočkarev, Leskov, 1979).

Публікації зібраних бронзових виробів з лісостепової території Дністровсько-Прутського межиріччя, заселеного племенами культури Ноа, присвячена монографія В.О. Дергачова. У ній автор звів воєдино всі дані про металеві вироби, що походили зі скарбів, випадкові знахідки та знахідки на поселеннях і могильниках на зазначеній території та виділив серію предметів місцевого виробництва. В.О. Дергачов вважав, що місцевий металообробний осередок виник у результаті залучення племен Ноа до торгових зв'язків як посередників між сабатинівськими й трансильванськими металургійними центрами. За матеріалами помітно спостерігаються тісніші контакти племен Правобережжя Прута з носіями трансильванських культур, а у племен Дністровсько-Прутського межиріччя сильніше були розвинуті східні зв'язки. (Дергачов, 1975).

Західним зв'язкам північнопричорноморського металообробного осередку доби пізньої бронзи присвячена спеціальна стаття Л.А. Новікової (Новикова, 1976, с.25–57). У результаті свого дослідження вона дійшла

висновку, що до кола пам'яток Ноа можна віднести наступні скарби з Північного Причорномор'я: Краснояцький, Бецилівський, Солонецький, Інгульський, Новотроянівський; з району Сіверського Дінця – Райгородський; з Молдавії – Лозовський, Христич; з Прикарпаття – Держев; з Румунської Молдови – Белені, Улмі – Литені, Чорень, Рішешть. Та за відсутності знахідок аналогів на культурно визначених пам'ятках встановлення культурної належності скарбів дослідниця вважала неможливим (Новикова, 1976, с.51). Порівнюючи набір категорій речей, а також спираючись на спектральні дослідження металу Є.М. Черних, Л.А. Новікова розташовує джерело культурного впливу на територію Північного Причорномор'я в області Пруто-Сиретського межиріччя і пов'язує появу скарбів західної орієнтації у степах Північного Причорномор'я із просуванням у середовище сабатинівської культури носіїв культури Ноа, яких витіснили сюди племена культури фракійського гальштату (Новикова, 1976, с.29, 55–56).

Якщо знахідки багатьох скарбів металевої продукції та ливарних форм у степовій зоні України та Закарпатті привертали до себе увагу дослідників, то території північній частині Правобережної України (Лісостепу та Полісся) через порівняно незначну кількість знахідок металевих виробів, майже повну відсутність тут яких-небудь залишків металургійного та металообробного виробництва не стимулювали вивчення цього аспекту виробничої діяльності місцевого населення.

Поряд із питаннями виділення культур на цих теренах, встановленням їхніх хронологічних меж та культурних зв'язків, науковці зверталися й до металу. С.С. Березанською у монографії, присвяченій середньому періоду бронзового віку Північної України, були зібрані і описані ливарні форми і металеві вироби, які, на її погляд могли бути віднесені до виділеної нею східнотшинецької культури. Невеликий відсоток виробів були використані для обґрунтування хронологічних рамок культури (Березанская, 1972). Вона

припускала, що основна кількість металевих предметів надходила на дану територію вже в готовому вигляді через те, що в переважній більшості форма й орнаментация виробів знаходять прямі аналогії в бронзових артефактах із теренів Румунії, Угорщини, Чехії та Словаччини. С.С. Березанська вважає, що в кінці середнього – на початку пізнього періоду доби бронзи семиградський металургійний центр відігравав дуже важливу роль в економіці всієї Центральної та Східної Європи (Березанская, 1972, с.92).

Незначна кількість металевих виробів, особливо предметів домашнього вжитку та зброї, у племен тшинецької та комарівської культур пояснюється значною роллю виробів із кременю у господарстві. Втім, їхня кількість помітно зменшується в напрямку з півночі на південь, де сильніше відчувається вплив карпатських металургійних центрів (Березанская, 1972, с.93). С.С. Березанська не відкидала можливості існування місцевої металообробки у найсхідніших племен тшинецької культури (сосницьких). Свідченням тому вона вбачала у знахідці чотирибічної ливарної матриці поблизу с. Зазим'я Чернігівської області, при цьому відмічаючи, що артефакти, які відливались у формі, характерні для виробів зрубної культури (Березанская, 1982, с.53).

Аналізуючи металевий інвентар комарівської та тшинецької культур, І.К. Свешніков указував на багато спільних типів серед прикрас. Це – браслети зі спіральними завитками на кінцях, масивні орнаментовані браслети з широко розведеними кінцями, шпильки зі спіральною щитоподібною і завитою у вушко голівкою, фібули з двох спіральних щитків і золоті персні з подвійного спірально зігнутого дроту. Розбіжності у деяких типах металевих виробів він пояснював різними місцевими традиціями і зв'язками з різними сусідніми племенами (Свешников, 1965, с.90–91) та розвитком бронзової металургії у Закарпатті й зростанням попиту на металеві вироби серед населення Північного Прикарпаття (Свешников, 1974, с.192).

Метал комарівської культури окремо від тшинецької й східно-тшинецької ніколи не розглядався. Але при нагоді все-таки відзначалась його більша кількість і різноманітність у порівнянні зі східно-тшинецьким. С.С. Березанська бачить пояснення цього факту в тому, що територія поширення комарівської культури безпосередньо межує з прикарпатським металургійним центром (Березанская, 1985, с.436).

Не менш інтенсивно вивчення металу проводилося тоді ж і за рубежом. Важливим показником культурної та економічної близькості є характеристика металевих виробів і рівня металургійного виробництва.

Скарби бронзових виробів лягли в основу відомої праці А. Можоліч, присвяченій періодизації та хронології доби бронзи Карпатського регіону. При цьому були використані власне карпатські скарби, і скарби зі сусідніх територій, включно зі знахідками з Північного Причорномор'я (Mozsolics, 1967).

1977 року вийшла друком монографія М. Петреску-Димбовиці. Сюди увійшли майже всі відомі на той час скарби металевих речей із території Румунії. Скарби були згруповані за хронологічними показниками та географічними регіонами, для кожного з регіонів визначені характерні вироби, простежені їхні зв'язки із навколишніми територіями і пов'язані з конкретними археологічними культурами (Petrescu-Dîmbovița, 1977).

Металеві вироби доби бронзи з території сучасної Польщі добре відомі фахівцям. Велика кількість скарбів та окремих бронзових виробів викликала багато публікаційних робіт і стимулювала, в першу чергу, потяг до їхньої культурної інтерпретації. Однією з перших стала робота Я. Костжевського, присвячена публікації відомих на той час скарбів бронзових предметів та зібрань виробів, знайдених у верхньому і середньому басейні Вісли та верхньому басейні Варти (Kostrzewski, 1964).

Особливе значення для вивчення культур доби пізньої бронзи (тшинецької та комарівської), що були поширені на територіях України та

Польщі мають, праці Я. Дамбровського, присвячені не тільки публікаціям металу. Для даної роботи дуже важливим є той момент, що, проводячи паралелі між згаданими культурами, він робить спробу з'ясувати джерела надходження металу. Так, указуючи на виходи міді на Волині, вчений вважає, що вони могли забезпечувати металом тільки найближчі регіони. Припускається можливість використання виходів міді на півдні Польщі, але роль їм відводиться другорядна. Основний же обсяг металу, як вважав дослідник, надходив із Карпатського регіону (Dąbrowski, 1972, s.187). Я. Дамбровський писав, що на металеву продукцію культур тшинецько-комарівського кола мали сильний вплив такі осередки, як угорсько-словацький і семиградський, бо вони мають велику подібність металевих виробів (Dąbrowski, 1972, с.188).

80 – 90 роки ХХст. відзначилися суттєвішими зрушеннями у дослідженні бронзових виробів та ливарних форм. З'являється низка робіт де на прикладі окремих типів металевих виробів та ливарних форм розглядаються контакти між північним Причорномор'ям і Карпатським басейном (Никитин, Черняков, 1981; Черняков, 1983; Шарафутдинова, 1987; Гершкович, Ключко, 1987; Кобаль, 1995; 1997; 1999; Kobal, 2000; Ключко, 1990; 1992; Klochko, 1993).

1994 року вийшла колективна монографія, присвячена дослідженню ремесел на території України за доби енеоліту і бронзи. В одному з розділів В.І. Ключком охарактеризовано металургійне виробництво давнього населення України. Тут було зібрано і систематизовано відомі на той час знання про металургію та металообробку в окремих культурах від енеоліту і до пізньої бронзи, охарактеризовано рівень розвитку металургійного виробництва і за окремими археологічними культурами, і за цілими епохами. До свого дослідження В.І. Ключко залучив також роботи геологів, із яких випливає, що територія України насичена як крупними, так і невеликими родовищами і рудопроявами: у Донецькому регіоні, на Волині, Приазов'ї, Наддніпрянщині, Побужжі, Прикарпатті й Закарпатті (Ключко, 1999, с.96 –

132). Це була перша спроба відійти від загальноприйнятої у археологів тези про бідність території Правобережної України на поклади мідних руд. Але на цей час припущення В.І. Клочка все ще не має підтвердження археологічними знахідками яких-небудь розробок мідних руд на зазначеній території.

Останніми роками з'явилися праці, в яких ведеться активна дискусія про культурну належність комплексів ливарних форм (Клочко, 1987; 1997; 1998; 2006; Отрощенко, Рассамакін, 1997) та металообробних осередків (Gerskovič, 1999); розглядаються окремі види бронзових виробів населення пізньої бронзи такі як зброя (Клочко, 1990; 1993; 2006) та прикраси (Лисенко С.С., 1999; 2002; 2004; 2005; 2006).

Характеризуючи пам'ятки східного ареалу сабатинівської культури, Я.П. Гершкович, зокрема, відмічає, що з 24 комплексів ливарних форм, врахованих О.М. Лєсковим і В.С. Бочкар'євим, безпосередньо при розкопках поселень були знайдені тільки два: на Студенку – бондарихінської культури та Острівці – культури Ноа. Новий комплекс кам'яних ливарних форм, знайдений поряд із типовою сабатинівською керамікою на Новокиївському поселенні, може бути прямим доказом належності інгуло-красномаяцького осередку металообробки місцевому сабатинівському населенню, а не носіям зрубної культури, як традиційно вважали О.М. Лєсков і В.С. Бочкар'єв (Gerskovič, 1999, s.60–64).

Новий погляд на тшинецько-комарівське коло запропонував С.Д. Лисенко. На основі аналізу природно-географічних умов, у яких розвивалися такі культури як тшинецька, комарівська, білогрудівська, лебедівська та відмінностей у матеріальному комплексі, С.Д. Лисенко виділив у Середньому Подніпров'ї дві культурні групи ТКК: Києво-Черкаську (Лісостепову) та Києво-Житомирську (Поліську) (Лисенко, 2001а, с.17). Дослідником було з'ясовано, що переважна частина металевих виробів

пов'язана з пам'ятками Києво-Черкаської групи. Лобойківська, кардашинська та красномаяцька металургійні традиції деякий час співіснували. Концентрація ливарних майстерень під Києвом може свідчити про автохтонність першої з них (Лисенко, 2001а, с.9). На основі картографування прикрас пізньобронзової доби, типологічно пов'язаних із Карпатським металургійним осередком, С.Д. Лисенко виділяє три генеральних напрямки трансєвропейського лісостепоного шляху: Північний, що з'єднує Середню Наддніпрянщину з басейном Вісли й огинає Карпати з півночі; Карпатський, що проходив через Подністров'я у бік Карпатських перевалів і далі на Угорську рівнину та Південний, що проходив по південній межі лісостепу й огинав Карпати з півдня (Лисенко, 2002, с.104–111).

Важливим етапом у вивченні питань палеометалургії став вихід з друку 2001 року монографії Е.А. Балагурі (Балагурі, 2001). Цікавими є висновки, до яких прийшов дослідник в результаті докладного аналізу знахідок скарбів й окремих бронзових виробів, ливарних форм, давніх копалень, а також гірничометалургійних центрів, розташованих у ареалі пам'яток культури Отамань. На зазначеній території була високо розвинена металургія та металообробка, яка базувалась на місцевій сировині; на сході продукція майстрів Трансильвансько-Верхньотиського металургійного центру відома за межами Карпат у носіїв тшинецько-комарівської КІС; на півночі трансильванські товари дотикалися зі середньословацькими (Балагурі, 2001, с.223–224).

Що стосується європейських науковців, то, як і в попередні роки, вивчаючи металеві вироби та ливарні форми пізньої бронзи, основну увагу вони звертають на суто археологічні проблеми, як то причини зариття скарбів бронзових виробів, з'ясування культурних зв'язків, публікації нових знахідок. У 1999 році вийшла з друку фундаментальна праця В. Блаєра (Blajer, 1999). Окрім докладного аналізу знахідок, у ній наголошується на значенні

бронзових виробів у реконструкції суспільних відносин, торгівлі, виявленні знайомства з технікою обробки металу у певних регіонах. Важливою є проблема розуміння бронзових виробів (особливо стосовно прикрас) як способу самовиділення з-серед інших груп населення. У такому аспекті В. Блаєр пропонує розглядати різноманітні регіональні типи браслетів та їхні комбінації (Blajer, 1999, s.139–140). Як культові В. Блаєр вбачає причини появи скарбів (Blajer, 1999, s.148).

Отже, морфологічний напрямок вивчення металообробки набув значного розвитку. Водночас питання технології виготовлення виробів з кольорових металів за доби пізньої бронзи практично не розроблялися.

1.2.2. Технологічний напрямок досліджень

Вже з кінця XIX ст. археологи й металурги ряду західноєвропейських країн звернулися до проблеми походження металу та розвитку технологій давньої металургії. Майже одночасно визначилися два напрямки у вивченні цієї проблеми. Один з них – аналітичний, що вивчає склад металу давніх виробів, походження вихідної сировини, давні родовища й копальні. В його основі лежить спектроаналітичний метод. Другий напрямок – суто технологічний – базувався на вивченні технології виготовлення металевих виробів. Він включав з'ясування прийомів обробки готового металу. В основу цього методу покладено металографічний аналіз. Поступово виникає контакт між ученими найрізноманітніших – природничих, технічних та історичних – наук, що призвів до значних зрушень у вивченні металу.

У застосуванні методу спектрального аналізу для вивчення археологічних знахідок першість належить металургу В. Віттеру, який разом із фізиком Й.Р. Вінклером провів перші аналізи давнього металу (Winkler, 1933; Witter, 1938).

Група науковців, відома в літературі як Штутгартська, займалася з'ясуванням походження металу доби енеоліту й бронзи Центральної та Західної Європи. Ними проведено статистичну обробку декількох тисяч

аналізів. Значним недоліком цих праць є те, що ця лабораторія не залучала аналітичний матеріал щодо мідних руд (Sangmeister, 1973, s.215 – 249; Schubert, Schubert, 1967, s.185 – 203). Аналізами металу Штутгартської лабораторії автор скористалася для порівняння хімічного складу досліджених нею виробів із металом Центральної Європи.

Чільне місце у вивченні історії металургії на теренах сучасної України посідає Є.М. Черних і лабораторія Інституту археології РАН, що її він очолює. У зв'язку з нашою темою особливе місце займає монографія Є.М. Черних “Древняя металлообработка на Юго-Западе СССР”. Вона стала першою працею побудованою на комплексному дослідженні археологічних матеріалів з території Правобережної України та рудних джерел Центральної Європи. У ній розглянуті питання металообробки східної частини Центральноевропейської (Карпатської) металургійної провінції, проблеми культурних і торгових зв'язків, структура металообробного виробництва та його хронологія. Є.М. Черних були спектрально проаналізовані 775 металевих предметів, з яких 4/7 належать до різних скарбів, близько 2/7 представлено випадковими знахідками й тільки приблизно 1/7 від загальної кількості знайдено в культурно визначених пам'ятках Північного Причорномор'я. У пошуках міднорудної бази Північного Причорномор'я Є.М. Черних особливо звертає увагу на родовища Карпатської гірничо-металургійної області, розташовані на території Румунії. Металonosні райони Болгарії та колишньої Югославії (Балканський ГМЦ за Є.М. Черних), а також північнокарпатські копальні з теренів сучасної Словаччини, на його думку, мали менше значення для металообробки зазначеної території (Черных, 1976, с.17).

За допомогою статистичних методів увесь метал розділений на шість груп, серед яких провідне місце займає метал груп КТ (Карпато-Трансильванська) і Пб (Правобережна). Можливі джерела групи КТ Є.М. Черних бачить у межах Карпатського ГМЦ. Рудні джерела

Правобережної групи розташовані там же, але з більшою концентрацією у Нижньому Подунав'ї (Черных, 1976, с.26).

На теренах України дослідник виділив три основні металообробні осередки: інгуло-красномаяцький, кардашинський та завадівсько-лобойківський; прив'язав їх до конкретних археологічних культур та визначив їхні хронологічні межі. Так, метал інгуло-красномаяцького осередку віднесений ним до населення Ноа й Сабатинівки (Черных, 1976, с.179), а час його функціонування датований у межах XIII – XII ст. до н. е. (Черных, 1976, с.154). Етно-культурно кардашинські ливарники були пов'язані з білозерським населенням, а час функціонування за прийнятою на той час системою абсолютних дат припадав на XI – IX/VIII ст. до н. е. (Черных, 1976, с.154–155). Формування завадівсько-лобойківського осередку, за висновком дослідника, почалося раніше за кардашинський і може припадати на XII ст. до н. е. Загалом час функціонування завадівсько-лобойківського осередку Є.М. Черних датував XII – IX ст. до н. е. (Черных, 1976, с.155–156), припустивши найтісніші зв'язки майстрів цього осередку з населенням зрубної культури (Черных, 1976, с.149).

Цікавим для нашої роботи є висловлене Є.М. Черних спостереження, що величезні маси металу на території від Карпат на Заході до Сіверськodonеччини на Сході являють собою хімічно однорідні групи. Але оскільки метал не міг походити з одного рудного джерела, бо це передбачає колосальні обсяги розробок, то він не виключав можливості експлуатації геохімічно близьких груп родовищ чи такого рівня уніфікації виплавки металу з руд і складання сплавів, який знівелював набір домішок до руд по всій Балкано-Карпатській гірничо-металургійній області (Черных, 1976, с.53).

Новітні спектроаналітичні дослідження металу в Центральній Європі активно розвиваються й зараз. Результати вивчення нової серії виробів Гальштату (HaA₂) з Угорщини, проведені Д. Ліверсаджем і Є. Пернічкою,

виявилися досить несподіваними для дослідників, коли вони з'ясували, що певна частина виробів виготовлена з “дивних” сплавів з елементами, що зазвичай трапляються в бронзі тільки в невеликій кількості – свинцем, залізом, арсеном, сурмою та нікелем. Якщо раніше такий метал вважався неочищеним, то тут з нього виготовлено багато типів виробів, не виключаючи мечі та інші види зброї. Найчастіше траплялися зразки з високим вмістом сурми – 9,8%, арсену – 4,9%, а свинець траплявся в кількості, більшій, ніж 20%. Такий склад, на думку авторів, може відображати відносини у суспільстві, коли вироби (особливо зброя) призначались не для практичного використання, а були формою символічного багатства (бронза з таким високим вмістом свинцю має сріблястий колір). Автори схильні вважати це явище показником кризи в металургії Центральної Європи (Liversage, Pernicka, 2002, s.417 – 426).

Дуже цікавою та інформативною є стаття Я. Дамбровського та З. Хенселя, де зібрано й проаналізовано понад 500 спектральних аналізів металу бронзових виробів доби пізньої бронзи знайдених на теренах Польщі. Походження переважної частини металу ($\approx 80\%$) науковці пов'язують з культурою Отамань (Dabrowski, Hensel, 2005, s.5–20).

Про важливість застосування металографії – науки про внутрішню будову металів і сплавів – та можливості її застосування в археології неодноразово писала Н.В. Риндіна (Рындина, 1971, с.11 – 12; 1998, с.13 – 21). Наукові інтереси Н.В. Риндіної лежать в епосі неоліту–енеоліту Балкано-Карпатського та Причорноморського регіонів Європи. Розроблені нею спеціальні методики застосування металографічного вивчення археологічних предметів з міді й бронзи детально описані в публікаціях, присвячених вивченню металу трипільської культури (Рындина 1969, с.3 – 10; 1971, с.30 – 45). Завдання, що ставлять археологи перед металографією, – складні. Дуже важко прослідкувати ланцюжок технологічних операцій, маючи на руках готовий виріб. Особливо ж сказане стосується міді й бронзи.

Збільшення обсягів колекцій металевих виробів впродовж 70-тих років минулого сторіччя дозволило Н.В. Риндіній, застосовуючи природничі науки, написати дуже цікаву й цінну монографію, присвячену трипільському металу (Рындина, 1971). В роботі піднімаються питання походження трипільського металу, проявів місцевої металургії у трипільських племен, наводяться дані для характеристики металевих виробів різних періодів Трипілля.

Для вивчення металообробки наступних часів робота Н.В. Риндіної важлива тим, що показує рівень розвитку металургійного виробництва у період, що передує досліджуваному нами. Вона переконливо доводить, що племена Правобережної Лісостепової України ще в енеоліті були добре знайомі з міддю й володіли багатьма прийомами її обробки.

Для вивчення технології металу бронзового віку на території Лісостепової України найважливіші є наступні висновки Н.В. Риндіної: 1 – у племен доби ранньої бронзи – носіїв городоцько-здовбицької та стжижовської культур можна припускати існування місцевої металургії, яка базувалася на розробці волинських руд у районі Великого Мідська; 2 – близькість металургійних технологій плавки свинцевистої міді, яка полягає в збагаченні металу киснем за допомогою його нагрівання і наступного гарячого кування в окислюваному середовищі, без захисних від окислення засипок; 3 – використання фігурних жолобчастих ковадел; 4 – вивчення металообробки культур шнурової кераміки демонструє продовження постачання металевої сировини місцевим майстрам з Карпато-Трансильванського осередку (Рындина, 1980, с.39 – 40).

На тлі добре вивченої технології металевих виробів енеоліту (трипільська культура) та середньої бронзи (культури шнурової кераміки), метал доби пізньої бронзи Дніпровського Правобережжя залишився поза увагою дослідників. Тут можна згадати статтю Д.П. Недопака, присвячену металографічному вивченню скарбу бронзових виробів з поселення

сабатинівської культури Бузьке-IV. Він не відкидає можливості місцевого походження металу, з якого були відлиті ці вироби (Недопако, 1997, с.17–20).

Робіт європейських науковців, що базуються на основі металографічного методу, присвячених технологічним дослідженням теж небагато. Іще 1956-го року вийшла стаття польських вчених А. Гардавського і К. Веселовського, щодо технології виготовлення бронзових прикрас тшинецької культури (Gardawski, Wesolowski, 1956, s.59–100). Невелика публікація металографічного дослідження браслету тшинецької культури зі спіральними щитками належить Х. Пжигодській. У ній авторка констатує незначну доробку куванням вилитої заготовки (Przygodzka, 1976, s.132–137).

Таким чином, всі культури доби пізньої бронзи, що були поширені на теренах Правобережного Лісостепу, й до цього часу перебувають у центрі уваги археологів, з'ясовуються їхні ареали, датування, назви тощо. Проблема розвитку металургії та металообробки впродовж багатьох десятиріч цікавить науковців. Але більшість фундаментальних праць торкаються проблем морфології знахідок та хімізму металу. Питання технології їхньої обробки, частіше за все, випадають з поля зору науковців. Тема рудних джерел, шляхів надходження металу, технологій виготовлення металевих виробів з території Правобережної Лісостепової України досі лишається нерозробленою, а тому її дослідження стає гостро актуальною.

РОЗДІЛ 2. ДЖЕРЕЛА ВИВЧЕННЯ МЕТАЛООБРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА МЕТОДИ ЇХНЬОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Джерелами для вивчення металургійного виробництва племен, що заселяли території Правобережної України за доби пізнього бронзового віку, є, в першу чергу, металеві вироби. Їхня кількість, місце та умови знахідок і різновиди, що вказують на їхнє призначення, дозволяють хоча б у найбільш узагальнених рисах скласти уявлення про рівень і характер металургійного виробництва. Звичайно, що джерелом для вивчення й розуміння металургійного виробництва є все, пов'язане з виробництвом металу, – горна, плавильні печі, ливарні матриці, глиняні сопла, тиглі та лячки. Особливу групу дуже важливих джерел складають копальні й рудопрояви, з якими може бути пов'язаним місцевий видобуток металу або простежені які-небудь обмінні чи торгівельні зв'язки.

В останні роки вивчення в Україні копалень значно розвинулось за рахунок залучення до цієї проблеми геологів. У результаті плідного співробітництва з'явилася серія робіт, що містять важливі відомості щодо рудопоявів в Україні та їх використання давнім населенням.

На досліджуваній території – Правобережній Лісостеповій Україні – металевих виробів у порівнянні зі степовими районами й Прикарпаттям знайдено відносно мало. В основному це – прикраси, рідше – предмети озброєння. Більша їхня частина – випадкові знахідки, менша – знайдена у похованнях і зовсім невелика кількість – на поселеннях. Скарбів металевих виробів, якими такий багатий степ і Карпатський регіон, на Лісостеповому Правобережжі Дніпра знайдено буквально одиниці. Такою є загальна картина. Треба, проте, відмітити, що на досліджуваній території можна виділити три райони, що відрізняються між собою і за кількістю, і за характером металевих виробів та пов'язаних із ними залишків металургійного виробництва.

Найбіднішим на металеві вироби видаються райони Північної України та Полісся, де була поширена східнотшинецька культура (за С.С. Березанською), чи східнотшинецький варіант комарівської культури (за І.К. Свешніковим), чи Києво-Житомирська (Поліська) група ТКК (за С.Д. Лисенком). Тут до кінця бронзового віку у великій кількості побутовали крем'яні знаряддя праці і передусім – серпи.

Багатшими на металеві вироби є південніші райони, що їх С.Д. Лисенко відносить до Києво-Черкаської культурної групи ТКК. Тут трапляються не тільки металеві прикраси та знаряддя праці, але й ливарні форми для їхнього виготовлення, що може свідчити про місцеве виробництво. Не виключається, що цей район був пов'язаний з Донецьким гірничо-металургійним центром. Зв'язки могли здійснюватися за допомогою племен бережнівсько-маївської зрубної культури, що просунулися до Середнього Дніпра, а в ряді місць перейшли на його правий берег.

Районом із найрозвиненішим металургійним виробництвом, причому місцевим, є межиріччя Дністра й Південного Бугу. У цих місцях знайдено велику кількість металевих виробів різноманітного призначення. Також знайдено сліди ливарного виробництва, залишки плавлень, ливарних форм та інші залишки місцевого металообробного виробництва.

2.1. Родовища та рудопрояви

Територія Правобережної Наддніпрянщини зазвичай вважається збідненою на родовища та рудопрояви мідних руд (Черных, 1976, с.14), хоча у прогностичному оцінюванні геологів відмічена насиченість цієї території невеликими родовищами (Рис.Е.3). Про це писав В.І. Клочко, посилаючись на геологічні дослідження (Металлогения Украины и Молдавии, 1974; Клочко, 1994, с.98).

Можна припустити давні розробки невеликих рудопроявів, що виходили на поверхню, але через погану дослідженість даної території сліди видобутку руди поки не відомі. Як показують спектральні аналізи виробів і шлаків, металурги давніх епох використовували виключно окислені руди, які

за декілька тисячоліть практично могли бути повністю вибрані. При цьому треба мати на увазі, що окислений чохол рудних родовищ не мав великої потужності (від 8 до 25 м), ще й до того окислення сульфідних мінералів нерівномірне по всьому об'єму рудних тіл. Таким чином, використовуючи навіть найпримітивніші інструменти для видобутку окислених мінералів, можна було б на протязі такого великого проміжку часу більшу частину готової до виплавки руди використати в металургійному виробництві. Тож відомостей про копальні, які б розроблялися в давнину на території Правобережної України наразі не маємо, окрім виходів самородної міді на Волині.

Давні розробки самородної міді були знайдені на Волині на околицях села Великий Мідськ у 1927 році польським геологом С. Малковським (Malkowski, 1931, s.384–402). Пізніше самородна мідь була знайдена у багатьох місцях Волині: Довге Поле, Гутвин, Берестовець, Олександрія, Гориньград та ін.

На цей час мінералізація самородної міді на Волині встановлена геологами у смугі завширшки до 6 км і завдовжки до 120 км. Вона охоплює частину південного схилу Брестської западини й північної частини Волинського палеозойського підняття, розділених Луківсько-Ратнівською горстовою зоною (Гурський, Калінін та ін., 1997, с.68). За хімічним складом мідь Волині є дуже чистою (99,8 ваг. %). Та незважаючи на це, хімічний склад її у різних місцях має декотрі відмінності, що пояснюється мінеральним складом порід, характером та інтенсивністю вторинних процесів у зоні окислення (Klochko, Manichev, Kvasnitsa та ін., 2000, s.176).

На даному етапі привертає увагу вивчення хімічного складу мідних руд, що генетично пов'язані як з кристалічними, так і з осадовими породами. Мідні руди осадової генези, як правило, відзначаються великою різноманітністю домішок, серед яких є свинець, цинк, олово, сурма, арсен, вісмут, та срібло. Це пов'язано з полімінеральним складом самих руд (галеніт, сфалерит, арсенопірит та ін.).

Дослідження давнього металу з археологічних пам'яток на території України свідчить про те, що у кольоровій металургії частіше застосовувалася руда осадового типу. З чистої міді виплавлявся невеликий процент виробів. На території Західної України геологами вивчені мідепрояви осадової генези в двох регіонах – Придністров'ї та Передкарпатті, а на сході України – на Донбасі.

Два крупних мідепрояви осадової генези у Придністров'ї розташовані на лівому березі р. Дністер у Тернопільській області. Одне з них – на околицях с. Іванове-Золоте. Тут мідь часто представлена малахітом, який утворює тонкі лінзи. У другому – Устечниківському мідепрояві – спостерігаються шари пісковиків, алевrolітів та аргилітів, розташованих упереміж шарами, і збагачені органічною речовиною. Зрудніння виходить на денну поверхню і могло розроблятися відкритим способом (Klochko, Manichev та ін., 2000, s.177–178).

Мідепрояви відомі також у Наддністрянщині. За літологічними особливостями ці породи нагадують руди Донбасу. Найбільше міді містять піщані, алевритові та аргилітові породи.

На території Львівської області, в південно-східній і центральній областях Передкарпатського прогину відома мідна мінералізація осадових товщ неогену, що мають вихід на денну поверхню (ділянки Надвірне, Лоевський, Яблонівське, Калуський, Делятинський). Основними мінералами тут є малахіт, халькопірит, ковелін, азурит, халькозин та ін. Та потужність їх невелика.

Характерною геохімічною особливістю руд Передкарпаття і Наддністрянщині є майже повна відсутність арсену (за невеликим винятком) і малий вміст сурми та олова, що не перевищує тисячної долі відсотка. Та про розробки цих родовищ у давнину відомостей немає.

Крім мідних рудопроявів на Волині слід додати рудопрояв олова Суцано-Пержанської зони на Волині. Воно є одним із найбільших в Україні і

представлене каситеритовою рудою, вміст олова у якій досягає 1% й вище (Klochko, Manichev та ін., 2000, s.178).

В археологічних дослідженнях найбільше уваги приділяється розробкам мідних руд, але поліметалеві родовища мають не менше значення. У геології до них відносять, як правило, свинцево-цинкові. Насправді родовища з поліметалевим зруднінням не вичерпуються тільки високим вмістом сульфідів свинцю й цинку. Тут можуть бути сульфід міді у значних кількостях і домішки олова, арсену, сурми, срібла, золота від 0,1% й вище. Особливу увагу викликає мінерал борніт, відомий у мідних рудах Донецького родовища, в якому вміст олова інколи досягає 1%. При плавленні такої руди вміст олова підвищується на порядок. Таким чином, при переході в метал його концентрація може складати до 10%. У практиці кольорової металургії це означає, що окислені сульфід міді з підвищеним вмістом домішок свинцю, цинку, олова та інших металів при виплавці дають металеву бронзу.

Родовища з поліметалами відомі на Донбасі та в Закарпатті. Це мідисті рудопрояви відмінної генези, але для них характерні близькі значення віку, що складає 250 – 300 млн. років. Тому ідентифікувати давній метал, виплавлений з цих руд дуже важко, а на даному етапі майже неможливо через брак інформації про хімічний склад руд, у першу чергу з копалин Карпатського регіону. Через це основним джерелом інформації про метал Карпатського регіону можуть бути поки що тільки літературні дані у вигляді спектральних аналізів металевих виробів.

2.2. Сліди металообробки на окресленій території

Прямим свідченням місцевої металообробки можуть слугувати залишки теплотехнічних споруд (горен, плавильень), знахідки на поселеннях шлаків, крапель металу та інших предметів, що можуть вказувати на виплавлення металу з руди, плавлення чи обробку металу. До таких предметів відносяться ливарні матриці, сопла, лячки, тиглі та спеціальні посудини із залишками металу на стінках – плавильні чаші. Інколи, замість

останніх, давні майстри застосовували звичайні керамічні товстостінні посудини.

2.2.1. Теплотехнічні споруди

У порівнянні з лівобережними культурами бронзового віку, які мають спеціалізовані поселення, орієнтовані на розробку мідних руд і виробництво крупнотоварних серій виробів з міді та бронзи, на Правобережній Україні таке явище не спостерігається. Важливу інформацію, для розуміння організації металообробного процесу в середовищі племен епохи бронзи на території Лісостепової України можна черпати, аналізуючи добре вивчені залишки з поселень Лівобережжя. Найважливішими поселеннями зі слідами металургії є Усове Озеро, що розташоване на околицях с. Ямпіль Червонолиманського району Донецької області (Березанская, 1990), Картамиш (Бровендер, 2005, с.11–23) та Мосолівка на річці Дон (Пряхин, Сагайдак, 1975, с.176–187).

Сліди металургійного виробництва зустрічаються на ряді звичайних поселень БЗМК – таких як Лиманське Озеро, Іллічівка (Татаринів, 1993, с.49,50), Капітанове-II (Отрощенко, Пряхин та ін., 1997, с.90–103). Донбаського гірничо-добувального центру Така різниця в насиченні археологічних пам'яток металургійними залишками однозначно пояснюється безпосередньою близькістю поселень БЗМК до Донбаського гірничо-видобувного центру.

У той самий час на Лісостеповому Правобережжі Дніпра подібних залишків обмаль. Сліди плавлення бронзи, тобто залишки металообробних майстерень, на Правобережжі відомі лише на поселенні культури Ноа – Острівець Гвоздецького району Івано-Франківської області. Тут були відкриті залишки виробничого комплексу, пов'язаного з ливарною справою – сім зруйнованих печей, що стояли двома паралельними рядами, по три в кожному на відстані 1,5–2 м одна від одної, займаючи прямокутну площу розміром у 20 м². Між ними простежено сліди круглих ям від стовпів, що тримали покрівлю (Балагурі, 1964, с.29). Чи були це наземні споруди, судити

з опису автора важко (Рис.Е.12.2). Окрім згаданих вище ливарних матриць звідси походить знахідка дископодібного зливка бронзи, що міг утворитися на дні горщика; краплинки міді на уламках тонкостінного посуду, круглих кременевих відбійниках і каменях; декілька грудок шлаку, руди. Ці залишки вогнищ-горен слугували для плавлення металу або переплавлення старих бронзових виробів. Як вважав Е.А. Балагурі, це могло б пояснити відсутність металевого шлаку та залишків міді чи бронзи всередині вогнищ-горен. Після закінчення плавлення ці горна могли розбиратись, щоб мати доступ до посудин, в яких плавили метал (Балагурі, 1964, с.33–34). На поселенні ще були відкриті три великі вогнища-горни, обведені глиняними стінками. Вони мали невелике заглиблення й слугували теж для плавлення металу, як вважав Е.А. Балагурі (Балагурі, 1964, с.33, рис. 3).

Існування способу виплавлення металу в горщиках під вугільними купами чи широким плавильним чашам, куди вставляли сопло, засвідчили дослідники давньої бронзової металургії на Дніпровському Лівобережжі. Так, наприклад, на поселеннях БМЗК Іллічівка, Усове Озеро, Щурове, за даними Т.О. Шаповалова та С.С. Березанської, були знайдені великі горщики з міддю і шлаками, уламки ошлакованих горщиків та каменів, що слугували обкладкою куп. Цей метод С.Й. Татаринів описав так. У земляній ямці встановлювався великий побутовий горщик, наповнений дрібно товченою мідною рудою і деревним вугіллям. Після того, як вміст горщика підпалювався, все це засипалося купою деревного вугілля і знову підпалювалося. Купа обкладалася каменями знизу і з боків. Камені слугували для регулювання притоку повітря. Хоча не виключається використання сопел і міхів (Татаринів, 1993, с.54, 55). У такий спосіб (в широким чашам-тиглях зі вставленим соплом) могло проходити як плавлення (Черных, 1970, с.153), так і очищення металу (Саврасов, 1966; Мерперт, Пряхин, 1979, с.23).

Отже, знайдені на Острівському поселенні обпалені камені, дископодібний металевий зливоч та товстостінні уламки горщиків із

краплинками металу є прямим свідченням застосування описаного способу плавлення металу в господарчих посудинах.

Ще одним підтвердженням існування місцевого металообробного виробництва у носіїв культури Ноа є знахідки на поселенні Магала глиняних лячок (Смирнова, 1972, с.15, рис.2:8; с.6, рис.6:12), тиглів, сопел і шлаків, що зустрічалися як у зольниках, так і поза їхніми межами (Рис.Е.9.7,8). Хоча залишки горен там не були простежені (Смирнова, 1969, с.14–50). Необхідно зазначити, що згадки про сопла в подальших публікаціях Магали не зустрічаються. Також немає інформації про залишки металу чи яку-небудь ошлакованість згаданих тиглів і ложок. Тому безпосередніх доказів способу виплавлення металу з руди чи плавлення металу на Магалі наразі не маємо.

На поселенні Стецівка-I Д. Павлів відкрив у заповненні круглої вогнищевої ями (глибина 0,5 – 1,0 м, діаметр 1,0 м) скупчення фрагментів посуду, кісток, шматків шлаку. Л.І. Крушельницька припускає, що вони могли походити від бронзоливарної майстерні, подібної до острівських (Крушельницька, 2006, с.41, рис.19) (Рис.Е.12.1).

На території Молдови на поселенні комарівської культури Котяла "Лохиртоп" знайдено 11 переважно дзвоноподібної форми ям, які за характером знахідок якимось чином були пов'язані з обробкою і литтям металу. На те, що металообробка на поселенні проводилася носіями культури Ноа, вказує невелика колекція кераміки, знайдена тут. Серед знахідок залишків металургійного виробництва є уламки ливарних матриць, лячки (Дергачев, 1986, с.151, рис.40).

Іще є відомості про одну бронзоливарну майстерню з поселення середнього етапу висоцької культури поблизу с. Почапи на Золочівщині, але деталі нам невідомі (Пастернак, 1961, с.423).

2.2.2. Глиняні вироби, пов'язані з металургією

Для розуміння організації металургійного процесу у племен, що населяли Лісостепове Дніпровське Правобережжя за доби бронзи, важливими є не тільки залишки горен та ливарні форми, але й глиняні

вироби, пов'язані з металургією: сопла, плавильні чаші, тиглі, лячки. Сопло – пристрій для штучного подавання повітря, необхідного для протікання окислювальних процесів під час хімічної реакції при відокремленні металу з руди або для розплавлення готового металу. Для культур Лісостепового Правобережжя сопла не відомі.

Одним із видів виробничого інструментарію майстрів-ливарників є так звані плавильні чаші – керамічні товстостінні площки. Їх знаходять на пам'ятках ранньої – середньої бронзи Циркумпонтійської зони та Середньої Європи. Досить часто вони мають сліди дії високих температур – оплавлені краї, губчасту структуру. На внутрішній поверхні фіксуються краплі металевих окислів (Черних Л., 1997, с.54). Можливість виплавки металу з руди в подібний спосіб доведений експериментально (Пряхин, Саврасов, 1993, с.52–71). Таке функціональне призначення чаш відстоює й Л.А. Черних (Черных, 1997, с.54; 2003, с.297–298), С.М. Санжаров та ін. (Санжаров, 2003, с.151–153). Можливе використання майстрами-ливарниками уламків звичайного побутового посуду підтверджується знахідками на Мосолівському поселенні (Пряхин, Саврасов, 1993, с.59) на селищах гірників Бахмутської улоговини Донецького кряжу (Татаринів, 1993) та на поселенні культури Ноа – Острівець (Балагурі, 1964, с.33–34).

Серед керамічного комплексу тшинецько-комарівської КІС існують вироби, які зазвичай пов'язують із металургією – це так звані тиглі-лячки, хоча на жодному з них не відмічені сліди контакту з розплавленим металом (Березанская, 1974, с.115, рис.37:8,9; 1976, с.207, рис.8:10; с.216 – 217, рис.14:15, 36; Rogozińska, 1959, s.101, rys.3). На це звертає увагу і Я. Дамбровський, висловлюючи сумнів щодо застосування цих предметів у ливарній справі (Dąmbrowski, Hensel, 2005, s.7). Усі вони більш-менш однакові за розмірами й формою. Декотрі мають руків'я, інколи із заглибленням (Рис.Е.8.3–5).

Можливо, відношення до металургії мають ллячки з пам'яток культури Ноа (Рис.Е.9.6–8): з Магали (Смирнова, 1972, с.15, рис.2:8; с.20, рис.6:12) та з Острівця (Балагурі, 1964, с.33,34).

2.2.3. Ливарні матриці

У порівнянні з іншими регіонами – такими як Карпатський, Причорноморський – на Лісостеповому Правобережжі ливарних форм знайдено порівняно мало, що вказує на слабкий розвиток місцевої металургії.

На пам'ятках тшинецько-комарівської КІС ливарні форми майже невідомі (Рис.Е.8.1). Єдина матриця яку пов'язують із тшинецько-комарівськими пам'ятками, знайдена на поселенні сосницького типу біля с. Зазим'я Бориспільського району Київської області у 1964 році М.Б. Барбоном (Барбон, Березанська, 1970, с.164–165, рис.2,3). Форма виготовлена зі сланцю – чотирибічна й призначалася для виливання чотирьох предметів: кельта й трьох тесел (Березанская, 1972, с.77, рис.25:1–4).

Інші ливарні форми знайдені випадково на території тшинецько-комарівських племен, а їхня культурна приналежність досі дискутується фахівцями. Серед таких згадаємо ливарні майстерні, що походять з Київської області. До комплексу зі Головурова Бориспільського р-ну входять 12 талькових матриць для відливання кельтів, наконечників списів серпів, кинджалів, бритов (Шарафутдінова, 1973, с.61–70). Шість талькових матриць для відливання кельтів, тесел, кинджалів, ножів, бритов знайдені поблизу с. Дерев'яне Обухівського р-ну (Tallgren, 1926, s.148-149, рис.83). Неподалік с. Мазепинці Білоцерківського р-ну знайдені дві половинки матриць для відливання кельтів і одна половина форми – для кинджалів (Voskarev, Leskov, 1980, s.10, taf. 2:20–21). Із насипу кургану біля с. Іванковичі Васильківського р-ну походить одна половина кам'яної форми з негативами наконечника списа та невідомого предмета (Tallgren, 1926, рис.108:11; Klochko, 1998, s.60, fig.7:7,8).

Дослідження кам'яних ливарних форм В.Ф.Петрунем з'ясувало, що переважна більшість ливарних матриць виготовлялась із порід хлорито-

тально-амфіболового ряду. До цієї групи віднесено й скарб матриць зі с. Дерев'яне. Такі породи характерні для Українського кристалічного щита (Побужжя, Наддніпрянщина, Приазов'я), хоча на сучасну поверхню вони майже не виходять (Петрунь, 1967, с.191–193; Черняков, 1967, с.179; Шарафутдинова, 1985, с.71).

На території, зайнятої племенами культури Ноа, відомо теж небагато ливарних форм (Рис.Е.9.1-5,9). Із поселення Острівець походять форми, виготовлені з світло-сірої (світло-жовтої або інколи навіть рожевої) попелово-карбонатної породи. Такі породи широко розвинуті в неогені Прикарпаття, в Україні та в Молдові (Петрунь, 1967, с.193). На поселенні Магала також знайдений уламок кам'яної ливарної форми з пісковика для виливання листоподібного кинджала і тригранних у перетині браслетів (Смирнова, 1972, с.21).

Ливарні матриці з Острівця являють собою форми для відливання двох безвушкових кельтів, клиноподібного знаряддя та плаского дископодібного предмета. Кожна матриця складається з двох половинок. Тут представлено майже всі зразки предметів, репрезентованих за доби пізньої бронзи на території Центральної та Східної Європи (Балагурі, 1964, с.37, табл.ІІІ:22).

Група матриць зі східної частини поселення:

- форма для виливання наконечника списа (Балагурі, 1964, с.28–39, табл.1:1,2);
- форма для виливання долота, тесла та шила. Складається з двох прямокутних плиток, на одній яких – негативи предметів, а інша слугувала кришкою. Цікавим є те, що негатив шила відтворює виріб у закінченому вигляді, тобто загостреним з обох кінців (Балагурі, 1964, с.29–30, табл.1.7,8);
- дві двоскладові форми для виливання безвухих кельтів (Балагурі, 1964, с.29,30, табл.1:3–6);
- форма для виливання круглого диска і клиноподібного, зігнутого під прямим кутом предмета (Балагурі, 1964, с.29,30, табл.1:9,10).

Привертає увагу те, що вироби, які виливалися в знайдених ливарних формах, належать, в основному, до знарядь праці (кельти, тесла, долота, серпи, ножі) та зброї (спис).

Невеликий уламок, можливо, кам'яної ливарної форми походить зі Стецівки II (Рис.Е.9.9). На ньому зберігся лише бічний отвір (Крушельницька, 2006, с.26, рис.28:18).

На території поширення білогрудівської культури поряд із кам'яними матрицями відомі й глиняні (Рис.Е.10). Так, біля с. Собківка знайдено два уламки талькових матриць, одна з яких – для виливання двовушкових шестигранних кельтів із овальною втулкою. Від кутів леза до центра обідка йдуть додаткові грані (Березанська, Тітенко, 1954, с.125, рис.4). Друга – для виливання вузьких пластин (Тереножкин, 1961, с.106).

Білогрудівським часом датується чотирибічна кам'яна ливарна форма з негативами наконечників списів, що була знайдена у с. Велика Андрусівка Світловодського району Кіровоградської області (Бокий, 1968, с.121, рис.1).

Два фрагменти глиняних ливарних форм з негативами кинджалів списоподібної форми з упором відомі з Білорудівського лісу поблизу с. Пиківка Уманського р-ну, Черкаської обл. (Курінний, 1926, рис.XVIII).

На ранніх пам'ятках висоцької культури ливарні матриці невідомі. Але на середньому етапі є одна бронзова ливарна форма зі с. Почапів для виливання прикраси (Крушельницька, 1976, с.56, рис.22:32) (Рис.Е.11).

Таким чином, залишки виробничих майстерень з плавлення міді-бронзи на території Лісостепового Правобережжя простежені тільки на пам'ятці культури Ноа (Острівець) і висоцької культури (Почапи), тоді як ливарні форми – в ареалі пам'яток тшинецько-комарівської спільності, у культурах Ноа, білогрудівській та висоцькій. У переважній більшості ливарні матриці були кам'яними й слугували для виливання знарядь праці та зброї. Поряд із кам'яними трапляються глиняні матриці (білогрудівський час) та бронзові (висоцька к-ра). Тільки в колекціях із Острівця та Почапів є форми для виливання прикрас – шпильок (Острівець) і підвіски (Почапи).

2.3. Найхарактерніші бронзові вироби

Кінцевою метою всього металургійного процесу є вироби з металу. Щоб висвітлити цей комплекс продукції, коли досліджувані об'єкти походять із різnorodних у культурному відношенні пам'яток, було вирішено обмежитися описанням у загальних рисах найхарактерніших для кожної з культур категорій виробів. При цьому використані типології, розроблені раніше С.С. Березанською, Е.А. Балагурі, І.М. Шарафутдіновою, Л.І. Крушельницькою, С.С. Лисенко.

2.3.1. Бронзові вироби населення тшинецько-комарівської КІС.

Основна маса металевих виробів тшинецько-комарівської КІС являє собою прикраси. Знаряддя праці та зброя трапляються порівняно рідко. Зі знарядь праці відомі тесла, ножі, шила (Рис.Е.4).

Тесла пласкої форми зі закраїнами. Вони походять з культурного шару другого могильника у Народичах (Левицький, 1931, с.232, фіг.39:4); з поселення біля с. Сандраки Хмельницького р-ну Вінницької обл., де разом із білогрудівською керамікою зустрічалась і кераміка тшинецько-комарівського типу (Лагодовська, 1954, с.140, табл.ІІІ:5); з с. Липлява Переяславського р-ну Київської обл. (Березанская, 1972, с.80, рис.26:2); зі с. Тростянець Ямпільського р-ну (Березанская, 1972, с.80, рис.26:4). Перші два вироби фрагментовані.

Долота втульчаті двох типів:

- вузьке прямокутне в перетині з прямим лезом і круглою втулкою, що різко розширюється догори. Знайдене на поселенні Лука-Райковецька (Тереножкин, 1957, с.58, рис.5; Гончаров, 1963, с.292, рис.5:2);
- долото невеликих розмірів із прямим лезом, прямими сторонами та втулкою з овальним петином. Походить з багатошарового поселення біля с. Козинці Переяслав-Хмельницького р-ну (Березанская, 1972, с.81, рис.27:1).

Кельти. Єдиним, знайденим при розкопках, є кельт із шару бронзової доби на поселенні Лука-Райковецька. Він має довгасті пропорції з рівними

паралельними боками, округлою втулкою та прямим лезом. Прикрашений під втулкою двома трикутниками з рельєфних валиків (Гончаров, 1963, с.292, рис.5:1).

Два інших кельти, які С.С. Березанська вважає за можливе віднести до тшинецької культури, походять з с. Долинське (ур. Круг) та зі с. Савинки Корюківського р-ну (ур. Валок). Перший з них – одновушковий, прямокутної форми, з майже рівними боками з ледь помітним розширенням донизу, овальною втулкою і трохи закругленим лезом. Під втулкою прикрашений трьома рельєфними валиками (Березанская, 1976, с.222, табл.ХХІ:8). Другий – видовжених пропорцій з рівними, трохи розширеними донизу боками, підчотирикутною втулкою і прямим лезом, з вушком з одного боку. Нижче втулки прикрашений рельєфним обідком (Березанская, 1976, с.222, табл.ХХІ:5).

Ножі невеликих розмірів із рівним лезом та трохи ввігнутою спинкою відомі з поселень Мошни (Ильинская, 1960, с.55, рис.5), Велика Андрусівка (Максимов, Петровская, 1959, с.23, табл.1:2) та випадкова знахідка з Чигиринського р-ну (Березанская, 1972, с.83, рис.28:2) – всього три примірники.

Шила відомі з поселень Мошни, Пустинка, Бортничі, Обухів, Старосілля (5 прим.). Вони є двох типів:

- короткі, довжиною 4 – 5 см, з чотирикутним перетином, інколи потовщені посередині. Частіше один кінець загострений, хоча трапляються зразки з обома загостреними кінцями;
- довгі, завдовжки до 10 – 12 см, із квадратним або круглим перетином.

Металеві предмети озброєння відомі переважно з випадкових знахідок. З кургану VIII на околиці м. Нетішин Славутського р-ну Хмельницької обл. походить **наконечник списа** (Березанська, Гошко, Самолук, 2004, с.115, рис.3:1; 5:5). Іще можна назвати **кинджали** з Іваня, Кам'янки Бузької, поховання VI Комарівського могильника (Klochko, 1993, s.91, fig.1).

До **кінської збруї**, можливо, належить такий виріб із пос. Пустинка, як крупна бляха, прикрашена двома рядами дрібних “перлин”. На її зворотньому боці залишилися сліди обламаної петельки (Березанская, 1974, с.125, рис. 42:1).

Більш різноманітно представлені прикраси. Це – браслети, різної форми шпильки, фібули, персні, колечка, намистини-пронизки, підвіски, гудзики та ін.

Найбільш поширений вид прикрас у пам’ятках тшинецько-комарівської КІС **браслети**. Виділяють 4 типи:

- багатовиткові зі сегментоподібним перетином з кург.ІІ пох. 5 біля с. Іванів Дубнівського р-ну Рівненської обл. (Сवेशников, 1968, с.163, рис.4-5), з Дорогощі Ізяславського р-ну Хмельницької обл. (Винокур, Гуцал, Мегей, 1985, с.8, рис.20:1-2), Войцехівки Полонського р-ну Хмельницької обл. (Лагодовська, 1948, с.64, 67–68, 71, рис. 3:3,5,6), з Малополовецького-3 Фастівського р-ну Київської обл., (Лысенко, Лысенко, 2001, рис.6:1–2) та Нетішина Славутського р-ну Хмельницької обл. (Березанська та ін., 2004, с.115, рис.3:7,8);
- із підтрикутним перетином з Іваня (Сवेशников, 1990, с.82–85, рис.23:8), Малополовецького (Лысенко, Лысенко, 2001, с.154, рис. 8:1–2), Дорогощі (Винокур, Гуцал, Мегей, 1985, с.8, рис.20:3);
- одновиткові зі спірально закрученими щитками із дроту з круглим перетином; браслети зі спіральними щитками з дроту з круглим перетином та квадратним на щитках. Кількість витків на щитках коливається від трьох до шести. Діаметр самих браслетів та дроту, з якого вони виготовлені, не має сталих розмірів. Цей вид прикрас носився і на руках, і на ногах, що підтверджується знахідками у похованнях (Лагодовська, Захарук, 1956, с.71). Вони походять із Текліного Смілянського р-ну Черкаської обл. (Бобринський, 1901, с.18, табл.ІІ:4), Комарова Галицького р-ну Івано-Франківської обл. (Sulimirski, 1939, s.6, rys.5:3), з Войцехівського могильника – 3 екз. (Лагодовська, 1948, с.67, рис.3.1; Лагодовська, Захарук, 1956, с.71,

рис.2), Буківни Тлумачського р-ну Івано-Франківської обл. (Swiesznikow, 1967, s.66, tabl. VIII:2), з поховання у Барі Вінницької обл. (Sulimirski, 1968, s.171, fig.34:12), з Кустовців Полонського р-ну Хмельницької обл. – 2 екз. (Kostrzewski, 1926, s.115, rys.2:3), Малополовецького-3 (Лисенко, Лисенко, 2001, с. 152, рис. 7:1,2; с. 155, рис.10:1,2; с.156, рис.11:2);

– овальної форми, з круглим перетином – із Черкаської обл. (кол. Канівський п.) (Березанская, 1972, с.87, табл. XXIII:7), із Скурча Торчинського р-ну, Волинської обл. (Kozlowski, 1928, s.102, tabl.XIII:4). Обидва орнаментовані. Перший – шістьма групами паралельних ліній, а другий – орнаментом із груп похилих ліній.

Шпильки зустрічаються п'яти типів:

- із ромбічним щитком-голівкою, прикрашені пуансонним орнаментом із Гуляй-Города Смілянського р-ну Черкаської обл. (Бобринский, 1887, с.102, табл.IX:7,8), з Комарова, кург. 6 (Sulimirski, 1964, s.174, fig.2:h), із обламаною верхньою частиною ромбічного щитка й загнутими всередину боковими кутами з могильника Малополовецьке-3 (Лисенко, Лисенко, 2001, с.156, рис. 11:3);
- підтрикутним щитком, згорнутим вгорі у трубочку, з Іваня (Сवेशников, 1968, с.159, рис.1:11);
- із голівкою у вигляді шляпки з петелькою під нею або без петельки, часто з перекрученим стрижнем у верхній половині: з Малополовецького-3 (Лисенко, Лисенко, 2001, с.152, рис.6:3), з Нетішина (кург. VIII) (Березанська та ін., 2004, с.115, рис.3:2), з Берем'ян Золотопотоцького р-ну Тернопільської обл. (Swiesznikow, 1967, tabl.VI:13), Буківни (Swiesznikow, 1967, tabl.VIII:1), Комарова (Swiesznikow, 1967, tabl. I.1); Путятинців (Swiesznikow, 1967, tabl.V:1);
- із голівкою, згорнутою в петельку з Войцехівського могильника – 2 екз. (Лагодовська, 1948, с.65, рис.2:4,5), Козинців Переяслав-Хмельницького р-ну Київської обл. – 3 екз. (Сікорський, Савчук, 1971, рис.2:8–10);

– із голівкою у вигляді одного спірального щитка – з Войцехівки (Лагодовська, 1948, с.67, рис.2:3).

Серед інших прикрас можна назвати двощиткові **фібули**, що походять з Войцехівки (Лагодовська, 1948, с.65, рис.2:2), Дитиничів, Кустовців, Овруча, Текліного (Березанская, 1972, табл.ХХV:1–4, 7); **колечка** з зімкнутими та розведеними кінцями; із кінцями, що заходять один за другий; **пронизки** двох видів: у вигляді трубочок, згорнутих із прямокутної пластини та трикутних, складених із довільно взятого фрагмента пластини (Гуляй-Город, Нетішин). Інколи пронизки мають пробиті посередині отвори (Гуляй-Город).

Із Войцехівського могильника походить **бляшка-гудзик** (Лагодовська, Захарук, 1956, с.70, рис.1:2).

У кургані 8 Комарівського могильника знайдені дрібні бронзові прикраси, які, можливо, складали разок намиста. Сюди входили два **персні** зі спіральними щитками та дві **лійкоподібні підвіски** із золотими колечками та **спіральки** (Sulimirski, 1968, fig.26:5–6).

Переважає більшість бронзових виробів з пам'яток тшинецько-комарівської КІС знаходить аналогії серед металевих виробів культур бронзової доби на території сучасних Румунії, Чехії, Словаччини, Угорщини та Польщі.

2.3.2. Бронзові вироби культури Ноа.

Через значну кількість скарбів бронзових виробів, знайдених між Прутом і Дністром, культуру Ноа можна вважати найбагатшою металом серед сучасних їй культур на території Лісостепоного Правобережжя України. Це – знахідки з місцевостей Грушки, Держів, Заліщики, Личківці, Олешів, Сидорів, Яблонів та ін. До набору скарбів належать як знаряддя праці, так і прикраси. Знахідки ж на поселеннях та у похованнях зазвичай є дрібними предметами побуту, такими як голки й шила та прикраси у вигляді браслетів, шпильок, кілечок тощо (Рис.Е.5).

Найхарактернішими серед знарядь праці для культури Ноа є серпи. Та переважна більшість знахідок – випадкові. З поселення Магала походять два

цілих екземпляри та фрагмент гачкуватих **серпів** із зольника № 3. Один – із увігнутим лезом та гачком при основі, другий – з гачком при основі та злегка вигнутим лезом і вістрям, трохи загнутим догори (Смирнова, 1969б, с.17, рис.І:28). Серпи такої конфігурації І.М. Шарафутдінова віднесла до V типу за її класифікацією (Шарафутдінова, 1971, с.35–36).

Іще три серпи походять зі скарбу на поселенні Стецівка II Івано-Франківської області Снятинського р-ну (Крушельницька, 2006, с.58, рис. 29:7–11). За Л.І. Крушельницькою вони представляють два типи. Перший – це "продовгастий серп, з пластично виробленими рівчиками і пружками біля п'ятки" (Крушельницька, 2006, с.132, рис.52:6). Другий тип – "із гудзом, що розміщений посередині або внизу п'ятки і двома зміцнюючими пружками вздовж спинки" (Крушельницька, 2006, с.132, рис. 52:3,5,7).

Шиля та **проколки** знайдені на багатьох поселеннях культури Ноа. Вони різняться формою та перетином стрижня. Ці вироби бувають трьох типів: 1) чотирикутні у перерізі з трьома рівними сторонами й однією вигнутою; 2) круглі у перерізі руків'я (Балагурі, 1961а, с.145, рис.6:6,9; Смирнова, 1969б, с.17, рис.7, І:22) та 3) із квадратним у перетині стрижнем, загостреним з одного боку, а з іншого, ближче до руків'я, він набуває круглого перетину й має розплесканий кінець для насадки (Гошко, 2006, с.79 рис.1:4). Третій тип проколок представлений єдиним примірником з культурного шару поселення Воля-IV. Аналогії знаходяться серед проколок з Гордіївського могильника (Berezanskaja, Kločhko, taf:24.6; 37.3).

Трапляються **голки** з пробитим вушком (Смирнова, 1969б, с.17, рис.7, І:26).

За двома негативами на ливарних формах із Острівця відновлюються **кельти** двох типів. Один – безвухий мішкоподібною форми. Нижче втулки орнаментований двома горизонтальними пружками, під якими розташовані висячі трикутники (Балагурі, 1961, табл.І:5,6). Другий – безвухий, гладкий, без слідів, характерної для кельтів культури Ноа арки, із слабо розширеним лезом. (Балагурі, 1961, табл. І:3,4).

Зі зброї відомі **сокиро-молоти**. Л.І. Крушельницька вважає, що два таких вироби, які походять зі с. Іванє Рівненської обл. та Волині й зараховані І.К. Свєшніковим до комарівської культури (Свєшніков, 1968, с.160, рис.1:I,2), насправді ж вони належать до культури Ноа (Крушельницька, 2006, с.138–139). Як аналогії дослідниця наводить вироби з Дражна де Джос (Новикова, 1976, с.34, рис.1.XIV:8), Лозівського скарбу з Молдови, та зі скарбу в Ларзі з Трансільванії (Petrescu- Dombovița, 1977, s.49; Pl. 19:6).

Іще один сокиро-молот був знайдений у скарбі біля с. Стецева Снятинського р-ну, Івано-Франківської обл. (Крушельницька, 1985, с.149, рис.98:11; 2006, с.58, рис.29:6).

За ливарними формами відомі **наконечники списів**: із лавролистим пером із Магали (Новикова, 1976, с.49, рис.4:XII) та з поселення Острівець – із лавролистим пером та довгою втулкою (Балагурі, 1961, табл.I:1,2).

Плаский черешковий **наконечник стріли** знайдено на пос. Магала (Смирнова, 1969б, с.17, рис.7, I:24).

Інші металеві знахідки представлені прикрасами.

Нечисленну і доволі скромну групу прикрас складають **браслети**. Вони найчастіше виготовлені з тонкого дроту і представлені двома типами:

– з перетином круглим, прямокутним чи трикутним; з розімкненими кінцями, неорнаментовані. Походять з могильника й поселення Острівець (Балагурі, 1968, с.139, рис.3:15,16). Фрагмент пластинчастого браслету з двома поздовжніми каннелюрами на поверхні був знайдений на розкопі II пос. Воля-IV Тернопільської обл., Теребовлянського р-ну (Ситник, 1994; Гошко, 2006, с.79, рис1:2).

Перше місце серед прикрас за кількістю посідають **шпильки**. Дослідниками виділяється п'ять типів.

– шпильки із розплесканою і згорненою у петлю голівкою (Балагурі, 1961, с.48, рис.4:11,13; 1961а, с.145, рис.6:3–5,7,8; Смирнова, 1969б, с.17, рис.I:27);

- шпильки із виступами або потовщеннями на стрижні. Часто останні мають отвори, що знаходяться у верхній частині стрижня, від голівки донизу (Смирнова, 1969а, с.17, рис. 7, І:25; Балагурі, 1961а, с.145, рис. 6:1);
- зустрічаються шпильки з кулястою голівкою та навскісним отвором у ній (Балагурі, 1961, с.34, табл.ІІ:1; Смирнова, 1972, с.15, рис.2:5);
- шпилька з кільцеподібною голівкою з пос. Магала І Чернівецької обл., Садгорського р-ну (Смирнова, 1957, с.105, рис.39:8). Цю шпильку вважаємо за потрібне віднести до металу Ноа, бо за Г.І. Смирновою Магала І відповідає пізньокомарівському часу, що за класифікацією І.К. Свєшнікова одночасний культурі Ноа (Смирнова, 1978, с.68–72).
- із поселення Острівець походить шпилька кіпрського типу, з Т-подібно згорненою у спіраль голівкою і спіральним диском на стрижні (Балагурі, 1968, с.139, рис.3:7).

Серед дрібних прикрас можна назвати **хрестоподібні підвіски** (Балагурі, 1968, с.139, рис.3:8; Смирнова, 1969а, с.17, рис.7, І:21), дротяні **спіральні щитки-підвіски** (Балагурі, 1968, с.139, рис.3:22), **кільця, бляха та гудзик** з петелькою на зворотньому боці (Балагурі, 1968, с.139, рис.3:17–19).

Набагато більшу різноманітність демонструють металеві вироби племен культури Ноа, відомі за скарбами. Тут зустрічаються як знаряддя праці, так і прикраси (Балагури, 1985, с.481–489).

2.3.3. Бронзові вироби білогрудівської культури.

Бронзові вироби на пам'ятках білогрудівської культури нечисленні й менш різноманітні порівняно з описаними вище культурами (Рис.Е.6). Форму знарядь праці, як і зброї, можна відновити, в основному, лише за матрицями. Це, насамперед, матриця зі Собківки (Березанська, Тітенко, 1954, с.125, рис.4). Подібної форми кельти О.І. Тереножкін умовно відносить до білогрудівської культури (Тереножкін, 1961, с.131). Із с. Калантаїв Кіровоградської обл. походить **кельт** одновушковий з овальною втулкою та масивним обідком (Бокий, 1968, с.123, рис.2:4); двовушковий кельт

кардашинського типу, орнаментований заштрихованими рельєфними трикутниками, опущеними вершиною донизу (Тереножкин, 1961, с.131).

Уламок леза **ножа** з пласкою, широкою та трохи скошеною спинкою, вздовж якої з одного боку проходить неглибока борозенка знайдений біля с. Велика Андрусівка (Покровська, Петровська, 1961, с.143, рис.11).

Предмети озброєння представлені **кинджалами** двох типів. Один із них списоподібної форми з ромбічним потовщенням в основі руків'я і нервюрою вздовж клинка (Сандраки, Чикалівка). Кинджал із Сандраків описаний О.Ф. Лагодовською як наконечник списа (Лагодовська, 1954, с.139, табл.ІІІ:4). До другого типу відносяться кинджали з паралельними лезами й більш чи менш довгим черешком з Дерейвки та Андрусівки (Лесков, 1967, с.152).

Умовно до кінської зброї відносимо круглу в плані **бляху**, що має трохи випуклу поверхню й петельку на звороті. По периметру вона прикрашена дрібними “перлинами”, продушеними зсередини (Рибалова, 1961а, с.22, рис.11:1). Бляху було знайдено в кургані 2/7 могильника в с. Печери Шпиковського р-ну Вінницької обл. (Артамонов, 1948, с.117–181; 1955, с.113).

Три інших предмети, що їх так само, як і бляху, умовно можна віднести до кінської зброї, – це вилиті **кільця** невеликого діаметру (Даниленко, 1956, табл.VІІІ; Рибалова, 1961, с.22, рис.11:2,3).

Із прикрас білогрудівської культури відомі браслети, шпильки, скроневі підвіски, каблучки.

Браслетів нараховується три типи. Два багатовиткових із сегментоподібним перерізом **браслети** походять з Чеботарки Тульчинського р-ну, Вінницької обл. (Козловська, 1930, с.31-34, табл.IV:1,2), зі Сморгви Млинівського р-ну Рівненської обл. (Никольченко, 1974, с.332,333); – із дроту круглого у перерізі на півтора витки зі Собківки (Березанська, Тітенко, 1954. с.125, рис. 3.3) та два з кургану 1/5 Печерського могильника

(Рыбалова, 1961, с.22–23, рис.11:4,5). Два останніх орнаментовані групами похилих ліній.

– браслети так званого ”лужицького типу”, з широкої пластини, що звужується до кінців, закручені у півтора оберти: з Бабичів Каневського р-ну Черкаської обл. (Березанская, 1972, табл.XXV:18), Мар’янівки Бердичівського р-ну Житомирської обл. (Sulimirski, 1936, s.44, tabl.X:2,2a), Козинців Обухівського р-ну Київської обл. (Лысенко, 1999, с. 120–121, рис. 3.3), Погребів Броварського р-ну Київської обл. (Сікорський, Савчук, 1971, с.69, рис.3:17), Вітачева Обухівського р-ну Київської обл. (Березанская, 1972, с.85, табл.XXIII:1). Браслети цього типу прикрашені характерним чеканим орнаментом у вигляді 2 – 3-х груп попарно розташованих дуг, вигнутих до центру і заповнених косою штриховкою. Пари дуг розділяють смуги горизонтальних ліній, інколи обрамлені дрібними трикутниками. Кінці браслетів вкриті поперечним зигзагом.

Шпильки зустрічаються трьох типів:

– із голівкою, що зформована з розклепаної верхньої частини стрижня і згорненої у петельку – із Сандраків (Лагодовська, 1954, с.139, рис.3) та з В. Андрусівки (Бокий, 1968, с.122, рис.1:17);

– із голівкою у вигляді кульки з Чеботарки – 2 екз. (Козловська, 1930, с.33, табл.IV:6,7) чи конуса з Луки-Райковецької (Левицький, 1931, рис.39:1);

– із кільцеподібною голівкою – дві шпильки зі с. Бобриця Черкаської обл. Каневського р-ну (Даниленко, 1956, табл.VIII:3,4), з Підгірців Обухівського р-ну Київської обл. (Даниленко, 1956, табл.VIII:1), з В. Андрусівки Каневського р-ну Кировоградської обл. (Покровська, Петровська, 1961, с.143, рис.11:1); Литвинівки-1 Вишгородського р-ну Київської обл. (Лысенко, Потельчак, 2003, с.180, рис.4:5).

До білогрудівського часу, скоріше за все, можна віднести шпильку із голівкою у вигляді двох, закручених у різні боки, щитків (один одламаний) – зі Сморгви. Вона була знайдена у похованні, зруйнованому будівельниками разом із багатовитковими браслетами, згаданими вище, та шпилькою з

голівкою у вигляді великої петлі, що закінчується маленькою петелькою (Нікольченко, 1974, с.333; РКМ, II АК 779/2). Подібні шпильки походять з пос. Городок біля с. Волинцеве Путівльського р-ну Сумської обл. – 2 екз. (Березанская, 1957, с.33, рис.9:8,10 та зі с. Дерев'яне Костопільського р-ну Рівненської обл. (фонди РКМ).

Скроневі підвіски білогрудівського типу – досить поширений вид прикрас. Вони походять зі с. Білий Камінь Вінницької обл. Чечельницького р-ну (Макаревич, 1941, с.466, рис.25), Собківки Черкаської обл. Уманського р-ну (Березанська, Тітенко, 1954, с.125, рис.3:4), Бобриці Черкаської обл. Каневського р-ну (Даниленко, 1956, табл.VIII:18), В. Андрусівки Черкаської обл. Канівського р-ну – 2 екз. (Бокий, 1968, с.122, рис.2:1,2).

Дрібнішими прикрасами є невеликі **“каблучки”** з тонкого дроту – плаского та круглого у перетині (Собківка, В. Андрусівка); уламки **спіральних щитків** з круглого у перетині дроту (Бобриця, Козинці, Народичі, Пересопниця).

2.3.4. Металеві вироби з Гордіївського могильника.

Опис металевих виробів із Гордіївського курганного могильника Вінницької обл., Тростянецького р-ну, через їхню унікальність, вважаємо за потрібне подати окремо, хоча переважна більшість фахівців вбачає у ньому елітний могильник білогрудівської культури (Клочко, 1998, с.343–351; Отрощенко, 2005, с. 197; Лисенко, 2005, с.40–41; Бандрівський, 2005, с.215). С.С. Березанська відносить його до центральноєвропейської курганної культури (Березанская, 1999).

Всього у похованнях могильника знайдено 90 бронзових виробів. Серед знахідок у Гордіївському могильнику виділяються наступні категорії предметів, які зараховані до знарядь праці та предметів побуту: ножі, проколки, голки. Знаряддя праці складали невеликий відсоток інвентарю.

Серед знарядь праці найбільш представницьку категорію складають **ножі**. Всього в могильнику знайдено 14 ножів – 10 бронзових (із курганів 6, 7, 13, 15, 18, 19, 24, 26, 28, 31). Два ножі біметалеві: один із залізним лезом і

бронзовим руків'ям з кург. 38, другий, з кург.35, має залізні клинок та руків'я, обгорнуте золотою пластиною. Два залізних ножі походять з кургану 5, пох.2 та 37. Серед бронзових ножів виділяються два типи. Перший з них складають однолезові ножі з прямою спинкою та коротким, прямокутним у перетині й розклепанним на кінці черенком (*Griffdornmesser*). Вони походять з курганів 19 і 28. Аналогії ножам цього типу є в культурах Кослоджени, Монтеору (*Morints*, 1978, s.136). Варіантом першого типу можна рахувати ніж із кург. 13, який має коротший клинок і горбату спинку.

До другого типу відносяться однолезові ножі з пласким руків'ям (*Griffplattmesser*). Вони досить різноманітні. Так ніж із кург.7 із прямою спинкою та трьома заклепками на руків'ї має аналогії на території Угорщини (*Mozsolcs*, 1985, s.80, 83) у скарбах I і II в Мікенах (*Muller-Karpe*, 1980, Taf. 232.11).

Ніж із кург.6 із прямою спинкою, загнути догори кінчиком леза й коротким пласким руків'ям із двома заклепками. Йому паралелі спостерігаються в ножах із *Sudostliches, Sizilien, Cassabile, Prov. Siracusa* (*Muller-Karpe*, 1959, s.15–21, Taf. 4.E3, G2, H2).

Ніж із кург. 24 з горбатою спинкою й пласким руків'ям із чотирма заклепками. Аналогії має у *Domanin, Bez. Hondonin, Mahren* (*Řihovský*, 1972, s.32, Taf. 9.101).

Ніж із кург. 24 з горбатою спинкою та коротким пласким руків'ям із двома заклепками. Аналогічний примірник знайдений на поселенні *Nyiregyhaza* в північній Угорщині (*Kemenczei*, 1984, Taf. CXXXI.3).

Ножу із кург. 15 із багатоорнаментованим лезом є аналогія у скарбі *Besenova* в Словаччині (*Novotná*, 1970, s.130, Taf. XXV).

Повні аналогії ножу з кург.31, який має пряме лезо й пласке кільцеподібне навершя, невідомі. Так саме невідомі аналогії біметалевому ножу із кург. 38 з пласким бронзовим руків'ям, дископодібним навершям та чотирма заклепками і залізним клинком, що має горбату спинку.

Знайдені в гордіївських похованнях **проколки** мають довгий, квадратний у перетині стрижень, з одного боку загострений, а з іншого, ближче до руків'я, набуває круглого перетину. Протилежний кінець розплесканий для насадки руків'я з дерева або трубчастої кістки тварини. Довжина проколок коливається від 8 до 12 см.

Голки у перетині круглі, вушка зроблені шляхом пробивання довгастого отвору в розплесканому кінці.

До знарядь праці належить **предмет** з кург. 32 пох. 2, в публікації названий гвіздком (Berezanskaja, Klochko, 1998, s.42, taf.61:4). Предмет має підквадратну шляпку, квадратний перетин і пласке вістря.

До зброї (парадної чи ритуальної, яка об'єднує владні чи сакральні функції) відносимо “**стилети**” з кургану 16. Вони мають форму шпильки, але масивніші. Навершя – біконічної форми, нижче розташоване перехрестя з чотирьох виступів-протуберанців. В середині вироби порожнинні більше ніж на 2/3 довжини. Дві третини площі виробів прикрашені чеканим “ялинковим” орнаментом і заштрихованими гострокутними зигзагами. Щодо можливості віднесення цих виробів до зброї свідчать знахідки “кинджалів-стилетів” в ананьїнській культурі VIII – VI ст. до н. е., які були знайдені в похованнях воїнів. Вони лежали або біля поясу або разом з іншою зброєю – у головах. На одному примірнику лишився портупейний ремінець, що прикріплювався нижче перехрестя (Халиков, 1977, с.175-176, рис.66). Наостанок згадаємо гіпердовгу шпильку зі скарбу Опай, яка має вушко під перехрестям, можливо для кріплення до поясу (Mozsolics, 1963, taf.V:6).

Інші предмети озброєння представлені **вістрями стріл** двох типів (по одному примірнику) і фрагментами залізного **меча**. Наконечник стріли з кургану 34 плаский дволопатекий, черешковий з трикутною голівкою. Видовжені кінці лопатей утворюють шипи, один з яких довший за інший. Черенок зплащений, короткий.

Другий наконечник стріли з кург. 35 дволопатеий втульчастий з трикутною, ромбічною в перетині голівкою. Кінці лопатей утворюють шипи. Втулка довга, гранчаста в центральній частині.

Із предметів кінської вуздечки знайдено бронзові двочастинні **вудила** зі стременоподібними закінченнями. Тричастинними кільчастими вудилами автори публікації вважають ланцюжок із трьох великих і трьох малих кілець, що прикріплені на двох крайніх великих кільцях – два з одного боку і одне з іншого. З цих же поховань походять і бронзові дископодібні **бляхи** з петельками на зворотньому боці та бронзові кільця у перерізі підквадратні та підтрикутні. На внутрішній поверхні вони мають сліди значної спрацьованості. Тому вважаємо можливим віднести ці предмети теж до кінського спорядження.

З кінською вуздечкою, найімовірніше, пов'язані й **дзвоникоподібні підвіски**. Серед них можна виділити чотири типи: 1) видовжених пропорцій з найбільшим розширенням у нижній частині тулуба; 2) більш приземкуватих пропорцій з найбільшим розширенням у середній частині тулуба; 3) приземкуватих пропорцій з найбільшим розширенням у середній частині тулуба та з наскрізними двома чи чотирма трикутними отворами на тулубі; 4) підвіски з виділеною високою шийкою видовженим майже рівним тулубом і чотирма трикутними отворами на ньому. Віддаленими аналогіями Гордіївським підвіскам можна вважати підвіски з поховань білозерської культури з могильників біля с. Степове, Збур'ївка, Лук'янівка (Отрощенко, 1986, рис. 43. 3–5). Ливарні форми для відливання таких підвісок є в Завадівській ливарній майстерні (Voškarev, Leskov, 1980, taf. 15. 154b).

Амулети. Диск за формою подібний до колеса з маточиною та отвором у центрі, прикрашений врізним орнаментом, який являє з себе чотири пучки променів, що розходяться від центру. По обідку нанесений ялинковий орнамент, розділений на відрізки поперечними лініями (кург. 25). Інший диск – простішої форми (кург. 31) теж має посередині отвір. Він прикрашений гравійованим орнаментом у вигляді семи пучків променів.

Із прикрас треба відзначити браслети й шпильки. Серед **браслетів** виділяються три типи:

- овальний, вилитий, у перетині круглий. Прикрашений похилими чеканними, заштрихованими всередині смугами. Аналогічний браслет був знайдений у Каневському р-ні Черкаської обл. (Березанская, 1972, табл. XXIII);
- багатоспіральні з круглого у перетині дроту закручені в 6 – 7 обертів й орнаментовані групами косо розташованих смуг. Найближча аналогія відома з Печерського могильника Шпиківського р-ну Вінницької обл. (Рыбалова, 1961, рис. 11.4);
- багатоспіральні (у 4 оберти) зі спіральними щитками, прикрашені аналогічним чеканним орнаментом. Найближчою аналогією є браслет з могильника в с. Буківна Тлумацького р-ну Івано-Франківської обл. Як віддалені аналогії їм можна розглядати браслети зі скарбу Zaleze, woіw. Krosno, що в Польщі (Blajer, 1984, Taf.102:29–36), браслети з поховання класичної фази передлужицької культури з Kietz, pow. Glubczyce grob 1143 (Gedl, 1975, Tabl. IX:2–3).

Умовно до браслетів у публікації віднесено два масивні порожнинні **вироби** з сімома дрібнішими долитими кільцями – „шумливі” браслети, які, можливо, виконували роль музичних інструментів.

Шпильки у Гордіївському могильнику представлені двома типами:

- із кулястими голівками й прикрашеним чеканкою стрижнем. Аналогії таким шпилькам відомі в Румунії, в скарбах Altina, Razboieni-Cetate, Uioara de Sus (Petrescu-Dîmbovița, 1977, Pl. 113.7; 181.7; 268.33-4). Такі шпильки характерні для лужицької культури Словаччини, для раннього періоду урненфельд Південної Німеччини й середнього Дунаю (Novotná, 1980, Taff. 37–38).
- “гордіївського типу” із маленькими кільцеподібними голівками й трьома чи чотирма вилитими кільцями під ними. Вони також прикрашені чеканним орнаментом. Прямі аналогії цим шпилькам невідомі.

Багатовиткові бронзові **персні** зі спіральними щитками (2 екз.) походять з кург.9. Тут же знайдені й дві спіральні **каблучки**.

До інших дрібних бронзових виробів відносимо дві **накладки** на вінця дерев'яних посудин (кург. 21). Обидві зроблені з тонких фігурних пластин із гвіздочками для кріплення. Знахідки подібних пластин відомі в пам'ятках БМЗК (Leskov, 1981, taf. 3.53–63; Отрощенко, 1984). Іще знайдені дротяна бронзова **скоба** (від дерев'яної посудини ?) з кург. 40 та два бронзових **кільця**, помилково видані як срібні (кург.23).

2.3.5. Металеві вироби висоцької культури.

Через те, що хронологія та поділ на фази розвитку висоцької культури знаходяться у процесі становлення, характерні вироби ранньовисоцької культури (Рис.Е.7) подані за: (Бандрівський, Крушельницька, 1998).

Знаряддя праці представлені долотами, серпами та ножами.

Долота зустрічаються трьох типів:

- втульчате, з рівними боками, трохи закругленим лезом. Втулка лійкоподібно розширена догори (Бандрівський, Крушельницька, 1998, с.218, рис. 18:42);
- із квадратним перетином, з паралельними гранями, що на кінці різко розширюються, і рівним робочим краєм (Бандрівський, Крушельницька, 1998, с.218, рис.18:3);
- круглий перетин верхньої частини нижче набуває прямокутного перетину і далі плавно звужується до прямого вузького леза (Бандрівський, Крушельницька, 1998, с.218, рис.18:44).

Серпи відомі двох типів – з довгою п'яткою та кріпильними реберцями – з Лугового та Крехова (Бандрівський, Крушельницька, 1998, с.199, рис.4:27–29) та серпи із гудзами на п'ятці з Неділіськ, Лугового та Ясенова (Бандрівський, Крушельницька, 1998, с.218, рис.18:35–37).

Цікавими є бронзові **ножі**. Вони мають злегка профільовану спинку та коротке руків'я з пазами для закріплення накладок з органічного матеріалу.

На кожному руків'ї пробито отвори для заклепок, якими закріплювалися накладки (Бандрівський, Крушельницька, 1998, с.219–224).

До речей домашнього вжитку відносяться бронзові **бритви** з округлим лезом і цвяхоподібним виступом на спинці та петлеподібним навершям на руків'ї. Вони походять з Гончарівки (Szłankowna, 1938, s.301), Зеленчі (Sulimirski, 1931, tab.XXVI:19) та Петрикова (Бандрівський, 2002, с.57, рис.23:1). На примірнику із Зеленчі руків'я не перекручене, як у двох інших.

Металева зброя раннього періоду представлена двома бронзовими мечами та вістрями стріл:

- **меч** із с. Карів Рава-Руського р-ну Львівської обл. – із суцільно вилитим руків'ям та зі Завадинців Городоцького р-ну Хмельницької обл. – із язикоподібним руків'ям (Бандрівський, Крушельницька, 1998, с.218, рис.18:39);
- **наконечники стріл** черешкового типу із жальцями (Гончарівка, Вороців, Петриків).

Великий відсоток серед металевих виробів висоцької культури складають прикраси: браслети, шпильки, скроневі підвіски.

Одними з найраніших бронзових виробів, час побутування яких синхронний з раннім періодом розвитку висоцької культури, є гривна з Олеська Бродівського р-ну на Львівщині, прикрашена поперечно прокресленими смугами, які чергуються з ялинковим орнаментом (Крушельницька, 1985, с., мал.) та два масивні браслети з Лугового, орнаментовані групами прямих поперечних або косих насічок (Sulimirski, 1931, tab.XXVI:6).

Частіше **браслети** у ранньовисоцькій культурі виготовлялись з перекрученого дроту, квадратного у перерізі (Sulimirski, 1931, tab.XXVI:6). Оригінальний тип ранньовисоцьких браслетів – вилиті із округлими щитками. Вони відомі на обмеженій території, що охоплює верхів'я річок Західного Бугу, Стиру та Серету (Sulimirski, 1931, tab.XXVI:2,18; Бандрівський, 2002, с.57, рис.23:4). Примірник із Петрикова – єдиний з

відомих, який орнаментований групами насічок у вигляді ялинки. Браслети такого типу пов'язуються з ульвівськими та висоцькими пам'ятками (Павлів, 1993, с.32–34. рис.2:1–5).

Шпильки відомі двох типів:

- із протуберанцями на стрижні (Висоцьке, Лугове, Улашківці);
- із кулькоподібною, інколи трохи сплющеною голівкою з наскрізним отвором (Лугове);

Дрібні прикраси представлено скроневими **підвісками** білогородівського типу з Почапів (Крушельницька, 1972, с.36, рис.2:2), Гончарівки (Sulimirski, 1931, tab.XXV:21); багатоспіральним **перстнем** із двома спіральними щитками з Лугового (Sulimirski, 1931, tab.XXV:38), або звичайними **кільцями** з розведеними кінцями, окуляроподібними підвісками (Sulimirski, 1931, tab.XXV:46), **утримувачами волосся**, **гудзиками**, **сережками** тощо. (Sulimirski, 1931, tab.XXV:41; Бандрівський, 2002).

2.4. Методи дослідження виробів з міді-бронзи та інших залишків металургійного виробництва

Вивчення всіх археологічних артефактів, у тому числі металевих виробів і металургії взагалі, потребує специфічної методики, оскільки археологічні об'єкти позбавлені мовної інформації. Тому археологи, особливо в останні десятиліття, так наполегливо використовують природничі науки, адже дослідження на стику наук дають багато нової і важливої інформації для вирішення суто історичних проблем. Потрібну інформацію археологія навчилася здобувати за допомогою методів фізичних, хімічних, геологічних, біологічних та інших наук, які й досі не вичерпали своїх можливостей.

Провідне місце в методиці вивчення давньої техніки й технології поряд із традиційними морфологічним і типологічним методами наразі займає структурний аналіз – металографічний та петрографічний, спектральний аналіз, фізичне моделювання, трасологічний метод.

Найперше поєднання археології та природничих наук відбулося в царині досліджень давнього металу. Давня металургія стала важливим полігоном, де дослідники проводять найбільш ґрунтовні дослідження, застосовуючи не тільки традиційні археологічні методи, але й фізико-хімічні – металографічний і спектральний.

Мету спектрального аналізу металу на сьогодні можна сформулювати трохи під іншим ракурсом по відношенню до традиційного спектрально-аналітичного методу, що був розроблений Є.М. Черних. Визнаючи генетичний зв'язок металу з рудною сировиною, необхідно більше уваги приділяти не тільки з'ясуванню хімічного складу виробів, але й звертати увагу на присутність металів-домішок та інших елементів, що характеризують рудні породи, обов'язково досліджувати мінеральний склад (також і хімічний) шлаків давньої металургії. Такий підхід сформульований в роботах геолога В.І. Манічева (Klochko, Manichev, та ін., 2000; Ключко, Манічев, 2002; Klochko, Manichev та ін., 2003). Бо світовий досвід вивчення родовищ міді доводить, що присутність високого вмісту домішок у рудах є скоріше правилом, аніж винятком. У них можуть бути домішки Sn, As, Pb, Zn, Ag, Au, Ni, Sb, Co, Mo та ін., що встановлюється промислово-генетичним типом родовищ: міднопорфірові орудніння, стратиформні, колчеданні, мідноскарнові, мідно-нікелеві, залізорудно-мідні, карбонатного типу. Для кожного з цих оруднень характерні свої хімічні елементи-домішки.

Таким чином, завдяки присутності у мідевміщуючих рудах великої кількості міді та домішок в них, давні металурги могли виплавляти метал на основі міді з різними природними домішками супутніх металів. На цей момент звертав увагу В.О. Галібін (Галибин, 1991, с.59–69). Тому, маючи на меті встановлення міднорудного джерела, необхідно дотримуватися геохімічних критеріїв і обов'язково з'ясовувати не тільки якісний але й кількісний склад металів-домішок. При встановленні шляхів надходження металу на терени Правобережної Лісостепової України в даній роботі був застосований саме цей підхід.

Для з'ясування хімічного складу металевих виробів учені всього світу часто використовують рентгенівський фазовий аналіз. Виявилося, що існують додаткові можливості в його використанні. Вони були продемонстровані роботою Л.В. Демченко, В.І. Ключка та В.І. Манічева, коли вони, порівнявши хімічний склад сировини глиняних ливарних форм із місцевими глинами, довели їхню ідентичність (Демченко, Ключко, Манічев, 2000, с.41–42).

Роботи, пов'язані з використанням спектрального, структурного та трасологічного аналізів, безумовно, відкривають завісу над такими моментами діяльності давніх металургів, які неможливо реконструювати за допомогою традиційних археологічних прийомів (візуального, типологічного). Тому проведення досліджень із моделювання процесів металургії та металообробки є особливо актуальним.

Фізичне моделювання процесу з максимальним наближенням до давніх умов дозволяє уявити його технологію. Так, наприклад, при моделюванні металургійного процесу, можна заміряти в горні температуру й силу дуття, зробити металографічні, петрографічні, хімічні та інші аналізи металів, шлаків, руд, газів та ін. Знаючи заданий режим і технологію експерименту, а в результаті всебічних аналізів – склад і структуру отриманих при моделюванні продуктів і залишків виробництва, можна досить повно й об'єктивно порівняти з ними конкретний археологічний матеріал та реконструювати давній процес. Але тут необхідно завжди пам'ятати, що досліді з моделювання цього процесу проводить сучасна людина з навичками й знаннями, які були відсутніми в давнину.

Дослідницькі роботи включають експерименти з випалювання вугілля, моделювання теплотехнічних споруд, виготовлення пристроїв для штучного дуття – сопел і ливарних форм, виплавлення металу з руди, отримання литва та його ковальська обробка. Може проводитися моделювання як всього процесу (Агапов, Кузьминых, Терехин, 1989, с.100–108; Саврасов, 1996,

с.135-158; Ровира, 2005, с.198–203), так і його окремих етапів (Саврасов, 2005, с.263–266; Черняков, Єлісєєв, 2003, с.102–111).

Дуже цікаві результати дали експериментальні роботи з виготовлення ливарних матриць із глини та каменю, виливання в них бронзових предметів (Черняков, Єлісєєв, 2003, с.102–111). Встановлено надійність і довготривалість використання талькових матриць, бо кожна може витримати до 400 відливок. В той же час глиняна ливарна матриця витримувала лише 5 відливок. Іще одним важливим моментом є необхідність нагрівання форми для отримання литва із гладенькою поверхнею (Черняков, Єлісєєв, 2003, с.109).

У дослідженнях технологій давньої металургії, а саме використання кам'яних ливарних матриць, важливе місце посідають роботи мінерологів та петрографів. В.Ф. Петруню вдалося, часто без виготовлення шліфів, з'ясувати мінеральний склад порід в імерсійних препаратах, а крупнозернистість більшості переглянутих порід дозволила встановити структурно-текстурні ознаки макроскопічно та в результаті розділити матриці за складом каменю на групи й підгрупи. Він звертав увагу на те, що поділ матриць тільки за однією якоюсь ознакою використаного матеріалу, наприклад за забарвленням, обов'язково призведе до помилкового висновку (Петрунь, 1967, с.185–194). Прикладом можуть бути острівецькі форми, які за Е.А. Балагурі є з пісковика, а насправді виявилися виготовленими з попелово-карбонатних порід і відображають належність їх до кола пам'яток карпато-трансильванського, а не придніпровського металургійного центру доби бронзи (Петрунь, 1967, с.193–194). Через це В.Ф. Петрунь наголошував на тісному співробітництві археологів з мінералогами і петрографами для розв'язання “стикових” завдань (Петрунь, 1967, с.10). Вивчаючи матеріал кам'яних ливарних матриць доби пізньої бронзи з Північного Причорномор'я, В.Ф. Петрунь установив, що навіть в одному скарбі можуть існувати матриці різного породного складу (у межах ряду) (Петрунь, 1967, с.189).

Заслужують на увагу експериментальні плавки мідної руди з Донецького регіону, проведені В.Й. Манічевим. При цьому були отримані як чиста мідь, так і бронза. Перша група зразків чистої металевої міді була отримана з мідної руди з родовищ Пилипчатине і Картамиш, а друга група – з сульфідних руд, що також походять з Картамиша (Клочко, Манічев, Бондаренко, 2005, с.111–123).

Металофізичні методи дослідження, до яких належить і рентгеноспектральний, і рентгеноструктурний аналізи, метод оптичної та електронної мікроскопії, на сьогодні чи не найбільш популярні серед археологів. Застосування цих комплексних методів дає можливість отримати інформацію про хімічний і структурний стан металу. Структурний метод дає можливість встановити за тим, чи іншим типом структури металу розкрити способи його виробництва і обробки. Дослідження серій металевих виробів дозволяє виявити конструктивні схеми й технологічні варіанти обробки металу й сплавів, характерних для різних культур і територій, походження виробів (місцеве виробництво чи імпорт готових виробів, або ж мова може йти про поступове проникнення й розповсюдження техніки виробництва та обробки металу). Технологічні схеми серій виробів дозволяють інколи говорити й про форми цього розповсюдження.

Із початку застосування металографічного методу досліджень давнього металу, зокрема міді та бронзи, для розшифровки структур використовували сучасні промислові атласи. Але досить часто траплялося, що їхнє застосування неможливе через те, що давні кольорові метали мають інший склад, а технологія їх обробки помітно відрізняється від сучасної. Тому постала необхідність створення еталонних структур давнього металу. Над цією проблемою плідно працюють Н.В. Риндіна, І.Г. Равич та ін. (Рындина, 1971, с.45–46; Равич, Седов, Шемаханская, 1982, с.19–34; Равич, 1983, с.136–143; Равич, Рындина, 1984, с.114–123; Равич, Рындина, 1989, с.92–99).

Дана робота базується на вивченні технології виготовлення виробів з міді та бронзи, на основі металографічного методу дослідження структури

металу за допомогою оптичної мікроскопії, для чого необхідне приготування зразків.

Перед тим, як приступити до дослідження структури (для цього з виробу вирізається невеликий фрагмент), необхідно провести докладне візуальне обстеження поверхні предмета, яке часто дає багато додаткової інформації про технологію виготовлення кожного окремого екземпляра примірника, без цього чисто металографічний аналіз втрачає повноту.

Одним із найпоширеніших способів отримання виробів із кольорових металів є лиття. Ливарники користувалися різноманітними способами: виливанням у тверді ливарні форми (частіше за все кам'яні), пластичні форми (глина), за восковою моделлю зі збереженням форми, за восковою моделлю зі втратою форми. Морфологічний аналіз дозволяє іноді виявити, в який спосіб майстер виливав ту чи іншу річ. Хоча це вдається не завжди, бо завершальна обробка виробу – доробка куванням, шліфуванням чи поліруванням – могла знищити всі сліди лиття.

Так, наприклад, при відливанні виробу в однобічній матриці з кришкою, за умови нещільного прилягання обох, лишається ливарний шов, що буде розташований ближче до одного з боків литва (Рибаков, 1948, с.147).

Воскова модель допускає отримання литва дуже складних об'ємних конфігурацій. Якщо поперечний переріз деталей може бути рівним або меншим за 180° , то така форма могла використовуватися багаторазово. Коли ж переріз був більшим за 180° , то у такому випадку метал заклинювався у формі й виїняти виріб можна було тільки розламавши форму (Рибаков, 1948, с.158).

Отже, вивчення технології виготовлення предмета починається з поверхневого огляду під бінокулярним мікроскопом МБС-9 або лупою.

У першу чергу, візуальному аналізу підлягають виявлення таких видів ливарних вад як затікання металу, усадочні раковини, розпори та недолив, які часто зустрічаються на давніх бронзових виробах. Через те, що для переважної більшості виробів епохи бронзи виливалася спочатку заготовка,

то доводиться приділяти пильну увагу виявленню ливарних швів, що утворюються при затіканні металу між стулками ливарної форми.

Усадочна раковина – це дефект структури, пов'язаний з охолодженням відливки у формі, яке супроводжується зменшенням її ливарних розмірів. Сплави міді, що кристалізуються у вузькому температурному інтервалі, мають схильність до утворення скупчених усадочних раковин, що розташовуються у верхній частині, яка застигає пізніше (Атлас литейных пороков, 1958).

Розпори (місцеві потовщення) утворюються на відливках під дією тиску металу на стінки вставного стрижня. Складність виймання вставних стрижнів з відливка й бажання зробити його більш піддатливим змушувало майстра шукати такі матеріали, які б підходили для цієї мети. Наприклад, для формування воскової моделі з цією метою могли використовуватися центральні стрижні з дерева, або навіть туго перев'язаний жмут соломи, можливо обмашений глиною. В такому випадку спостерігається наявність характерних розпорів всередині литва, що пояснюється усадкою матеріалу, яка призводить до його стискання, відтворюючи при цьому у внутрішній порожнині контури стрижня, що біконічно сходяться (Атлас лит. пороков, с. 46; Рындина, 1998, с.14).

Явище недоливу спричиняється або заливанням форми недостатньо розігрітим металом, або недостатньою температурою ливарної форми, або перериванням струменя металу чи малою кількістю металу (Рожнецкий, Колесниченко, Иванов, 1973, с.8).

Ще в епоху енеоліту на всіх теренах ранніх землеробських культур металообробка розвивалась від ковальства, потім до нього додалось лиття найпростіших заготовок зливків, що тиражувалися у відкритих формах, і лиття окремих предметів складних форм за моделями, що втрачаються. І тільки в епоху середньої бронзи починається практика тиражування відливок у роз'ємних формах, яка співіснує з попередніми способами (Минасян, 1996, с.67–69).

Майстри-ливарники за доби середньої бронзи досягли високої майстерності у виливанні виробів за восковими моделями, що втрачаються. Ця технологія дає можливість отримувати виріб складної конфігурації. Ознаки застосування воскових моделей та способи й назви окремих прийомів, застосованих майстром при їх формуванні, що можна відтворити за відливками, чітко викладені в роботі Р.С. Мінасян (Минасян, 1986, с.64). Це можуть бути сліди загладжування воску на моделі, паяльний модельний шов, що утворюється на моделі, в якій окремі деталі спаяні розплавленим воском. Клеєний модельний шов утворюється при склеюванні деталей моделі й простежується у вигляді виступів (Минасян, 1986, с.64).

У вивченні давніх технологій стають у пригоді довідники з сучасних ювелірних технологій, особливо в тих моментах, що стосуються ручних операцій з виготовлення виробів, можливих дефектів, а також пристосувань та інструментів. Вони допомагають зрозуміти техніку виготовлення давніх металевих предметів, уникнути плутанини в її визначенні і, таким чином, чіткіше відтворити рівень майстерності давніх майстрів.

Так, наприклад, залишки ковальських дефектів проявляються у вигляді нерівномірності перетину. Коли з товстого шматка металу треба викувати смужку або прут (круглого або квадратного перетину), заготовку кладуть на ковадло і, тримаючи її кліщами, наносять удари молотом по всій довжині заготовки. Тоді поковку повертають на 90° і операцію повторюють.

Найчастіше застосовувана ковальська операція у давнину – витягування, за допомогою якого збільшують довжину заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу. Воно має декілька різновидів. Щоби поковка витягувалася більше в довжину і не розширювалась впоперек, використовували жолобчасті ковадла. Ще кращий результат для витягування круглих заготовок дає застосування обтисків. Повертаючи поковку навколо осі і просуваючи її вперед, б'ють молотом по обтисках. При роботі в обтисках заготовка не тільки витягується в довжину, але й вигладжується.

Операція розплющування частіше застосовувалась за доби енеоліту і ранньої бронзи. У пізньобронзовий час вона використовується рідше. Розплющування використовують у тих випадках, коли необхідно збільшити площу заготовки за рахунок її висоти, тобто отримати поковку у формі пластини (Гутов, Никитин, 1995, с.176–177).

Часто на бронзових виробах можна простежити прошивку. Це така операція, яку застосовують для отримання наскрізних отворів за допомогою пробійників. Прошивка отворів буває однобічною або двобічною.

Досить часто на давніх виробах зустрічається закручування – коли одну частину поковки повертають по відношенню до іншої під кутом навколо спільної осі. Коли закручування виконувалось багаторазово на 360° , то в результаті скручений квадратний стрижень набуває перевитого характеру (Гутов, Никитин, 1995, с.179).

Техніка ювелірної справи добре висвітлена в спеціальній літературі, але в археології ця тема вивчена ще досить слабо. До того ж археологи користуються ювелірною термінологією часом невдало. Тому, щоб висвітлити цей момент, необхідно дати коротку характеристику застосовуваних із часів бронзового віку таких ювелірних операцій, як чеканка та гравіювання. При описанні орнаментів на металевих виробах археологи часто плутають між собою ці два види художньої обробки металів. А це важливо для розуміння рівня розвитку майстерності давніх майстрів.

Так, гравіювання – один із найдавніших способів обробки, при якому спеціальним інструментом – різцем (штихелем) на поверхні виробу вирізають різноманітні орнаменти. Різуча поверхня штихеля має форму клинця, що знімає з поверхні металу стружку. Ця техніка застосовується для різблення тонких глибоких ліній (Гутов, Никитин, 1995, с.310).

Суть чеканки полягає в обробці матеріалу спеціальним інструментом – чеканом, який ставиться вертикально і по верхньому кінцю якого наносять удари молотком, у результаті чого робочий кінець лишає відбиток на матеріалі. Одним з видів чеканки є розходка, коли створюють контур

малюнка. Від гравіювання розходка відрізняється тим, що її заглиблені лінії ніжніші, м'якші через те, що при цьому не утворюється стружка, а метал втискається всередину (Гутов, Никитин, 1995, с.313–314).

З огляду на сказане, необхідно не тільки описати орнамент на металевому виробі, але й звернути увагу на форму ліній і деталей, що його утворюють.

Приступаючи до вивчення кожного конкретного виробу, необхідно пам'ятати про можливість впливу деформації знарядь у процесі роботи на структуру їх металу. Тому треба брати до уваги його функціональне призначення.

Ще один важливий момент необхідно враховувати при структурному вивченні археологічного металу – умови його знахідки. Справа в тому, що порівняно незначне нагрівання металу викликає зміни в структурі. Таким чином, треба бути впевненим, що предмет не перебував у вогні чи під час реставрації не піддавався хіміко-термічній обробці.

Тільки після закінчення візуального вивчення виробу можна приступати до вивчення мікроструктури. Для цього вирізається зразок. Місце вирізу за правилами треба вибирати відповідно до тих завдань, які ставляться перед дослідником даного предмета. Але частіше доводиться вирізати зразок у тому місці, де дозволяє автор знахідки, бо всі металеві вироби унікальні.

Вирізаний шматочок металу вплавляється в зубопротезну пластмасу "Протакрил", шліфується на декількох номерах шліфувального паперу та полірується до дзеркальної поверхні на сукні з окисом хрому.

Вивчення шліфа починається зі спостереження у полірованому, але нетравленому вигляді під мікроскопом МІМ–7. У такому вигляді на шліфі добре помітні різні неметалеві вкраплення, що могли попасти до розплавленого металу з руди; структурні складові, характерні для даного сплаву. Ступінь впливу включень на механічні властивості металу характеризується їхньою формою, кількістю й характером розподілу в його об'ємі.

Для виявлення структурних характеристик металу відполірована поверхня підлягає обробці хімічними рактивами, які витравлюють ті чи інші структурні дефекти. Після травління хлорною міддю (реактив для виявлення первинної вилитої дендритної структури), чи хромпіком (для полієдричної структури) виявляються різноманітні структурні області, що відтворюють технологічну схему виготовлення даного виробу.

Метал, з яким доводилося стикатися в процесі цього дослідження, в основному, був бронзою й тільки інколи траплялися предмети, виготовлені з міді. Детальне описання методики вивчення структур археологічної міді подані в роботах Н.В. Риндіної та І.Г. Равич (Равич, 1983, с.136–143; Равич, Рындина, 1989, с.91–100). Тому, доцільно лише стисло зупинитися на основних моментах.

Мідь являє собою дуже пластичний метал, який піддається куванню навіть у холодному стані. Її ковкість залежить від кількісного й якісного вмісту мікродомішок, які переходять у метал при виплавці з руди. В одних випадках вони суттєво не впливають на обробку міді, в інших, навпаки, унеможливають холодне або гаряче кування. Це так звані нерозчинні домішки. З таких можна назвати свинець і вісмут. Вони утворюють з міддю сполуки, так звані евтектики, що складаються з майже чистих металів. Температура розплавлення евтектик значно нижча за температуру плавлення міді, тому при застиганні розплаву вони кристалізуються в останню чергу, відкладаючись на границях зерен міді у вигляді темної (свинець) чи світло-голубої сітки (вісмут). За підвищеного вмісту – у вигляді округлих глобулів (Мальцев, 1970, с.133–134).

Досить частим супутником давньої міді є кисень, що призводить до утворення Cu_2O (закис міді). На шліфі під мікроскопом вона добре вирізняється у поляризованому світлі, бо набуває яскраво-рубінового кольору. Великий вміст закису міді свідчить про низьку техніку плавлення і погано розкислений метал.

Структурний стан міді може бути характеристикою, за якою визначається спосіб виготовлення й обробки металу, до яких належить лиття або механіко-термічна обробка (холодна чи гаряча деформація). При холодній деформації міді спостерігається структура із роздробленими і видовженими зернами, які мають орієнтацію у напрямку головної деформації. Різний ступінь деформації призводить до різного ступеню подрібненості і витягнутості кристалів. Кування міді в холодному стані викликає підвищення твердості та падіння пластичних властивостей. Щоб зняти напругу, необхідно нагріти метал до температури 500 – 700°C. Тоді проходить процес рекристалізації і метал знову набуває пластичності.

Набагато складнішим завданням є ідентифікація структури міді, деформованої в гарячому стані. Така структура принципово нічим не відрізняється від кованої в холодному стані і потім відпаленої. Безпомилково встановити температуру обробки міді дуже важко. І.Г. Равич і Н.В. Риндіна розробили методику металографічного дослідження кованих виробів із міді. На підставі проведених експериментальних робіт вони з'ясували, що структура й твердість не завжди дають надійні критерії, що відрізняють гарячу обробку міді від холодної з відпалами. Ці критерії формуються в ряді випадків сумарним аналізом поодиноких, на перший погляд, малопомітних деталей. Але якраз результати комплексних досліджень мікроструктур й твердості дають надійну основу для з'ясування температурних інтервалів нагрівання міді при куванні, оскільки кожна температурна область відрізняється певним сполученням показників. І.Г. Равич і Н.В. Риндіною також запропоновані еталонні структури для міді та бронзи (Равич, Риндіна, 1989, с.98–99).

Основним металом, із яким довелося мати справу, була олов'яниста бронза. Олов'яниста бронза – це метал на основі міді зі значною домішкою олова (вище 1%), в якому можуть бути присутніми, як домішки-супутники, інші метали. Найчастіше це – нікель, арсен, свинець, цинк, залізо, сурма, алюміній та ін. Однією з важливих умов металографічного аналізу є

встановлення якісного й кількісного складу металу, від якого у прямій залежності знаходяться способи його обробки.

У всі періоди розвитку матеріальної культури олов'янисті бронзи відігравали велику роль при виробництві вилитих виробів найрізноманітнішого призначення та конфігурації з різкими переходами від товстих частин до тонких і вважались прекрасним матеріалом для отримання литва.

Отже, олов'яниста бронза – сплав на основі міді (природний чи штучний), який твердне не при постійній температурі, а в певному інтервалі температур. У залежності від вмісту олова застигання бронзового литва кристали α -твердого розчину набувають деревовидної форми й називаються дендритами. Їхні осі й гілки (кристалічні скелети) будуть найбільше збагачені міддю, ніж основна матриця сплав. Чим повільнішим буде остигання, тим крупнішими будуть дендрити й тим більший об'єм будуть займати місця, збагачені оловом (Бартельс, 1930, с.254–253).

Якщо у сплаві кількість олова становить 6 – 8%, на границях зерен спостерігається поява хімічної сполуки олова з міддю – так званої евтектоїдної фази $\alpha+\beta$ - $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, що спостерігається під мікроскопом як світло-голубі глобулі. Фахівцями встановлено, що межа появи евтектоїдної фази значною мірою залежить від швидкості охолодження. У сплавах Cu–Sn, що твердішають зі швидкістю 2 – 4°C/хв, поява евтектоїду спостерігається при концентраціях 1,8% Sn. Отже, присутність евтектоїду у сплаві з ~1,8% Sn може свідчити про повільне остигання литва.

Присутність евтектоїдної фази значно погіршує ковкість литва, бо значно знижується пластичність металу та робить його крихким. Але при нагріванні до температури вище 520°C евтектоїд стає більш пластичним, що й дозволяє подальше кування. При відпалюванні евтектоїд зникає. І.Г. Равич експериментами встановила, що в бронзах з 10% Sn досить 15-ти хвилинного відпалювання при температурі 600°C, щоб евтектоїд зник. Але, щоб сплав

набув нормальної поліедричної структури, необхідна вища температура – 700°C і витримка при ній 1 годину (Равич, 1983, с.141, табл.1).

Ливарні якості сплаву значно зменшуються, якщо у ньому у рідкому стані присутні гази, які потім виділяються в процесі кристалізації. Причому з підвищенням температури перегріву, розчинення газів у розплаві збільшується. Якщо гази виділяються зі сплаву у період існування двох фаз, твердої і рідкої, то сплав надувається й розбризкується, через це не може заповнити всіх обрисів ливарної форми. Коли ж гази виділяються перед самим моментом тверднення, то вони не можуть повністю видалитись і залишаються у литві у вигляді газових бульбашок (Бартольс, 1930, с.73–74).

Структура олов'янистої бронзи на давніх металевих предметах може мати різний характер, обумовлений технологією виготовлення – лиття, кування у холодному стані чи нагрітому. Дуже часто трапляється поєднання холодного кування з відпалюванням.

Структура бронзи, кованої в холодному стані. В процесі холодної деформації зерна поступово змінюють форму й орієнтацію. При деформації до 20% всередині кристалів з'являються окремі прямі лінії – “лінії зсуву”, при цьому форма самих зерен не змінюється. Деформація до 60% викликає в окремих зернах появу криволінійних вузьких ділянок – смуг деформації, а самі зерна значно витягуються, набуваючи певної орієнтації. Утворюється текстура деформації (Равич, 1983, с.139–140). При подальшому куванні можуть з'явитися деформаційні тріщини.

Евтектоїд при холодній деформації бронзи подрібнюється й теж помітно витягується в напрямку деформації.

Структура бронзи, кованої в гарячому стані. При вивченні давньої бронзи все ж частіше доводиться зустрічатися із куванням гарячого металу, що завжди було направлене на доробку вилитої заготовки, усунення ливарного браку. Воно могло проводитися як з попереднім холодним проковуванням, так і без нього.

Гаряче кування бронз вже при температурі 600°C призводить до появи нових дрібних рекристалізованих зерен на тлі первинної вилитої дендритної структури – за деформації 20 – 40%. Однорідна поліедрична структура з'являється після 60 – 80% деформації (Равич, 1983, с.140).

Евтектоїд при нагріванні втрачає крихкість і характерними плавними ланцюжками витягується у напрямку деформації.

Підсумовуючи другий розділ, можна сказати, що в загалом матеріалів, які характеризують місцеве металургійне виробництво на теренах Правобережної Лісостепової України порівняно небагато й розміщені вони надто нерівномірно. Найбільше бронзових виробів і слідів металургійного виробництва знайдено в районі межиріччя Дністра й Бугу, у тих місцях, де були локалізовані комарівська культура, культура Ноа, а також висоцька.

Значно менше таких матеріалів у районі Київської Наддніпрянщини. Свідченням місцевої металообробки є знахідки ливарних форм, які дослідники вважають результатом міжкультурних контактів місцевого населення зі зрубним та сабатинівськими металургійними традиціями.

Найбіднішими за матеріалами, що характеризують металургійне виробництво, виглядає район Північної України. Тут металевих виробів знайдено буквально одиниці, причому це, в основному, прикраси. Інших залишків металургійного виробництва не знайдено взагалі.

Осібнo розглянуте таке важливе джерело надходження сировини для виготовлення виробів як копальні й рудопрояви. Вивчення цих джерел у співробітництві з геологами дали багато нового й цікавого.

Друга частина розділу присвячена опису методів, які існують для вивчення матеріалів, що пов'язані з металургійним виробництвом. Особливу увагу приділено металографічному методу дослідження виробів з міді та бронзи, на якому базується технологічна частина даної роботи.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БРОНЗОВИХ ВИРОБІВ

У розділі надаються результати дослідження колекції металевих виробів щодо технології їхнього виготовлення. Окреслюються технологічні досягнення в межах кожної культури, проводиться міжкультурне технологічне порівняння. Визначено хімічний склад виробів з колекції та встановлені можливі шляхи поставок металу на досліджувану територію. Загальна кількість проаналізованих виробів – 126 екземплярів, із них тшинецько-комарівських – 18 екз., культури Ноа – 32 екз., висоцької – 9 екз., білогрудівського часу Полісся та Середньої Наддніпрянщини – 9 екз., із Гордіївського могильника – 56 екз. та два безпаспортні вироби з НМІУ.

3.1. Вироби тшинецько-комарівської КІС

Для технологічного дослідження відібрані вироби з наступних пам'яток: Кормин (1 екз.), Войцехівка (1 екз.), Нетішин (7 екз.), Малополовецьке-3 (9 екз.). Із них до зброї належить 1 наконечник списа з Нетішина; до знарядь праці – ніж із Малополовецького-3; всі інші – до прикрас: браслети (Кормин, Войцехівка, Нетішин, Малополовецьке-3); шпильки (Нетішин, Малополовецьке-3) та пронизки (Нетішин). Металографічні характеристики цих виробів надані у таблиці А.1.

У музеї археології ІА НАНУ зберігаються два браслети зі спіральними щитками з **Войцехівського** курганного могильника комарівської культури (Лагодовська, 1956, с.71, рис.2). Один із них був підданий спектральному та металографічному аналізу (Рис.Е.8.5).

Зразок для шліфа вирізано на центральному відрізку дроту (75а), а на щитку зразок не вирізався, зроблено тільки підполіровку поверхні щитка (ан.75б).

Аналіз 75а. Шліф зроблено на поперечному перетині дроту. Після полірування стало видно евтектоїд у вигляді дрібних крапочок, що розсіяні рясно по всій поверхні зразка. Ближче до поверхні спостерігається тріщина.

Після травління хромпіком відкрилася поліедрична структура на стадії збиральної рекристалізації. Всередині зерен помітна значна кількість двійників деформації. Величина поліедрів 0,035 – 0,045 мм. Мікротвердість – 109,2 кг/мм² (Рис.Е.28.5).

Другий шліф (**ан. 75б**) був зроблений на підполірованій поверхні завитка на щитку. До травління спостерігався дуже подрібнений евтектоїд $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, і витягнутий у напрямку деформації. Після травління проявилася рекристалізована поліедрична дрібнозерниста структура зі значною кількістю двійників усередині зерен. Величина поліедрів – 0,035 – 0,035 мм. Мікротвердість – 116,8 кг/мм².

Висновок: дріт для браслета був виготовлений із застосуванням жолобчастого ковадла. Нерівномірність перетину дроту, про яку говорилося, пояснюємо його стиранням під час носіння (його сліди помітні на внутрішній поверхні браслета). Кування провадилося при температурах близько 600°C із деформацією 60 – 80%. Свідченням тому є відсутність дендритної ліквідації, подрібнення й витягування евтектоїда. Метал із високим вмістом олова (14%) треба було б кувати при температурах, близьких до 700°C. У нашому випадку поява тріщини може засвідчити невиконання правильних умов термообробки такого металу. До того ж кількість двійників і величина поліедрів підтверджують наш висновок.

Підвищений вміст свинцю (0,6%), який унеможлиблює гарячу обробку бронзи, нейтралізувала сурма (0,5%).

Як відомо, дріт на прикрасах такого типу рівномірний за товщиною, плавно звужується до кінця на щитках. Вільним куванням дроту такої якості виготовити неможливо. Детальне вивчення браслета навело на думку про застосування майстром ковадел двох видів: одного – із жолобом однакового

діаметра по всій його довжині для виготовлення центральної частини, другого – із конусним жолобом для його плавного звуження. Якщо уважно придивитися, то можна помітити місце переходу від кування на одному виді ковадла до кування на другому.

Із с. **Кормин** Рівненського району Рівненської області зі зруйнованого поховання (?) походять фрагмент браслету із спіральними щитками та шпилька із голівкою у вигляді спіралью закрученого щитка. Вироби зберігаються у фондах РКМ. Металографічному аналізу підданий лише браслет.

Аналіз 79. Фрагмент розкрученого щитка браслета. Дріт загальною довжиною 33 см, нерівномірний у пертині (Рис.Е.8.3).

Шліф зроблено на поперечному перетині дроту. Посередині зразка є корозійні тріщини. Травління виявило крупнозернисту структуру на початковій стадії рекристалізації з двійниками всередині зерен. Мікротвердість металу – 161,2 кг/мм² (Рис.Е.28.2).

Висновок: через те, що хімічного складу металу цього виробу теж не маємо, тому можемо тільки припускати, що вилита заготовка піддана куванню при високій температурі (близько 700°C), на що вказує різке коливання розмірів зерен. Ступінь деформації заготовки сягав 60 – 80% (відсутність дендритної ліквіації). Дріт для завитка браслета отриманий вільним куванням, бо тільки застосування жолобчастого ковадла дає змогу виготовити дріт, рівномірний за товщиною. Щільне прилягання завитків дроту на щитках отримане навиванням його в гарячому стані на конусну оправку й стисканням отриманої пружини молотком.

На курганно–грунтовому могильнику **Малополовецьке-3** Фастівського р-ну Київської обл. виявлено три поховальних комплекси зі п'ятьма похованнями доби бронзи, до складу інвентаря яких входили 16 металевих виробів. В основному, це – прикраси: гривна з гачком на кінці (другий обламано в давнину), багатоспіральні браслети з трикутним перетином – 2

екз.; браслети із сегментоподібним перетином у 3 витки; браслети зі спіральними щитками з дроту з круглим перетином – 5 екз. та з квадратним перетином дроту на щитках – 2 екз.; шпилька з пластинчастою голівкою-щитком, прикрашена пуансонним орнаментом та стрижень від шпильки, перекручений у верхній частині (Кравченко, Шишкін та ін., 1993, с.73; Лисенко, 1998, рис.3; 17:6; Лисенко, Лисенко Св., 2001, рис. 6–11).

Аналіз 81. Ніж, компл.4, пох.15 (Рис.Е.14.8). Шліф зроблено на поздовжньому розрізі леза. Евтектоїд витягнутий ледь помітними ланцюжками вздовж зразка. Все поле займає поліедрична структура з двійниками у зернах. Подекуди простежуються залишкові дендрити первинної вилитої структури. Мікротвердість металу – 110 кг/мм². Величина зерна – 0,025 – 0,035 мм (Рис.Е.32.6).

Висновок: попередньо вилиту заготовку ножа допрацьовано гарячим куванням зі ступенем обтиску до 40%, яке було направлене на надання остаточної форми виробу та загострення леза.

Аналіз 72. Браслет (компл.1 пох.1) із дроту з сегментоподібним перетином із трьох витків (Рис.Е.14.2). Шліф зроблено на пласкому боці зразка. До травління на шліфі спостерігається голубий евтектоїд $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, трохи видовжений у напрямку деформації металу.

Металографічне дослідження виявило рекристалізовану дрібнозернисту структуру із великою кількістю двійників у зернах. Подекуди простежуються дрібні уламки дендритів первинної вилитої структури. Величина зерна – 0,015 – 0,025 мм. Мікротвердість металу – 171,2 кг/мм² (Рис.Е.31.3).

Аналіз 73. Браслет (компл.1 пох.1), аналогічний попередньому, також на три витки (Рис.Е.14.3). Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. На краях шліфа проступає корозія, що розповсюджується по границях зерен. Мікроскопічне дослідження виявило поліедричну структуру із ледь простежуваною текстурою деформації при зміні різкості на мікроскопі. Евтектоїд плавними ланцюжками витягнутий у напрямку деформації металу.

На кінці дроту в деяких поліедрах простежуються лінії зсуву. Розміри зерна – 0,035 – 0,45 мм. Мікротвердість металу – 152 кг/мм² (Рис.Е.31.4,5).

Висновок: вилиті заготовки для обох браслетів кувалися на жолобчастому ковадлі з високими ступенями обтиску – до 80%. Кування мало формувальний характер (відсутність дендритної структури, велика кількість двійників) і провадилося по нагрітому металу – про це свідчить рівномірна поверхня виробів та плавна форма евтектоїда. Кінці дроту звужені холодним куванням із невисоким ступенем обтиску (ан. 73). Небезпечну кількість Pb (0,17 ; 0,6%), що спричиняє червоноламкість металу, у цих випадках, скоріше за все, нейтралізували інші мікродомішки. Наступною операцією з формування браслетів було навивання заготовки на бовван потрібного діаметра. Отримана пружина додатково не стискалася.

Аналіз 101. Фрагмент браслета (комплекс 7а, пох. 68) зі спіральними щитками у 5 витків, з дроту з круглим перетином. Складається з двох фрагментів. Діаметр виробу – до 1,35 см, діаметр щитків – 3 см, товщина дроту – 0,4 – 0,5 см. У місці зламу дріт розклепаний до товщини 0,015 см (Рис.Е.14.5).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. Все поле шліфа вкрите сіткою чорних вкраплень. Є невелика кількість дрібного евтектоїду, ледь помітно видовженого в напрямку деформації металу. Після травління відкрилася рекристалізована структура з різнозабарвленими зернами та великою кількістю двійників. Величина зерна – 0,045 – 0,065 мм. Мікротвердість металу – 116,8 кг/мм² (Рис.Е.31.6).

Висновок: браслет був виготовлений з низькоолов'янистої бронзи зі вмістом олова 1,7%. За звичайних умов затвердіння литва помітна під мікроскопом кількість евтектоїда з'являється при концентраціях олова 6 – 8%. У нашому випадку його появу можна пояснити невеликою швидкістю охолодження литва – 2 – 4 с/хв (Литейные бронзы, 1973. –С. 15). Порівняно рівномірний перетин дроту дає можливість говорити про застосування

жолобчастого ковадла з оправкою. Щільна стиснутість спіралі щитка досягнута навиванням дроту на конічну оправку та стисканням отриманої пружини молотком.

Аналіз 100. Фрагмент багатовиткового стрічкового браслета з компл. 7а поховання 63, з трикутним перетином (Рис.Е.14.6).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині виробу. До травління спостерігається невелика кількість евтектоїда $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, трохи видовженого в напрямку деформації металу. Тонкі тріщинки так само розташовані в напрямку деформації. Невелика кількість чорних краплень рівномірно розсіяна по всій площі шліфа. Корозія розповсюджується на межах зерен та лініях зсуву.

Після травління відкрилась рекристалізована структура з великою кількістю двійників та лініями зсуву всередині зерен. Величина зерна – 0,035 мм. Мікротвердість металу – 164,4 кг/мм² (Рис.Е.32.1).

Висновок: браслет виготовлено з вилитої заготовки, що мала первинну дрібнодендритну структуру, холодним куванням з проміжковими відпалюваннями при температурі до 600°C. Трикутного перетину металевій стрічці для браслета було досягнуто куванням на ковадлі аналогічного профілю з великим ступенем обтиску 60 – 80%, що викликало повне зникнення дендритної структури, помітну видовженість евтектоїда та механічні тріщини.

Аналіз 99. Фрагмент гривни з компл. 7а пох. 63 з дроту із прямокутним перетином з гачками на кінцях. Біля вцілілого гачка дріт набуває круглого перетину (Рис.Е.14.4).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління спостерігається невелика кількість евтектоїда $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, видовженого в напрямку деформації металу. Корозія розповсюджується на межах поліедрів і лініях зсуву. Помітні чисельні павутиноподібні тріщинки.

Після травління відкрилася рекристалізована структура з великою кількістю двійників та лініями зсуву у великих зернах. Величина зерна – 0,09 – 0,12 мм. Мікротвердість металу – 188,6 кг/мм² (Рис.Е.32.2).

Так само, як і для браслета, метал гривни має низький вміст олова (1,1%). Тому і в цьому разі присутність евтектоїда пояснюємо дуже повільним охолодженням заготовки.

Висновок: заготовка гривни виливалася в нагрітій формі. З неї вільним куванням був виготовлений дріт, про що свідчить нерівномірність його перетину та характер евтектоїда. Відсутність попередньої вилитої структури, середні розміри зерна та дрібні павутиноподібні тріщинки вказують на кування при температурі близько 600°C зі ступенем обтиску до 100%. Кування завершувалося по захололому металу (лінії зсуву).

Дуже цікава технологія виготовлення шпильок.

Аналіз 74. Шпилька (компл.1 пох.1) зі цвяхоподібною голівкою та вушком під нею (Рис.Е.14.7). Зразок вирізано з голівки виробу. Вся поверхня шліфа вкрита дрібними чорними вкрапленнями свинцю, краї шліфа попсовані корозією, що розповсюджується на межах поліедрів. Металографічне дослідження виявило крупнозернисту структуру на тлі залишкової дендритної ліквіації. В багатьох поліедрах присутні чисельні лінії зсуву. Розміри зерна – 0,065 – 0,09 мм. Мікротвердість – 158 кг/мм² (Рис.Е.32.3).

Висновок: огляд шпильки разом із металографічним дослідженням дає можливість стверджувати, що заготовка виробу була вилита у двостулковій формі, бо на голівці, вушку та на самій голці залишилися ливарні шви. Від вушка донизу по голці добре простежується тріщина "червоноламкості", що пояснюється присутністю в металі великої кількості крихких включень свинцю (1,4 – 3%). Метал тріснув, коли його нагріли, щоб перекрутити верхню частину голки. Шпилька відливалася з квадратним у перетині стрижнем, а потім нижній її частині майстер надав круглого перетину, обпилявши її (паралельні горизонтальні борозенки). Поліедрична структура

на голівці утворилася внаслідок нагрівання металу до 600°C і витримки впродовж невеликого проміжку часу при цій температурі (тобто неповне гомогенізаційне відпалювання). Ця операція була пов'язана з роботами над оформленням голки. Лінії зсуву свідчать про холодне проковування голівки, яке, проте, не викликало значної деформації структури. Ступінь обтиску тут досягав 20% (Равич, 1983.– С. 39 – 140).

Аналіз 98. Шпилька (комплекс 7а, пох. 72) з трикутною пласкою голівкою-щитком та перекрученим у верхній частині стрижнем. В центрі голівка орнаментована пуансонним орнаментом у вигляді крупної “перлини” в центрі та десятьма крапками навколо неї. Вздовж нижніх сторін щитка зліва й справа нанесено по 5 крапок. Верхня частина стрижня має прямокутний перетин, на голці – круглий. Довжина виробу – 0,98 см; довжина голки – 0,64 см; діаметр голки – 0,4 см; щиток – 0,4 x 0,34 см; товщина щитка – 0,1 см (Рис.Е.14.1). Зразок вирізано з голівки виробу. Шліф зроблено на поздовжньому перетині.

Металографічне дослідження виявило рекристалізовану дрібнозернисту структуру із великою кількістю двійників у зернах. Подекуди зустрічаються лінії зсуву. Величина зерна – 0,025 – 0,045 мм. Мікротвердість металу – 208 кг/мм² (Рис.Е.32.4).

На цьому зразку ми бачимо дрібні вкраплення свинцю, що рівномірно розсіяні по всьому полю шліфа. Такий вигляд свинець має при швидкому охолодженні. Отже, можна припустити використання теплопровідної форми для відливання заготовки. Вміст свинцю в металі становить 0,17%, тобто гаряче кування такого сплаву неминуче викликало б розтріскування, тому кування його можна було провадити в холодному стані з проміжковими відпалюваннями при температурі, не нижчій за 500°C , коли проходить пом'якшення сплаву й формується рекристалізована структура.

Висновок: кування на голівці мало формувальний характер і було спрямоване на надання їй ромбічної форми. Завершальне кування

провадилося по охололому металу, що призвело до появи ліній зсуву. Пуансонний орнамент наносився методом штампування, причому заздалегідь не розмічався, бо спостерігається деяка асиметричність у розташуванні всіх його елементів. Ковальські роботи над стрижнем були спрямовані на перекручування його навколо своєї осі та загострення.

Аналіз 102. Третя шпилька (комп.7а, пох.63), від якої зберігся тільки масивний стрижень, у середній частині чотиригранний, перекручений навколо своєї осі, а нижче округлий, була виготовлена з міді з помітними домішками Ca, Mg, Ti, Ni, Bi, As, Ag (Рис.Е.14.9). Металографічне дослідження виявило рекристалізовану дрібнозернисту структуру з великою кількістю двійників у зернах. На тлі поліедрів помітні чисельні лінії зсуву. Величина зерна – 0,045

– 0,065 мм. Мікротвердість металу – 162,4 кг/мм² (Рис.Е.32.5).

На жаль, неможливість дослідити структуру на вістрі та відсутність голівки шпильки дуже обмежують можливості реконструкції процесу її виготовлення.

Висновок: швидше за все, ковальські роботи були направлені на оформлення всього стрижня, а саме – витягування й надання йому квадратного перетину в центрі (двійники рекристалізації), перекручування без додаткового нагрівання (чисельні лінії зсуву в зернах) і загострення вістря.

Усі без винятку вироби з Малополовецького могильника були виготовлені з вилитих заготовок із наступним куванням із більшим або меншим ступенем деформації. Невдало підібрана технологія викликала появу механічних тріщин (ан. 99, 100) та тріщин “червоноламкості” (ан. 74).

Для кування дротяних прикрас використовувалися жолобчасті ковадла зі сегментоподібним жолобом (ан. 72, 73, 101) та з конусним жолобом (ан. 100). У одному випадку було використане жолобчасте ковадло з обтисками (ан. 101). Ступінь деформації був високий – 60 – 80% (ан. 72 – 73), а у двох

випадках сягав приблизно 90%. Вільне кування було застосоване при виготовленні гривни (ан. 99).

Доробка кожної заготовки шпильок провадилася за своїм індивідуальним алгоритмом. Так, наприклад цвяхоподібна (ан. 74) куванню майже не піддавалася. Тут головним завданням майстра було підправити шляпку, перекрутити навколо своєї осі стрижень, та прибрати грані на голці. Не врахувавши схильності металу до “червоноламкості”, а скоріше, – і не знаючи цього, майстер отримав тріщину на голці, нагрівши метал перед перекручуванням стрижня. Тому замість звичайного витягування голки куванням він надав їй потрібного вигляду чимось на кшталт напилка, можливо, абразивом.

Вилита заготовка другої шпильки (ан. 98) видозмінена повністю. Тут кування мало формувальний характер. Розплескана голівка – зі штампованим орнаментом. Перекручений стрижень із відкованим вістрям. Треба відзначити, що у даному випадку майстер зі знанням підійшов до властивостей цього металу й застосував холодне кування з відпалюваннями. Щодо фрагмента третьої шпильки (ан. 99), то й він піддавався формувальному куванню.

З колективного поховання в кургані біля м. **Нетішин** Славутського р-ну Хмельницької обл. походять наступні вироби з бронзи: наконечник списа, два браслети, шпилька, п'ять намистинок-пронизок, фрагмент виробу невідомого призначення, фрагмент налобної прикраси – діадеми (Березанська, Гошко, Самолюк, 2004, с.111–125).

Аналіз 107. На наконечнику списа при візуальному огляді та при невеликому збільшенні на мікроскопі МБС уздовж ребра на втулці помітні відбитки слідів полірування форми. Слідів ковальських робіт на виробі не помічено. Наконечник має розширене в нижній частині перо з прямими лезами. Втулка на кінці різко розширюється, утворюючи манжет. Та частина, яка проходить уздовж пера, має з обох боків по ребру, що надає їй у цьому

місці ромбоподібного перетину. На втулці є два наскрізні отвори конусної форми розширенням назовні, один проти одного. Загальна довжина наконечника списа – 28 см, довжина пера – 19,2 см. Найбільше розширення пера – 7 см. Довжина втулки – 8,8 см, ширина – 2,9 см, ширина манжети – 1 см (Рис.Е.15.1).

Зразок для металографічного аналізу було вирізано зі втулки, щоб не псувати вигляд музейного експонату. До травління на шліфі спостерігається евтектоїдна фаза, яка виділяється по границях зерен.

Після травління відкрилася дрібна поліедрична структура. Розміри зерна – 0,25 – 0,015 м. У багатьох зернах спостерігається голчаста фаза. Мікротвердість металу – 221,75 кг/мм² (Рис.Е.29.3,4).

У Інституті геохімії навколишнього середовища НАН і МНС України поверхню шліфа було піддано рентгенівському мікрозондовому аналізу на приладі Electron probe X-ray microanalizer TYPE JXA-5. Його результати (див. фотографію мікроструктури) розшифровуються таким чином: біле поле – α -твердий розчин, де Cu – 88%, Sn – 12% . Темне поле – це фазові виділення. Сіре поле, де Cu – 85%, Sn – 0%, в рудному мікроскопі аналізується як куприт Cu₂O. А темна кайма навколо нього (Cu – 85%, Sn $\approx$ 50%) – фаза Cu₆Sn. Фазові перетворення такого роду проходять при швидкому охолодженні в процесі загартовування у воді (Циммерман, Гюнтер, 1982, с.306).

Висновок: наконечник списа відлито в кам'яній (сліди полірування стулок форми), майстерно вирізаній двостулковій ливарній формі з добре підігнаними стулками (товщина пера наконечника приблизно 0,15 см) і вставним сердечником довжиною 25 см. На втулці є два отвори, що виникли від застосування штифтів для утримання сердечника у вертикальному положенні при відливанні наконечника. Метал у форму заливався з боку втулки. З огляду на конусну форму отворів можна припустити, що вони були розширені ззовні. Тоді гвіздки, що закріплювали наконечник на древку, добре

ховалися б у паз і не виступали б над поверхнею втулки. Напливи, що утворюються навколо штифта в процесі лиття, майстер міг зішліфувати, щоб не заважали вкладанню древка до втулки. Ще гарячим наконечник було загартовано у воді (голчаста фаза)

Решта бронзових виробів належить до прикрас.

Аналіз 104. Цвяхоподібна шпилька має пласку круглу голівку з двома отворами та виступ зверху, який є продовженням стрижня, але трохи зміщений убік. Стрижень шпильки з квадратним перетином угорі, в середній та нижній частині – з круглим, загострений на кінці. Довжина шпильки – 15,8 см, товщина стрижня – 0,5 – 0,8 см, діаметр голівки – 2,7 – 3,0 см, товщина голівки – 0,1 – 0,3 см (Рис.Е.15.7).

Для металографічного дослідження шпильки вирізано зразок на шляпці біля великого отвору. До травління спостерігається корозія, яка розповсюджується по границях зерен і дендритів.

Після травління відкрилася крупнозерниста структура з двійниками на тлі залишкової дендритної ліквації. Мікротвердість металу – 149,1 кг/мм². Величина зерна – 0,065 – 0,09 мм (Рис.Е.29.5,6).

Висновок: шпилька відлита у двостулковій ливарній формі (залишки ливарних швів на голівці та верхній частині голки) з прямокутною у розрізі голкою. Ковальські роботи були направлені на витягування й загострення голки, а також на пробивання отворів у шляпці. Менший отвір діаметром 0,4 см у формі невеликого овалу має закруглені краї знизу шляпки, впритул до стрижня, а зверху – гострі краї. Тобто, в цьому випадку застосовано однобічне пробивання отвору суцільним конусним пробійником. Відтяжка металу на краях отвору, яка неминуче з'являється при таких операціях, скоріше за все була обточена, на що вказують гострі краї отвору зверху голівки.

Для пробивання більшого отвору застосовано двобічне пробивання, що підтверджується металографічно: закруглені краї отвору з двох боків,

відсутність холодно-деформованої структури, залишкова дендритна ліквіація, форма включень є свідченням того, що ковальські роботи для пробивання отворів у шлямці провадилися по нагрітому металу. Кування голки було направлене на її витягування й загострення.

Два багатоспіральних браслети подібні за формою й розмірами.

Аналіз 106. Перший браслет зламаний. Збереглося півтора витки. Він був виготовлений з лінзоподібного в перетині дроту, що має довжину 39,4 см. Уцілілий кінець – звужений. Гарно відполірована поверхня вкрита поздовжніми тріщинками. Діаметр браслета – 5,8 см, товщина дроту – 0,2 см, ширина збереженої частини – 0,4 см (Рис.Е.15.8).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління спостерігається евтектоїд, витягнутий невиразними ланцюжками у напрямку деформації металу (Рис.Е.30.1).

Після травління відкрилася рекристалізована дрібнозерниста структура у вигляді текстурних смуг деформації. Розміри зерна – 0,045 мм. Мікротвердість металу – 226,1 кг/мм² (Рис.Е.30.2,3).

Висновок: браслет кувався на жолобчастому ковадлі (сегментоподібний перетин дроту та розташування евтектоїда, що добре видно на поперечному шліфі) при невисоких температурах (дрібне зерно, подрібнений евтектоїд) із великим ступенем обтиску до 80% (текстура та тріщинки напруги).

Аналіз 105. Другий браслет виготовлено з лінзоподібного в перетині дроту, скрученого в три неповних витки. На кінцях дріт потоншується й набуває круглого перетину. Діаметр браслета – 5,7 см, товщина дроту – 0,2 см, ширина – 0,4 см. Внутрішній діаметр браслета – 5,8 см. Поверхня, так само, як і на попередньому виробі вкрита поздовжніми тріщинками (Рис.Е.15.9).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління спостерігаються корозійні тріщинки, виразки.

Після травління відкрилася рекристалізована дрібнозерниста полієдрична структура у вигляді текстурних смуг деформації. Відстань між смугами деформації – 0,05 мм. Розміри зерна – 0,01 – 0,02 мм. Мікротвердість металу – 174,5 кг/мм² (Рис.Е.30.4,5).

Висновок: браслет виготовлено з дроту, який кувався в гарячому стані на жолобчастому ковадлі без накладки так само, як і попередній, що відбулося на лінзоподібній формі перетину дроту та розташуванні евтектоїда на поперечному шліфі. Про великий ступінь обтиску і невисоку температуру кування свідчить текстурна мікроструктура. До речі, це й викликало появу тріщин напруги на поверхні виробу.

Чотири пронизки, які на малюнку показано в розгорнутому вигляді, були виготовлені з тонких (0,1 см) бронзових пластин довільно взятої форми, закручених у трубочки. Їхні розміри: 2,2 x 1,2 см, 2 x 2 см, 1,6 x 1,1 см, 0,9 x 0,6 см. Пластини потоншуються на краях (Рис.Е.15.2–5). Через поганий стан металу хімічний склад визначено тільки в однієї (ан. 108). Матеріалом для виготовлення цієї пронизки стала металургійна плавлена мідь із великою кількістю домішок Ni, Vi, Ag, Sb, Sn, P, As. Металографічно вивчено дві пронизки – **ан. 108, 109**. Шліфи зроблено на поперечних зрізах пластин. Вивчення мікроструктур металу показало дрібнозернисту структуру з двійниками всередині зерен. Мікротвердість металу – 92,9 кг/мм² (ан. 108), 95,6 кг/мм² (ан. 109). Розміри зерна – 0,045 мм (ан. 108), 0,065 – 0,09 мм (ан. 109) (Рис.Е.30.6; 31.1).

Висновок: розміри зерен у поєднанні з підвищеними показниками мікротвердості металу, коли після експериментального відпалювання на протязі однієї години зразка 109 його початкова твердість значно знизилася – з 95,6 кг/мм² до 52,83 кг/мм², безумовно свідчать про гаряче кування заготовок в інтервалах температур 600– 800°C. Закручування в трубочки провадилося в гарячому стані, бо сліди холодної деформації на обох шліфах відсутні.

Аналіз 103. Фрагмент, що належить виробу невідомого призначення, трохи ширший і закруглений з одного кінця, а з іншого – звужений. Його довжина – 7,5 см, товщина – 0,1 – 0,2 см. Нерівна поверхня свідчить про вільне кування (Рис.Е.15.6).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині вужчого кінця. До травління спостерігається сильна корозія, що розповсюджується на межах поліедрів та двійників, і невелика кількість блакитного евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, що ледве витягнутий і не має чіткої паралельності. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану структуру з двійниками всередині зерен. Величина поліедрів – 0,035 мм. Мікротвердість металу – 175,8 кг/мм² (Рис.Е.31.2).

Висновок: наявність у металі свинцю 0,2% та недостатня кількість домішок, які б нейтралізували його негативний вплив, робить неможливим гаряче кування. Невеликі розміри поліедрів у поєднанні зі подрібненим евтектоїдом указують на застосування вільного кування заготовки у холодному стані з подальшим відпалюванням при невисокій температурі. Ступінь обтиску досягав 80% (відсутність дендритної структури, тріщини напруги на поверхні виробу).

Фрагмент пластини, знайдений на черепі небіжчика, можливо, є фрагментом налобної прикраси – діадеми. Від неї збереглася невелика частина довжиною 5,1 см і шириною – 2,5 – 2,7 см. Товщина пластини – 0,1 см. В одному з кутів уцілілого фрагменту є прямокутний отвір 0,6 x 0,1 см. Погана збереженість дозволила вивчити її тільки візуально.

Висновок: за кольором металу вона подібна до пронизок, тобто, скоріше за все, зроблена з міді. Рівна поверхня й однакова товщина металевої стрічки вказують на гаряче кування з м'якою накладкою. Невелике потоншення металу на краях могло утворитися внаслідок обрізування зайвого металу (до речі, так само, як і на пронизках) чи нерівностей, що неминуче виникають на краю пластин при вільному куванні. В торці смужки, в кутку, пробита прямокутна дірочка, по краю якої проходить трохи відтягнутий вбік

виступаючий кант металу. З цього випливає, що прошивку металу провадили інструментом із прямокутним робочим кінцем на ковадлі з отвором.

В нетішинській колекції якісно виділяється наконечник списа своєю довершеністю виконання. Серед аналогічних виробів він поки що єдиний, що досліджений методом металографії. Застосування майстром загартування виробу у воді технологічно виправдане. Пояснюється воно бажанням трохи зменшити крихкість металу з таким високим вмістом олова (20,5%). Це припущення підтверджується дослідженнями І.Г. Равич з вивчення впливу швидкості охолодження на мікротвердість (Равич, 1983, с.141–142).

Дротяні вироби, тобто браслети, а разом з ними виріб невідомого призначення, кувалися з великими ступенями обтиску при невисоких температурах, що викликало появу тріщин напруги.

Особливою рисою шпильки, яка відрізняє її від аналогічних виробів, є два отвори на голівці, для пробивання яких застосовано два способи – однобічне і двобічне пробивання. Виступ на голівці скоріше за все залишок ливника, бо краї його акуратно обпиляні.

Викликають зацікавленість налобна прикраса та пронизки своїми напрочуд рівними потоншеними краями, що можуть виникнути при різанні металу. До того ж форма пластинок, із яких скручені пронизки, додає впевненості у припущенні існування спеціального інструмента.

Отже, зібрана колекція виробів з тшинецької-комарівських пам'ятників складається з вісімнадцяти екземплярів. Результати спектрального аналізу показані у табл. В.1. Предмети праці представлені ножем з Малополовецького (ан. 81), зброя – одним наконечником списа зі Нетішина (ан. 107). Наконечник списа виливався у двостулковій кам'яній формі. Доробка литва зводилася до загострення країв пера та видалення пороків лиття.

Переважну більшість становлять прикраси. Це – багатовиткові браслети (6 шт.) з лінзоподібним перетином дроту (ан. 72, 73, 78, 105, 106) і

підтрикутним (ан. 100); браслети одновиткові зі спіральними щитками (4 шт.) з круглого в перетині дроту (ан. 75, 99, 101, 79).

Гривна з дроту з квадратним перетином із гачками на кінцях (ан. 99).

Шпильки – п'яти типів: із цвяхоподібною голівкою й двома отворами у ній (ан. 104); із цвяхоподібною шляпкою й петелькою під нею та перекрученим 3 рази стрижнем (ан. 74); перекручений у верхній частині стрижень шпильки з обляmanoю голівкою (ан. 102); шпилька з пластинчастою трикутною голівкою й перекрученим 1 раз стрижнем (ан. 98) та верхня частина шпильки з петлеподібною голівкою (ан. 97).

Пронизки з довільно вирізаних пластин (ан. 108, 109). Виріб невідомого призначення (ан. 103).

Дослідження багатовиткових браслетів як з лінзоподібним, так і з підтрикутним перетинами показало, що вони виготовлялися з вилитої заготовки шляхом формувального кування на жолобчастому ковадлі відповідного профілю при невисоких температурах (ан. 105, 106) і сильнішому нагріванні (ан. 72, 73, 78). Ступені деформації були високими й сягали 80%. До технологічних спостережень необхідно додати цікаву деталь, що вдалося простежити на багатовитковому стрічковому браслеті з чітко виділеною нервюрою посередині стрічки з Малополовецького (Лисенко, Лисенко Св., 2001, с.154, рис. 9), хоча металографічний аналіз не провадився. Металева стрічка має хвилясті краї, а нервюра не завжди проходить по її центру. Таким чином, можна стверджувати, що пруток-заготовка був більшого діаметра, ніж треба й не вміщувався в жолобок на ковадлі. Під час кування метал заповнив жолобок і його залишки були розплескані по рівній поверхні ковадла. При цьому майстру не вдалося проконтролювати довільне розтікання металу по ковадлу, внаслідок чого вийшла зміщена відносно центра стрічки нервюра й нерівні краї стрічки.

Браслети зі спіральними щитками кувалися на жолобчастих ковадлах із накладкою подібного профілю (ан. 75, 101) при температурах близько 600°C

(ан. 75) і 700°C (ан. 75, 79) із обтискуванням у 60 – 80%. Вільним куванням був виготовлений дріт для браслета із Кормина (ан. 79).

Гривна була виготовлена вільним куванням при температурі біля близько 600°C із високим ступенем обтиску – до 100%.

Технологія шпильок залежала від кінцевої форми. Так, наприклад екземпляри зі цвяхоподібними голівками виливалися у двобічних формах із квадратними у перетині стрижнями. Додаткові ковальські операції були направлені на оформлення країв шляпки й пробивання отворів (ан. 104), перекручування стрижня (ан. 74, 102) та витягування стрижня (ан. 102, 104).

Голівка шпильки у вигляді трикутного щитка утворена розпліскуванням верхньої частини вилитої заготовки у вигляді бруска, з прямокутним перетином. На початку щиток, скоріше за все, був ромбічної форми і вже під час експлуатації зламаний. Кування на голівці мало формувальний характер. Лінії зсуву на гострих кутах (після зламу) можна пов'язувати як із завершенням кування по остиглому металу, так і з загином гострих кутів, щоб не кололися кололи при використанні. Нанесений методом штампування орнамент заздалегідь не розмічався, бо спостерігається невелика асиметричність у розташуванні його елементів. Роботи над оформленням стрижня провадилися у наступному порядку: перекручування стрижня; витягування, загострення та шліфування.

Таким чином, про досліджені вироби тшинецько-комарівських-пам'яток можна сказати наступне. Найбільшу кількість становлять прикраси у вигляді дротяних браслетів та різноманітних шпильок. Браслети кувалися з високими ступенями обтиску до 60 – 80% при температурах 600° – 700°C на односторонніх жолобчастих ковадлах та жолобчастих ковадлах із накладками подібного профілю. Вироби орнаментом прикрашалися рідко.

Заготовки шпильок виливалися в двобічних формах і потім піддавались значній доробці куванням.

На тлі описаних вище виробів вирізняється наконечник списа якістю відливки.

3.2. Вироби культури Ноа

Досліджено шість бронзових виробів культури Ноа, п'ятеро з них знайдені на невеликому поселенні **Воля–IV**, що розташоване на околицях с. Воля Тербовлянського району Тернопільської області Частина з них – підйомний матеріал, частина походить з розкопів I і II (Ситник, 1990, с.46, рис.98:1–5). Матеріал зберігається у фондах Тернопільського краєзнавчого музею. В основному це – уламки прикрас: фрагмент шпильки, дротяний завиток, фрагмент дротяного й відлитого браслетів та проколка з обома обламаними кінцями. До культури Ноа відноситься й уламок ножа-бритви (знаходиться в експозиції музею).

Метал культури Ноа з могильника і поселення Острівець (див.табл.Б.2) був спектрально проаналізований Є.М.Черних (Черных, 1976, с.45–47). Технологічне дослідження колекції з Острівця проведене Н.В.Риндіною, результати якого й досі не опубліковані (Балагурі, 1964, табл. аналізів, с.275–293). Фоторграфії мікроструктур деяких виробів наведені у її монографії “Древнейшее металлообрабатывающее производство Восточной Европы” (Рындина, 1971, таб. 3:1; 6:5; 7:3–4). Металографічні характеристики виробів надані в таблиці Б.1; результати спектрального аналізу – в таблиці В.2.

Аналіз 82. Уламок ножа-бритви довжиною 7,8 см, із овальним перетином (Рис.Е.16.1). Шліф зроблено на поперечному повному перетині виробу. До травління помітні численні дрібні та крупні газові пори. Корозія розповсюджується на межах дендритів. В металі присутня значна кількість вкраплень Cu_2O . Одне, досить великих розмірів, помітно витягнуте вздовж шліфа, інші мають округлі форми (Рис.Е.33.1).

Після травління відкрилася дрібнодендритна структура. У міждендритних проміжках простежуються дрібні поліедричні зерна. З одного боку зразка їх більше й при великому збільшенні можна побачити незначну

кількість двійників усередині поліедрів. Дендритна структура з цього боку стає менш чіткою. Мікротвердість металу на лезі – 129 кг/мм²; в центрі – 82,7 кг/мм²; на спинці – 115,3 кг/мм². Величина зерна на лезі – 0,010 мм, у центрі – 0,025 мм, на спинці – 0,015 – 0,025 мм (Рис.Е.33.2,3).

Висновок: порівняння форми ножа-бритви із мікроструктурним вивченням дає змогу зробити висновок, що виріб було вилито в однобічній теплопровідній формі (можливо, кам'яній). Після цього вся поверхня піддана значному проковуванню. На робочий край припадає найбільша деформація, яка помітно знижується на ділянках, віддалених від леза. Про це свідчить вибіркова рекристалізація й залишки первинної вилитої структури. Не викликає сумніву зміцнювальний характер деформації леза (зменшення твердості у напрямку спинки). Кування провадилося з метою видалення ливарних пороків та зміцнення робочого краю.

Аналіз 92. Фрагмент пластинчастого браслета з двома поздовжніми каннелюрами на поверхні, закруглений на кінці. Ширина – 1,2 см; товщина – 0,2 см (Рис.Е.16.2). Шліф зроблено на поперечному перетині виробу. До травління видно корозію, що розповсюджується на межах дендритів.

Після травління відкрилася вилита дрібнодендритна структура. Слідів ковальської доробки не спостерігається. Мікротвердість металу – 132,4 кг/мм² (Рис.Е.33.4).

Висновок: браслет був вилитий у двобічній теплопровідній формі (дрібні розміри дендритів). Про двобічну роз'ємну форму свідчить майже овальний перетин виробу з невеликим загостренням на вершинах овалу, тобто у місцях стику двох стулок форми. Плавний загин браслета вказує на нагрівання вилитої заготовки перед її згинанням. Те, що нагрівання не відбулося на мікроструктурі, можна пояснити його нетривалістю та температурою, яка не перевищувала 600°C.

Аналіз 93. Фрагмент шпильки чи гачка (?), з квадратним перетином, на кінці загострений. Довжиною – 3,8 см, товщиною – 0,3 см. Різна товщина на

вістрі та трохи далі від нього пояснюється обсіпанням окислів на згині виробу (Рис.Е.16.3). Шліф зроблено на поздовжньому перетині вістря. До травління на краях шліфа спостерігаються сіро-голубі безформні глобулі; у центрі – велика газова пора й декілька дрібніших. Евтектоїдна фаза відсутня.

Шліф полірувався й піддавався травлінню хлорною міддю та хромпіком декілька разів. У результаті ми маємо два види мікроструктур. Одна з них – поліедрична без залишків вилитої структури. Розміри зерна складають 0,035 – 0,045 мм. Мікротвердість металу – 133,5 кг/мм² (Рис.Е.33.5).

Після повторного полірування й травління хлорною міддю з'явилися дуже витягнуті куванням дендрити, які простежувалися й після травління хромпіком, але вже на тлі рекристалізованих поліедричних зерен із великою кількістю двійників усередині.

Висновок: попередньо вилита заготовка кувалася скоріше за все у холодному стані (форма дендритів) із відпалюванням при невисокій температурі (величина рекристалізованого зерна), із високим ступенем обтиску (двійники деформації). Хімічний склад металу, де високий вміст свинцю (0,2%), вісмуту (0,2%), які підсилюють небезпеку розтріскування металу при гарячому куванні, може слугувати підтвердженням такого висновку.

Кування було вільним і направленим на витягування й загострення вістря.

Аналіз 94. Фрагмент проколки, з квадратним перетином з одного кінця, з круглим – посередині й прямокутним – на протилежному кінці. Довжина – 3 см (Рис.Е.16.4). Аналогічні вироби, але більші за розмірами, знайдені на курганному могильнику Гордіївка.

Шліф зроблено на поздовжньому перетині проколки. До травління видно евтектоїдну фазу, що витягнута вздовж зразка. Після травління відкрилася середньої величини поліедрична структура з великою кількістю двійників та

ліній зсуву всередині зерен. Структура має нечіткий характер. Величина зерна – 0,065 мм. Мікротвердість металу – 174,8 кг/мм² (Рис.Е.33.6).

Висновок: виріб сформовано куванням з вилитої заготовки при невисоких, нижчих 600°C, температурах (подрібненість евтектоїда). Правильний вибір майстром температурного режиму підтверджує підвищений вміст свинцю. Ступінь обтиску сягав 60%, бо на шліфі повністю відсутня первинна вилита структура. Дещо розмитий вигляд поліедричної структури та значна кількість ліній зсуву всередині зерен указують на те, що кування завершувалося по захололому металу.

Аналіз 95. Виріб з дроту (розкручений браслет ?) з круглим перетином діаметром 0,2 см (Рис.Е.16.5). Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління спостерігається міжкристалічна корозія, що розповсюджується на поверхні виробу, чорні крапочки на контурах зерен і дуже подрібнена й трохи витягнута вздовж зразка евтектоїдна фаза.

Після травління відкрилася поліедрична структура на стадії збиральної рекристалізації, зі значною кількістю двійників у зернах. Первинна вилита структура не спостерігається. Величина зерна – 0,045 – 0,065 мм. Мікротвердість металу – 107,4 кг/мм² (Рис.Е.34.1).

Висновок: дріт отримано з вилитої заготовки шляхом гарячого кування на фігурному ковадлі з накладкою (однакова товщина дроту).

Аналіз 96. Завиток скроневої підвіски (?) з дроту з круглим перетином. Діаметр дроту – 0,2 см (Рис.Е.16.6). Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління видно евтектоїд, витягнутий ланцюжками вздовж зразка та міжкристалічну корозію на ділянках, близьких до поверхні дроту.

Після травління відкрилася поліедрична крупнозерниста структура зі значною кількістю двійників усередині зерен. Величина зерна – 0,065 – 0,09 мм. Мікротвердість металу – 116,4 кг/мм² (Рис.Е.34.2).

Висновок: дріт виготовлено з попередньо вилитої заготовки шляхом гарячого кування (плавна витягнутість евтектоїдної фази) при температурі вищій 600°C, (крупні розміри поліедрів та велика кількість двійників у них) зі ступенем обтискання до 80% (форма евтектоїда).

У результаті вивчення бронзових виробів із поселення Воля–IV можна зробити наступні висновки. У переважній більшості (5 екз. із 6–ти) вироби отримані шляхом формувальної ковальської доробки вилитих заготовок. Для виготовлення виробів із дроту (ан. 95, 96) застосовані спеціальні ковадла з накладкою, а, скоріше за все, з огляду на товщину й форму перетину дроту, на той час уже існувало якесь пристосування на кшталт волочильної дошки. Залишки евтектоїдної фази свідчать про те, що ці роботи провадилися при температурах, вищих за 600°C. При цьому ступінь деформації сягав 60 – 80%.

Вільному гарячому куванню піддані шпилька (ан. 93), ніж (ан. 82), і проколка (ан. 94). Тут температури були нижчими за 600°C. І, відповідно, ступінь деформації був нижчим – 20 – 40% (ан. 82, 93) та до 60% (ан. 94).

У техніці лиття виконано браслет (ан. 92), який для згинання, можливо, одноразово й нагрівали до невисокої температури, що не відбилося на мікроструктурі.

Вид ливарних форм вдалося прослідкувати в двох випадках. Це – однобічна теплопровідна для ножа-бритви (ан. 82) і глиняна (?) двоскладова – для браслета (ан. 92).

Вище вже йшлося про вивчення у Московських лабораторіях металу культури Ноа з Острівецького могильника та поселення. Спектральний аналіз виконано Е.М. Черних, металографічний – Н.В. Риндіною. У Острівецькій колекції нараховується дванадцять шпильок. Дві з них були вилиті за восковою моделлю й доробці куванням не піддавались. Не виявлено жодних слідів додаткової обробки ще на трьох (одна з них – заготовка). Одна шпилька побувала під дією вогню й у її металі пройшов вторинний температурний процес, тому з'ясувати технологію її виготовлення

неможливо. Інші сім екземплярів піддані доробці куванням. Шість – при температурі, не нижчій за 400°C, а одна – холодним, яке направлене на видалення пороків лиття. Деформація в шести випадках із семи – невелика.

Браслети у двох випадках із трьох доробці куванням не піддавалися.

Шила, голки та стрижні невідомого призначення виготовлялися з вилитих заготовок і проковувалися в гарячому стані, в основному, – на вістрях, при температурах, не нижчих 400°C. Тільки в однієї голки вістря кувалося без нагрівання в холодному стані.

Із двох дротяних колечок одне кувалося з нагріванням до 415°C, інше – невідомо, бо побувало під дією вогню.

Отже, підсумовуючи технологію виготовлення бронзових виробів з Острівця, можемо сказати, що в тих випадках, коли це можна було встановити, вони були виготовлені з вилитих заготовок з наступним незначним допрацюванням при температурах, не нижчих за 400°C. Ступінь деформації був невеликим, бо при цьому спостерігається залишкова вилита первинна структура.

Якщо проводити технологічні паралелі між Острівцем і Волею–IV, то можна вказати на використання майстрами відмінних температурних режимів. Так вироби з Волі–IV, ті що допрацьовані куванням, були піддані гарячому кувнню (600°C). Тільки в одному випадку (ан. 96) температурний режим визначений вищим за 600°C. Острівецький метал піддавався неповному гарячому кувнню (400 – 425°C). Що ж до ступеня деформації, то метал з Волі–IV проковувався сильніше (до 60 – 80%).

І, нарешті, кажучи про рівень технологічних знань у майстрів культури Ноа, можна вказати на наступне: 1 – виливання виробів за восковою моделлю зі вставним стрижнем (шпилька); 2 – використання кам'яних та глиняних роз'ємних ливарних форм; 3 – гаряче та холодне кування. Привертає увагу застосування як гарячого, так і холодного кування при оформленні вістря голок та шпильок без урахування хімічного складу металу.

3.3. Вироби білогрудівського часу Полісся та Середньої Наддніпрянщини

У цьому підрозділі в одну колекцію згруповані технологічно досліджені вироби (9 екз.), що походять із різнокультурних пам'яток і географічних регіонів Лісостепової Правобережної України (Полісся та Середня Наддніпрянщина), які об'єднує один час існування – білогрудівський. Металографічні характеристики цих виробів надані у таблиці А.1. Результати спектрального аналізу згруповані у додатку В.3.

Під час будівельних робіт на території школи у с. **Смордва** Млинівського району Рівненської області було зруйноване поховання з бронзовими прикрасами (Никольченко, 1974, с.332–333). Серед них – два багатоспіральні браслети, шпилька з двома спіральними щитками (один обламаний) та шпилька з великою петлеподібною голівкою.

Аналіз 78. Фрагмент багатовиткового браслета із сегментоподібною у перетині бронзової стрічки шириною 1 см (Рис.Е.13.2). Шліф зроблено на поперечному перетині стрічки. До травління видно, як корозія розповсюджується вздовж границь полієдрів. Евтектоїд має вигляд голубих крапочок.

Після травління хромпіком відкрилася деформаційна структура на стадії збиральної рекристалізації з двійниками всередині зерен. На жаль, хімічний склад металу невідомий, але присутність на шліфі значної кількості евтектоїду дає підставу вважати, що олова у сплаві не менше 8%. Мікротвердість металу – 114 кг/см². Величина зерна – 0,065 – 0,09 мм (Рис.Е.28.1).

Висновок: Металева стрічка для браслета викувна з вилитої заготовки на ковадлі з широким жолобом лінзоподібною форми у перетині, завширшки 1 см. Кування провадилося при температурі близько 700°C, про що свідчить величина зерна й невисока твердість металу. У нагрітому ж стані заготовка накручувалася на оправку.

Аналіз 80. Шпилька з голівкою у вигляді двох спіральних завитків (один із них – відламаний), закручених в одній площині по обидва боки від голки. Довжина шпильки – 20,01 см (Рис.Е.13.9).

Зразки для металографічного аналізу вирізано на голівці (а) та кінці голки (б). Шліф а) дуже кородований. Корозія розповсюджується на межах поліедрів та двійників. Уздовж зразка пролягає сильно кородована тріщина. Після травління відкрилася дрібнозерниста структура на стадії збиральної рекристалізації із невеликою кількістю двійників всередині зерен. Евтектоїд, що присутній у невеликій кількості, дуже подрібнений і розташований у вигляді ледь помітних ланцюжків у напрямку деформації металу при куванні. Величина зерна – 0,015 – 0,025 мм. Мікротвердість – 132,5 кг/мм² (Рис.Е.28.3).

До травління на шліфі б) видно, як уся його поверхня вкрита дуже подрібненим евтектоїдом. Після травління відкрилася дрібнозерниста структура з великою кількістю двійників усередині зерен. Величина зерна – 0,015 – 0,025 мм. Мікротвердість – 159,2 кг/мм² (Рис.Е.28.4).

Висновок: після візуального вивчення виробу стало зрозумілим, що шпилька виготовлена вільним куванням, на це вказує нерівномірна у перетині, трохи бугриста поверхня стрижня. Послідовність операцій, скоріше за все, була наступною: спочатку з вилитої заготовки був викуваний стрижень і загострений. Далі, з протилежного боку, там, де мусила бути голівка, стрижень був розплесканий і набув у перетині прямокутної форми. Потім проковану частину розрубали навпіл. Відігнувши половинки у протилежні боки, вільним куванням витягнули дрід і завили у завитки на конусній оправці. Отриману пружину стиснули молотком. Виходячи з форми евтектоїду, його кількості та розташування, а також із характеру структури, ковальські роботи провадилися по холодному металу із проміжковими нагріваннями виробу до невисоких температур.

Браслет із **Вігачева**, зберігається у фондах НМІУ. Він виконаний із широкої пластини, що звужується на кінцях. Лицева поверхня пластини трохи опукла, зате зворотний бік її має виражене ребро по центру вздовж пластини, яке на кінцях зникає. У розгорнутому стані довжина пластини сягає 32 см, товщина у найширшому місці – 0,3 см. На обох кінцях пластини спостерігаються тріщини напруги (Рис.Е.13.1). Для технологічного аналізу зразок вирізано на кінці виробу.

Аналіз 119. До травління видно, як окисли розповсюджуються на межах поліедрів. Спостерігаються декілька пор, та з одного боку – дуже витягнутий куванням евтектоїд $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$.

Після травління відкрилася дрібнозерниста поліедрична структура без двійників та ліній зсуву на стадії збиральної рекристалізації. Величина зерна – 0,035 мм. Мікротвердість металу – 139,3 кг/мм² (Рис.Е.28.6).

Висновок: з огляду на те, що на обох кінцях пластини неозброєним оком видно тріщини напруги, що може свідчити про сильну деформацію, а на структурі це не простежується (відсутність двійників деформації), то можна зробити висновок про те, що браслет або побував під впливом вогню, або структура відображає зміни, які пройшли під час реставрації виробу.

Шпилька з кільцеподібною голівкою випадково знайдена на багатошаровому поселенні **Литвинівка-1** (Лысенко, Потельчак, 2003, с.179–181). Для металографічного аналізу вирізано два зразки. Один (97а) – в основі голівки, а другий (97б) – на кінці стрижня (Рис.Е.13.6).

Аналіз 97а. До травління з одного боку шліфа помітні дрібні пори, від яких розходяться дрібні тріщинки, що пролягають по межах поліедрів.

Після травління хлорною міддю відкрилася дрібнодендритна структура. Дендрити помітно направлені від центра шліфа до його поверхні. Після травління хромпіком на тлі дендритної ліквіації проступила зерниста структура. У центрі зразка, в основному, розташовані крупні зерна, що мають хвилясті межі. З одного боку зерна дрібнішають. Усередині поліедрів, як

великих, так і дрібних, двійники не спостерігаються. Величина зерна – 0,025 – 0,15 мм. Мікротвердість – 125,4 кг/мм² (Рис.Е.29.1).

Аналіз 976. На нетравленому шліфі в центрі видно велику тріщину й дрібніші, що розходяться від неї променями.

Після травління на тлі залишкових дендритів спостерігається дрібнодисперсна поліедрична структура з невеликою кількістю деформаційних двійників. Величина зерна – 0,025 – 0,035 мм. Мікротвердість металу – 127 кг/мм² у центрі шліфа й поступово до краю підвищується до 133 кг/мм² (Рис.Е.29.2).

Висновок: шпилька була вилита у роз'ємну кам'яну форму (розташування осей дендритів, їхні розміри). Доробка куванням, скоріше за все, була направлена на оформлення чи загострення вістря. Куванню передувало нагрівання заготовки до температури близько 600°C. Але додатковій деформації було піддане не тільки вістря. Ступінь деформації на ділянках, віддалених від вістря, помітно знижується. Про це свідчить вибіркова рекристалізація й залишки первинної вилитої структури.

Голівка куванню не піддавалася, а процес рекристалізації проходив під дією температури при нагріванні шпильки для робіт над оформленням вістря. Свідченням тому є крупні рекристалізовані зерна з хвилястими границями.

На поселенні біля с. **Бобриця** Каневського р-ну Черкаської обл. було знайдено декілька бронзових виробів: дві шпильки з кільцеподібними голівками, три кільця, підвіска білогрудівського типу, дві спіральки, невелика обойма з плаского дроту та фрагмент пластини (Даниленко, 1956, с. 16, табл. VIII: 3, 4). Технологічно досліджені обидві шпильки, а на спектральний аналіз відібрані проби зі шпильок, кілець та уламка спіралі.

Аналіз 142. Шпилька з кільцеподібною голівкою сплащеною з одного боку. По внутрішньому периметру кільця голівки лишився ливарний шов, через це отвір не має форми кола. По всій довжині виробу чітко

простежується. Довжина шпильки – 14 см, діаметр голівки – 1,3 см. (Рис.Е.13.8).

Шліф зроблено на підполірованій поверхні вістря. До травління спостерігається ковальський шов і дуже подрібнена евтектоїдна фаза в малій кількості (Рис.Е.49.3).

Після травління проявилася деформована дендритна структура, яка повторює загин шва. В міждендритних проміжках видно дрібні рекристалізовані зерна завбільшки 0,010 – 0,015 мм. Мікротвердість металу 179,4 кг/мм² (Рис.Е.49.4).

Висновок: шпилька відливалася в однобічній, скоріше за все, кам'яній формі з пласкою кришкою. Щоб надати стрижню круглого перетину, майстер згорнув затіки металу по всій його довжині до центру та прокував. Хоча особлива увага була приділена нижній частині стрижня, та шов, який спостерігається на самому вістрі, свідчить про невисокий кваліфікаційний рівень майстра (шов). Ковальські роботи провадилися при температурі 400 – 500°C (напівгаряче кування) з деформацією в 20 – 40%.

Аналіз 147. Шпилька з кільцеподібною голівкою. Довжина виробу 6,7 см, діаметр голівки – 1,2 см (Рис.Е.13:4). Шліф виготовлено на вістрі шляхом підполіровки поверхні.

До травління видна дрібна пористість та корозія, яка розповсюджується по границях зерен.

Після травління CuCl залишкової вилитої структури не спостерігається. Структура – різнозафарбовані рівноосні зерна з невеликою кількістю двійників всередині. Зміцнення вістря не спостерігається. Величина зерна – 0,045 мм. Мікротвердість металу 108,4 кг/мм² (Рис.Е.49.5).

Висновок: шпилька відлита у двобічній ливарній формі (залишки ливарного шва на голівці). Доробка куванням була направлена на оформлення стрижня та загострення вістря й провадилася при температурі 400 – 500°C (напівгаряче кування) з деформацією в 20 – 40%.

Три кільця вивчені візуально та спектрально. Вони відлиті у двостулковій (кам'яній ?) ливарній формі й доробці куванням не піддавалися (Рис.Е.13.7).

Отже, про досліджені бронзові вироби білогрудівського часу можна сказати наступне. Всі вироби допрацьовані з більшим або меншим ступенем кування попередньо вилитих заготовок. У двох випадках вдалося простежити матеріал ливарних матриць. Це шпильки зі кільцеподібною голівкою з Литвинівки й Бобриці. Вони відлиті в кам'яних формах: двоскладовій (Литвинівка, Бобриця – ан. 142) і однобічній з кришкою (Бобриця – ан. 147). Можливо, в кам'яній двоскладовій формі відлиті кільця з Бобриці. У двоскладовій ливарній формі відлита і заготовка браслета з Вітачева. Температурні режими кування не однакові, а саме: холодне кування із проміжковими нагріваннями заготовки до температури 600°C спостерігається на шпильці з Литвинівки (ан. 97а–б); із проміжковим нагріванням виробу до невисоких температур – на шпильці зі Сморгоні (ан. 80); напівгарячому куванню піддані шпильки з Бобриці (400 – 500°C), у гарячому стані (при температурі біля 700°C) провадилося кування заготовки браслета зі Сморгоні.

У білогрудівський час майстри продовжували використовувати фігурні жолобчасті ковадла для виковування лінзовидної у перетині металевої стрічки-заготовки для багатоспиральних браслетів, конусні оправки для закручування спіральних щитків на прикрасах.

3.4. Вироби висоцької культури

На цей час це – перше дослідження металу висоцької культури з застосуванням природничих методів. Досліджені бронзові вироби з ґрунтового могильника ранньовисоцької культури **Петриків** Тернопільського району Тернопільської області походять з культурного шару (Ситник, 1990, с.55; Бандрівський, 2002, с.117, рис. 23:1,2,4,5). Це – предмети побуту та прикраси, всього 9 виробів. До предметів побуту належать шило та бритва; до прикрас відносимо три фрагменти браслетів, уламок голки фібули (?), два

фрагменти завитків із дроту, дротяний утримувач волосся. Результати спектрального аналізу досліджених виробів показані у таблиці В.4. Металографічні характеристики виробів надані у таблиці А.1.

Аналіз 83. Сувій дроту, з овальним перетином, скручений у чотири витки (тримач волосся). Довжина дроту – 31 см, товщина – 0,4 см. На кінцях дріт звужується (Рис.Е.17.1). Шліф зроблено на поздовжньому перетині. До травління видно крупне вкраплення окислу та нечисленні дрібні пори. Метал корозією не пошкоджений. Евтектоїдна фаза у вигляді дрібних крапочок витягнута вздовж зразка у напрямку деформації.

Після травління відкрилася поліедрична структура на стадії збиральної рекристалізації з великою кількістю двійників усередині зерен. Розміри поліедрів зменшуються від центра зразка до краю. Залишки дендритної структури не простежуються. Величина зерен – 0,045 мм на краю; 0,065 – 0,09 мм – у центрі. Мікротвердість металу – 129,6 кг/мм² (Рис.Е.34.3).

Висновок: дріт виготовлено куванням при високих температурах зі значним ступенем обтиску на жолобчастому ковадлі з накладкою. Свідченням тому є крупнозерниста структура, форма та розташування евтектоїдної фази на шліфі. Відсутність первинної вилитої структури, велика кількість двійників у поліедрах є результатом високого ступеня обтискання – до 80%. Закінчення кування при зниженні температури металу викликало подрібнення структури на кінці дроту.

Аналіз 84. Фрагмент пластинчастого браслета (?), лінзоподібного у перетині (Рис.Е.17.2). Шліф зроблено на поперечному перетині виробу. До травління помітні численні крупні круглі газові пори, що рівномірно розсіяні по всьому полі шліфа, та міждендритні корозійні мікротріщини.

Після травління відкрилася вилита крупнодендритна структура без слідів вторинної обробки. Мікротвердість металу – 112 кг/мм² (Рис.Е.34.4).

Висновок: така велика кількість газових пор свідчить про використання перегрітого металу. Виріб був вилитий у двобічній, можливо, глиняній формі й подальшій обробці куванням не піддавався. Поверхня полірована.

Аналіз 85. Фрагмент браслета з дроту з круглим перетином, прикрашений округлими щитками, між якими карбуванням нанесений орнамент у вигляді смуг із паралельних рисочок і „ялинки”. На боковій поверхні спостерігається відбиток нерівності на формі. Поверхня браслета, там де немає орнаменту, – гладенька (Рис.Е.17.3).

Шліф зроблено на поперечному перетині виробу. До травління видно численні газові форми, невелика кількість Cu_2O та невелика кількість евтектоїдної фази, розташованої між гілками дендритів.

Після травління відкрилася вилита дендритна структура без жодних слідів ковальської доробки. Мікротвердість металу – 110 кг/мм^2 (Рис.Е.34.5).

Для уточнення температурного режиму при нанесенні орнаменту й перевірки можливості припаювання щитків на готовий виріб був зроблений поздовжній розріз шліфа. Структура на цьому шліфі виявилася аналогічною першій.

Висновок: браслет виливався за восковою моделлю. Жодних слідів паяльного шва між щитком і браслетом не виявлено. Орнамент виконано у техніці чеканки по нагрітому виробу інструментом із розплесканим і трохи округленим робочим кінцем шириною 0,4 см.

Аналіз 86. Фрагмент голки фібули (чи шпильки) з чотирикутним перетином (Рис.Е.17.4). Шліф зроблено на поздовжньому перетині. До травління спостерігалось декілька газових пор круглої форми й невелика кількість евтектоїда, розташованого на межах зерен.

Після травління проявилися дрібні зерна на стадії збиральної рекристалізації з двійниками на тлі залишкової дендритної структури. Залишки дендритів розташовані хаотично. Величина зерна – $0,025 - 0,035 \text{ мм}$ (Рис.Е.34.6).

Висновок: виріб піддано незначному куванню зі ступенем обтиску в 20 – 40%. Форма залишкових дендритів дає можливість припустити, що ковальські роботи провадилися по холодному металу з метою загострення кінця виробу.

Аналіз 87. Фрагмент завитка з квадратного у перетині дроту (Рис.Е.17.5). Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління помітна корозія, що розповсюджується на межах поліедрів і подрібнена евтектоїдна фаза. Вздовж шліфа пролягає велика кородована тріщина. Від неї під кутом у 90° відходять дві менші.

Після травління відкрилася дрібна рекристалізована поліедрична структура на стадії збиральної рекристалізації з невеликою кількістю двійників у зернах. Залишки дендритної ліквації не спостерігаються. При великому збільшенні у поліедрах помітні лінії зсуву. Величина зерна – 0,035 – 0,045 мм. Мікротвердість металу – 136,4 кг/мм² (Рис.Е.35.1).

Висновок: дріт для виробу кувався на жолобчастому ковадлі з високим ступенем обтиску (до 60 – 80%), бо відсутня первинна вилита структура. Роботи провадилися при невисокій температурі (розміри поліедрів), яка під кінець оформлення виробу значно знизилася, що й викликало появу ліній зсуву в поліедрах.

Аналіз 88. Два фрагменти браслета з пласкої пластини. Збоку видно ливарний шов. Поверхня дуже гладенька (Рис.Е.17.7). До травління по всьому полю шліфа розсіяно багато дрібних і крупних газових пор круглої форми. Голуба евтектоїдна фаза покриває сіткою всю площину шліфа.

Після травління відкрилась вилита дендритна структура. Мікротвердість металу – 100,6 кг/мм² (Рис.Е.35.2).

Висновок: браслет був виконаний у техніці лиття й доробці куванням не піддавався.

Аналіз 89. Завиток від прикраси з плаского дроту шириною 0,3 см (Рис.Е.17.8). Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту з плаского

боку. До травління по всьому полю шліфа розсіяні дрібні пори й подрібнений, трохи видовжений евтектоїд, що розташований неначе по колу.

Після травління відкрилася дрібнозерниста поліедрична структура з великою кількістю двійників у зернах. Величина зерна – 0,025– 0,035 мм. Мікротвердість металу – 130 кг/мм² (Рис.Е.35.3).

Висновок: дріт кувався з великим ступенем обтиску (відсутня дендритна ліквіація). Беручи до уваги розташування евтектоїда, можна припускати, що завиток отримано навиванням круглого у перетині дроту на конусний бовван не дуже щільно та стисканням пружини до такого ступеня, що дріт став пласким.

Бритва з обламаним руків'ям і виступом-протуберанцем із грибоподібною шляпкою на верхів'ї (Рис.Е.17.6). Зразки для шліфів вирізано на поперечному перетині леза (ан.90), на руків'ї (ан.90а) та на шляпці виступа (ан.90б).

Аналіз 90. До травління спостерігається дрібна пористість по всьому полю шліфа. Евтектоїд не спостерігається. Після травління хлорною міддю проявилися залишкові дендрити, більш подрібнені в центрі й витягнуті на лезі. Після травління хромпіком відкрилася рекристалізована поліедрична структура з середньою кількістю двійників у зернах. Подекуди зустрічаються лінії зсуву. Величина поліедрів – 0,045 – 0,065 мм. Мікротвердість усередині і на спинці – 127,5 кг/мм², а на лезі підвищується до 170,3 кг/мм² (Рис.Е.35.4).

Висновок: кування провадилося в гарячому стані. Лезо нагрівалося не вище 600°C, бо залишкові дендрити в напрямку від спинки до леза під дією кування поступово набувають витягнутої форми.

Аналіз 90а. До травління помітні дрібні пори та мікротріщини. Після травління хлорною міддю проявилися залишкові дендрити. Після травління хромпіком у міждендритних проміжках з'явилися дрібні зерна зі значною кількістю двійників усередині. Мікротвердість металу – 10,8 кг/мм². Величина зерна – 0,035 – 0,025 мм (Рис.Е.35.5).

Висновок. Рекристалізація відбулася виключно під дією температури, ковальській доробці руків'я не піддавалося.

Аналіз 90б. До травління видно чорні крапки, що розсіяні по всьому полю шліфа, й велика газова пора. Корозія розповсюджується на межах дендритів.

Після травління відкрилася поліедрична структура на тлі залишкової дендритної структури. Крупні поліедри мають хвилясті межі. З одного боку шліфа зерна подрібнені. В цьому місці спостерігається невелика кількість ліній зсуву. Розміри поліедрів – 0,35 – 0,12 мм. Мікротвердість металу – 101,7 кг/мм²; у місці подрібненості зерен твердість збільшується до 193,2 кг/мм² (Рис.Е.35.6).

Висновок: так само, як і руків'я, виступ-протуберанець ковальській доробці не піддавався. Зникнення дендритної ліквації пов'язано з нагріванням виробу для кування леза. Подрібненість поліедрів і наявність ліній зсуву з одного боку шліфа найімовірніше викликана ліквідуванням ливарних пороків.

Отже, заготовка бритви виливалася у двостулковій ливарній формі (залишки ливарного шва на шляпці протуберанця). Формувальному куванню була піддана вся робоча частина, хоча особлива увага приділена самому лезу (набагато вища мікротвердість тут у порівнянні зі спинкою, форма залишкових дендритів). Ковальські роботи провадилися при невисокій температурі – до 600°C – із порівняно високим ступенем деформації. Не викликає сумніву зміцнювальний характер деформації леза.

Ан.91. Шило чотиригранне у перетині трохи загострене на робочому кінці та розплескане на протилежному, довжиною 8,5 см (Рис.Е.17.9). Шліф зроблений на поздовжньому перетині розплесканого кінця.

До травління видне одне велике вкраплення видовженої форми. Евтектоїд відсутній, бо кількість олова у металі 1,611%, сурми – 1,988%.

Після травління відкрилася рекристалізована поліедрична структура з вузькими двійниками всередині різнозабарвлених зерен. Часто видно як

крупні зерна оточені дрібними, що свідчить про стадію збиральної рекристалізації. З одного боку шліфа зерна мають волокнистий вигляд. Мікротвердість металу у центрі шліфа – 114,3 кг/мм², з боків 180,8 кг/мм².

Висновок. Співставлення результатів візуальних спостережень з металографічним аналізом дає можливість стверджувати, що шило виготовлене шляхом формуючого кування. Розплесканий кінець мусив покращити насаджування руків'я на саме шило. Ця операція відобразилася на структурі у вигляді волокнистості зерен.

Як говорилося вище, колекція з Петрикова нараховує 9 виробів, переважна більшість яких є прикрасами (7 екз. із 9-ти). Серед них є три вилиті браслети, що ніякій додатковій обробці не піддавалися, за винятком нанесення чеканного орнаменту (ан. 85). Цей тип браслетів в основному зустрічається у могильниках вільховецького типу та висоцької культури. Характерною ознакою їх вважаються напаяні овальні щитки. Натомість, вважаємо, що браслети виливалися за восковою моделлю. Цьому висновку не суперечить мікроструктурний аналіз, яким не виявлено жодних ознак паяльного шва. До того ж, технологія лиття за восковою моделлю широко використовувалася на той час у багатьох культурах Центральної Європи й майстри-ливарники набули великої віртуозності у виконанні таких робіт. З усіх відомих на цей час браслетів цього саме типу тільки петриківський прикрашено чеканним орнаментом, тому Д. Павлів виділяє його у окрему 2-у групу (Павлів 1993. –С. 32 – 34; –С. 33, рис. 2.6).

Браслети (ан. 84, 88) виливалися в роз'ємних двобічних глиняних формах. Характерною ознакою є ливарний шов, що утворюється в місці затікання металу на стику двох стулок (ан. 88) і овальний перетин виробу (ан. 84). Поверхня браслетів полірувалася.

Бритва з обламаним руків'ям та грибоподібним протуберанцем на спинці відливалася в двобічній роз'ємній формі (залишки ливарного шва на протуберанці). Доробка куванням була направлена на формування робочої

поверхні й видалення ливарних пороків та зміцнення леза, і відображується підвищенням мікротвердості від спинки до леза.

Це – центральноєвропейський тип бритов. На пам'ятниках висоцької культури відомі бритва з Гончарівки та бритва без протуберанця на спинці з Лошнева (Крушельницька, 1985, с.76, рис.23:2).

Фрагмент голки шпильки чи фібули (ан. 86) піддано вільному куванню з невисоким ступенем деформації – до 40% при температурі близько 600°C. Кування було направлене на витягування та загострення вістря.

На відміну від попереднього виробу шило (ан. 91) піддавалося більш інтенсивному проковуванню.

І, врешті, дротяні вироби (ан. 83, 87, 89). Тут можна зазначити, що цей тип прикрас виготовлявся з вилитих заготовок шляхом кування на жолобчастому ковадлі з накладкою при температурах, вищих за 600°C (ан. 83, 89) і нижчих за 600°C (ан. 87). Ступінь деформації на всіх трьох виробах сягав 60 – 80%. Тонкий перетин дроту (ан. 83, 87) наводить на думку про існування на той час не тільки жолобчастих ковадел з накладкою, але й інструменту на кшталт волочильної дошки з різної форми отворами – овального (ан. 83) й прямокутного (ан. 87).

Завиток з плаского дроту (ан. 89) скоріше за все отримано шляхом розпліскування нещільно закрученого на оправці дроту (розташування евтектоїда).

Наостанку зауважимо, що метал з Петрикова дуже пористий, що є свідченням його перегріву.

Металеві вироби висоцької культури методами точних наук досі ніхто не досліджував, тому, аналізуючи отримані результати, ще раз наголосимо на тому, що це – перша спроба технологічного вивчення металу цієї культури.

3.5. Вироби з Гордіївки

Переважну більшість зібраної колекції складають металеві вироби з Гордіївського курганного могильника, що був досліджений у 1986 – 1988

роках на території Тростянецького р-ну Вінницької обл. спільною експедицією Інституту археології НАН України та Вінницького музею (Berezanskaja, Kločko, 1998).

Значну частину поховального інвентаря з Гордіївського могильника становлять численні вироби з металу: золоті, бронзові та залізні. На жаль, предмети, що виготовлені з заліза, – повністю окислені, тому для даної роботи найбільший інтерес становлять, у першу чергу, вироби з бронзи. Два колечка з кургану 23, що спочатку вважалися срібними, у результаті аналізу виявилися також бронзовими. Колекція бронзових виробів із Гордіївки найчисельніша. Із 90 екземплярів на спектральний аналіз з 56 предметів відібрана 61 проба. Така невідповідність кількості проб та виробів пояснюється тим, що із деяких предметів бралось по декілька проб (таких як музичний інструмент, ніж із долитим руків'ям, трикільчасті вудила, оббивка від дерев'яної чаші з цвяшком. Ця методика виправдала себе, показавши, що складені предмети мають відмінності у хімізмі металу, що вони виконувалися з різних по черзі переплавлених зливок сировинного матеріалу, який походить інколи з руд різного хімічного складу (див. нижче). На цей аспект звернули увагу й польські дослідники Я. Дамбровський та З. Хенсель (Dąbrowski, Hensel, 2005, s.16). Спектральний аналіз гордіївських виробів був проведений у Московській спектральній лабораторії Інституту археології РАН Є.М. Черних (шифри лабораторії – 44769, 44721 – 4468, 44770 – 44771), у Київському Інституті судових експертиз (ан. 62а – б; 63 – 69; 71), а металографічний – автором у лабораторії фізико-природничих методів ІА НАН України.

Колекція бронзових виробів із Гордіївського могильника, що була піддана металографічному аналізу, складає 56 предметів. Серед них – 10 ножів, 9 проколов, “стилєт”, два наконечника стріл, двоє вудил, дві дзвоникоподібні підвіски, 3 кільця й одна бляха від кінського спорядження, один диск, 8 браслетів, 11 шпильок, 2 персні, музичний інструмент та

стрижень невідомого призначення. Результати спектрального аналізу згруповані в таблиці В.5; металографічні характеристики досліджених виробів демонструє таблиця А.5.

Значне пошкодження корозією багатьох виробів стало на перешкоді для більш широкого вивчення металу з Гордіївки. Висока художня цінність виробів зумовила відбір зразків для структурного аналізу, в першу чергу, з поламаних.

3.5.1. Ножі

Аналіз 21. Ніж із кургану 13 однолезовий, черешковий з горбатою спинкою. Лезо трикутне у перетині з обламаним вістрям. Черенок прокований. Довжина виробу – 12,2 см; довжина леза – 8 см; ширина леза – 1,6 см; ширина руків'я – 0,5 см (Рис.Е.18.3).

Шліфи зроблено на поперечному перетині леза (а) і поздовжньому перетині черешка (б). До травління на шліфі (а) помітні окремі рідкі включення евтектоїда, на шліфі (б) евтектоїд не спостерігається. Міжкристалітна корозія розвивалася по великих дендритах вихідної структури (шліф а) і на межах поліедрів (шліф б). Після травління на шліфі (а) відкрилася структура, що сильно відзначається на лезі й на відстані від нього. Великі розгалужені дендрити й поруч з ними зонально розташовані поліедри з двійниками спостерігаються вдалині від леза. Величина поліедричних кристалів – 0,015 – 0,025 мм. Ближче до леза залишкові дендрити втрачають чіткість обрисів, витягуються в поздовжньому напрямку й місцями зовсім зникають. Поліедри з наближенням до леза набувають розмитих обрисів. На тлі деяких помітні численні лінії зсуву. Мікротвердість – 267 кг/мм² (Рис.Е.36.1).

На шліфі (б) мікроскопічне дослідження виявило цілком рекристалізовану структуру. Зерна – середньої величини – 0,4 мм з великою кількістю двійників і ліній зсуву. Мікротвердість металу – 173 кг/мм² (Рис.Е.36.2).

Висновок: послідовність операцій з виготовлення ножа була наступною. Спочатку у формі з низькою теплопровідністю (глиняна?) відливалася заготовка з клинком, близьким за формою до готового виробу. Потім вона піддалася холодному куванню з відпалюваннями, що було спрямовано на витягування та зміцнення леза. Ступінь обтискання металу на лезі досягав 60% (характер залишкових дендритів). Структура на лезі відбиває завершальний етап холодного кування, після якого відпалювання вже не було (розбитість поліедрів, лінії зсуву на їхньому тлі). Кування черешка було формувальним (і, можливо, було проведено в один прийом), провадилося при невисоких температурах (розмір зерна) і завершилося, коли метал уже почав остигати (лінії зсуву).

Аналіз 22. Ніж з кургану 7 однолезовий із прямою спинкою трикутним у перетині лезом і трьома бронзовими заклепками на руків'ї. Довжина ножа – 19,5 см; довжина леза – 14,5 см; довжина заклепок – 1,5 см (Рис.Е.18.1).

Виготовлено 3 шліфи: (а) – на поперечному перетині леза: (б) – на поздовжньому перетині закінчення руків'я: (в) – на поперечному перетині руків'я, біля отвору під заклепку. До травління на всіх шліфах помітні окремі подрібнені включення евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ і великі пори від глобулів свинцю, що викришилися. Після травління відкрилася структура, що складається з великих розгалужених дендритів (форма з низькою теплопровідністю). Місцями на поверхні дендритів помітні смуги деформації й смуги плину. На шліфі (а) вони помітні поблизу від леза, на шліфі (б) – поблизу отвору в руків'ї. Мікротвердість металу на шліфі (а) підвищується до леза від 128,5 кг/мм² до 170 кг/мм². На шліфі (б) мікротвердість – 85,6 кг/мм², на шліфі (в) – 102,7 кг/мм² (Рис.Е.36.3–5).

Висновок: вилитий за восковою моделлю виріб (сліди загладжування воску по всьому клинку) був підданий незначній холодній доробці, що була спрямована на зміцнення леза, а на руків'ї пов'язана із вторинним пробиванням отвору (смуги деформації та смуги плину). Ступінь деформації

при доробці коливалася від 20 до 40 %. Лиття провадилося в глиняну форму (крупні дендрити).

Аналіз 23. Ніж із кургану 6 із трикутним у перетині лезом і обламаним вістрям. На руків'ї дві заклепки. Спинка ножа орнаментована трьома паралельними лініями. Довжина ножа – 17 см; ширина леза – 1,5 см; довжина леза – 12,7 см; товщина спинки клинка – 0,3 см (Рис.Е.18.2).

Шліф був виготовлений на поперечному перетині лезової частини. До травління на шліфі спостерігалися дуже дрібні включення евтектоїда, що місцями витягнуті уздовж шліфа. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану структуру на тлі сильно витягнутих у поздовжньому напрямку дендритів. Усередині поліедрів добре помітні лінії зсуву (Рис.Е.10,4). Величина поліедрів і двійників не перевищує 0,01 – 0,02 мм. Мікротвердість металу – 176,5 кг/мм² (Рис.Е.36.6).

Висновок: заготовка ножа, вилита за восковою моделлю (сліди загладжування воску), була піддана ковальській доробці. На руків'ї вона пов'язана з прошиванням отвору під заклепки. Клинок піддавався формувальному гарячому куванню. Завершальна операція зводилася до зміцнювального проклепування леза. Орнамент на клинку гравійований.

Аналіз 24. Ніж із кургану 24 з горбатою спинкою, широким трикутним у перетині лезом і чотирма заклепками на руків'ї, кінець якого обламаний. Довжина ножа – 18 см; довжина руків'я – 8 см; ширина руків'я – 1,3 см; ширина клинка – 2,7 см; товщина спинки – 0,3 см (Рис.Е.19.2).

Виготовлено 2 шліфи на поперечному перетині клинка (а) і в місці переходу клинка в руків'я. До травління на шліфах помітні окремі дрібні включення евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Після травління на шліфі (б) простежується крупнодендритна структура без будь-яких слідів деформації (Рис.Е.37.2). Зовсім інша структура на шліфі (а). Вона має рекристалізований характер і складається з поліедрів і двійників середньої величини – 0,035 – 0,045 мм. Удалині від леза простежуються злегка витягнуті залишкові дендрити

(Рис.Е.37.1). Мікротвердість металу на шліфі (а) – $135,2 \text{ кг/мм}^2$, на шліфі (б) – $117,9 \text{ кг/мм}^2$.

Висновок: спочатку відливалася заготовка виробу. Доробці куванням піддавалася тільки клинкова частина (непорушена дендритна структура на руків'ї). Формувальне кування клинка здійснювалося холодним і супроводжувалося проміжковими відпалюваннями. У цьому переконує відсутність тріщин у металі і високий ступінь його деформації (60 – 70%) у сполученні з підвищеним вмістом олова й свинцю в сплаві (Sn – 15%, РЬ – 0,45%). На завершення на руків'ї в холодному стані пробили отвір під заклепки.

Аналіз 25. Ніж з кургану 19 однолезовий, із майже прямою спинкою, коротким прямим черешком і Т-подібним перетином клинка. Вістря леза обламане. Довжина ножа – 15,2 см; довжина черешка – 3 см; ширина черешка – 0,5 см; ширина спинки – 0,6 см; ширина клинка – 1,8 см (Рис.Е.19.1).

Виготовлено 3 шліфи: на поперечному перетині лезової частини (а), на поперечному перетині спинки (б) й на поздовжньому перетині черешка (в). Мікроскопічне дослідження виявило на шліфі (а) крупнодендритну структуру, де дендрити витягнуті в напрямку деформації металу. На них накладаються поліедри з двійниками, величина яких коливається в межах $0,01 - 0,045 \text{ мм}$ (Рис.Е.37.3). На шліфі (б) спостерігається рекристалізована структура на тлі подроблених дендритів. Величина поліедрів із двійниками – $0,045 - 0,09 \text{ мм}$ (Рис.Е.37.4). У тій частині шліфа, що відповідає спинці ножа, зерна відрізняються здрібненістю. Їх розміри – $0,035 - 0,045 \text{ мм}$. На шліфі (в) виявлена деформована волокниста структура (Рис.Е.37.5). Мікротвердість металу – (а) $87,1 \text{ кг/мм}^2$, (б) $116,5 \text{ кг/мм}^2$, (в) $217,3 \text{ кг/мм}^2$.

Висновок: заготовка ножа відливалася у формі з низькою теплопровідністю (глина?). Далі заготовка кувалася в гарячому стані зі ступенем обтискання в 40% (залишкова дендритна ліквація). Кування було

спрямоване на формування спинки ножа й видалення дефектів лиття. Черешок розклепано в холодному стані (форма дендритів, мікротвердість). На завершення весь клинок прокований холодним (смуги ковзання). Особливо ретельній деформації була піддана лезова частина клинка (здрібненість і розбитість поліедрів). Ще слід зазначити, що за результатами спектрального аналізу концентрація олова у сплаві складає 13%. А тому, що евтектоїд на жодному шліфі не спостерігається, то можна було б думати припускати, про високотемпературне відпалювання. Але, з іншого боку, наявність дендритної ліквідації виключає дане припущення. Залишається тільки припустити неточність у спектральному аналізі.

Аналіз 26. Ніж із кургану 18 з горбатою спинкою, двома заклепками на руків'ї та Т-подібним перетином клинка. Спинка ножа прикрашена гравірованим “ялинковим” орнаментом. Довжина ножа – 15 см; довжина руків'я – 4,8 см; ширина руків'я – 1,3 см; ширина клинка – 2 см; ширина спинки – 0,6 см (Рис.Е.18.4).

Виготовлено три шліфи: а) – на поперечному перетині клинка, б) – на поздовжньому перетині заклепки та в) – на поздовжньому перетині руків'я. На шліфі а) металографічне дослідження виявило рекристалізовану дрібнозернисту структуру з численними двійниками та лініями зсуву на тлі залишкових дендритів. Величина зерна – 0,025 – 0,035 мм. Ближче до центру залишкових дендритів більше, а поліедри стають крупнішими. Лінії зсуву не спостерігаються. Тут величина зерна досягає 0,12– 0,15 мм. У тому місці шліфа, яке відповідає спинці, зерна знову дрібнішають (0,015 – 0,065 мм), дендритна структура зникає. На самому краєчку шліфа зерна мають розбитий характер. Мікротвердість металу на спинці клинка – 118,8 кг/мм², на лезі – 184,5 кг/мм²(Рис.Е.37.6).

Дослідження шліфа б) виявило повністю рекристалізовану поліедричну структуру з двійниками та численними лініями зсуву. Евтектоїд подрібнений і витягнутий ланцюжками. Вздвож шліфа неозброєним оком видно тріщини.

На краях заклепки структура розбита холодним куванням. Величина поліедрів – 0,025 – 0,045 мм. Мікротвердість металу – 199,5 кг/мм² (Рис.Е.38.1).

На шліфі в) спостерігається вилита крупнодендритна структура з лініями зсуву. Мікротвердість металу – 144,45 кг/мм² (Рис.Е.38.2).

Висновок: заготовка ножа відливалася у формі з низькою теплопровідністю (величина дендритів). Доробка куванням була спрямована на усунення ливарних дефектів та зміцнення обтискуванням леза. Обтискання металу на лезі становило 20 – 40% і провадилося при невисокій температурі (залишкові дендрити, величина поліедрів). Спинка ножа також піддавалася невеликому холодному проковуванню, а потім на неї у техніці гравірування був нанесений орнамент (розмитість поліедричної структури, відсутність дендритної ліквідації). На завершення обтискування руків'я ножа було злегка проковане в холодному стані. Заклепка для закріплення накладок на руків'я була виготовлена з дроту, отриманого холодним куванням з відпалюваннями (характер евтектоїда), з обтисканням металу до 80% (відсутність дендритної ліквідації). Холодне розклепування закінчень отримане при закріпленні накладок.

Аналіз 27. Ніж із кургану 15, однолезовий з горбатою спинкою й трьома заклепками на руків'ї. Клинок, спинка й руків'я ножа прикрашені гравірованим орнаментом. Довжина ножа – 19 см; довжина клинка – 11,8 см; ширина клинка – 1,2 см; ширина руків'я – 1,2 см (Рис.Е.19.3).

Шліф зроблено на поперечному перетині лезової частини. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану структуру, що складається з дрібних поліедричних кристалів із двійниками. Їх розміри – 0,025 – 0,035 мм. Дендритна структура відсутня. Мікротвердість металу – 194 кг/мм² (Рис.Е.38.3).

Висновок: вилита заготовка виробу кувалася холодною з проміжковими відпалюваннями, про що свідчить відсутність тріщин у металі при високому

вмісті олова (13%) і свинцю (0,23%). Ступінь обтискання металу складала 60 – 80%, що й викликало зникнення дендритної ліквідації. Кування було спрямовано на витягування леза. Орнамент наносився вже на готовий виріб по ще теплому металу. Використовувалося три види інструментів для гравіювання прямих і коротких ліній.

Аналіз 28. Ніж із кургану 28, однолезовий з горбатою спинкою, Т-подібним перетином клинка і коротким, розклепанним на кінці черешком. Довжина ножа – 14,5 см; довжина черешка – 3 см; ширина – клинка 2 см; товщина спинки – 0,5 см (Рис.Е.18.6).

Виготовлено три шліфи: на поперечному перетині лезової частини – (а), на поперечному перетині спинки – (в) і на поздовжньому перетині черешка (б). Металографічне дослідження виявило на всіх трьох шліфах дендритну структуру з різними ступенями холодної деформації. На шліфі (а) – близько 30 – 40%. Місцями структура набуває злегка волокнистого характеру (Рис.Е.38.4). На шліфі (б) обтискання металу досягало 60% (Рис.Е.38.5). Спинка ножа куванню не піддавалася (Рис.Е.38.6). Мікротвердість металу на лезовій частині – 100,5 кг/мм², на спинці – 85,6 кг/мм², на черешку – 185,8 кг/мм².

Висновок: заготовка ножа була піддана холодному куванню, яке було направлене на зміцнення лезової частини та черенка. Ковальські роботи провадилися при невисоких температурах (деформована дендритна структура)

Аналіз 29. Ніж із кургану 26, однолезовий з горбатою спинкою й вилитим руків'ям. Навершя у руків'я виконане у вигляді петлі з надітими на неї двома кільцями. Руків'я прикрашене чотирма поясами вилитих рельєфних валиків діаметром 2 см. Лезо з трикутним перетином, кінець обламаний. Довжина ножа – 20 см; довжина руків'я – 10,5 см; перетин руків'я – 2 x 1 см; товщина спинки клинка – 0,4 см (Рис.Е.18.5).

Виготовлено два шліфи: на поперечному перетині лезової частини – (а) й на поперечному перетині руків'я – (б). До травління на шліфах помітні численні блакитні включення евектоїда, що на шліфі (а) сильно витягнуті уздовж. Після травління шліфа (а) відкрилося поле з цілком рекристалізованою структурою. Звертають на себе увагу великі коливання в розмірах зерен – 0,09 – 0,3 мм. Місцями помітна хвилеподібність меж великих зерен, а також збирання більш дрібних поліедрів навколо великих. У міру наближення до леза на тлі поліедрів з'являються численні лінії зсуву. Сліди дендритної структури відсутні (Рис.Е.39.1).

Шліф (б) має іншу структуру – без яких-небудь слідів додаткової обробки (Рис.Е.39.2). Мікротвердість металу на шліфі збільшується від спинки ножа до леза: (а) – 105 – 236 кг/мм²; (б) – 105,7 кг/мм².

Висновок: лезова частина ножа була піддана формувальній доробці холодним куванням із проміжковими відпалюваннями при високій температурі й супроводжувалася сильним обтисканням металу (близько 80%). Про використання високих температур при відпалюванні свідчить характер структури округлості зерен, хвилеподібність їхніх меж. На високий ступінь деформації вказує сильно витягнутий евтектоїд і відсутність дендритної структури.

Аналіз 60. Ніж із кургану 38, біметалевий із залізним лезом і бронзовим руків'ям, однолезовий з горбатою спинкою. Руків'я закінчується пласким навершям у вигляді круга. На руків'ї п'ять заклепок складної конструкції. Вони складаються з трубочки, згорнутої з пластини, і двох цвяшків з великою випуклою шляпкою. Навершя й верхня частина руків'я уздовж ребра прикрашені косими насічками. Довжина руків'я – 10 см; діаметр навершя – 3 см; довжина клинка – 9 см; ширина клинка біля руків'я – 2 см; товщина спинки – 0,4 см (Рис.Е.19.4).

Виготовлено три шліфи: на поперечному перетині руків'я біля отвору для заклепки – (а), на стику руків'я й клинка – (б) і на поздовжньому перетині

втулки заклепки – (в). До травління на шліфах (а) і (б) простежувалися великі ливарні пори й зонально розташований евтектоїд. Металографічне дослідження виявило на шліфі (а) крупнодендритну структуру, на яку накладалися смуги ковзання. В районі отвору під заклепку на тлі розбитих дендритів помітні дрібні зерна розмірами 0,025 мм, на які накладаються лінії зсуву. Лінії зсуву наявні в місці нанесення орнаменту (Рис.Е.39.3). Шліф (б) має вилиту структуру. Кристали хвилеподібно врастають усередину заліза. Простежуються лінії зсуву, кількість яких зростає в напрямку до центра руків'я (Рис.Е.39.4–5). На шліфі (в) структура поліедрична. Величина зерна – 0,045 мм. Уздовж крайової зони – сильно деформована структура (Рис.Е.39.6).

Висновок: руків'я ножа отримане методом доливання за восковою моделлю. Безформний отвір на закінченні руків'я – брак (явище недоливу). Ливник розташовувався на стику леза з руків'ям, але при заливанні металу майстер, мабуть, форму не підняв. Тому метал застиг раніше, ніж заповнив її до кінця. Пробивання отворів для заклепок супроводжувалося невеликим нагріванням. Орнамент наносився по холодному виробу (лінії зсуву). Холодним був проклепаний стик руків'я з лезом (деформація – 20%). Втулка для заклепки згорнута з прокованої при невисокій температурі смужки бронзи (розмитість структури) і стик двох сторін прокований холодним з обтисканням у 40% (зміна форми зерен).

3.5.2. Проколки

Аналіз 30. Фрагмент проколки з кугану 21 (Рис.Е.20.5). Шліф зроблено на поздовжньому перетині знаряддя. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану крупнозернисту структуру. Дендритна структура відсутня. Усередині поліедрів помітні одиничні лінії зсуву. Помітні дуже дрібні включення евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Поперек шліфа залягає корозійна тріщина. Величина кристалів – 0,12– 0,15 мм. Мікротвердість металу – 105 кг/мм² (Рис.Е.40.1).

Висновок: знаряддя було виготовлене куванням із пружка заготовки. Спектральний аналіз проколки, на жаль, відсутній, тому висновок має попередній характер. За наявності евтектоїда і кольором металу можна припустити, що кількість олова в сплаві досягає 7 – 8%. Відсутність дендритної структури свідчить про високі ступені деформації (70 – 80%) при високій температурі кування (величина поліедрів).

Аналіз 31. Проколка з кургану 28, квадратнає у перетині, з одного боку сплюснена й загострене з іншого (Рис.Е.20.6). Шліф виготовлено на поздовжньому перетині знаряддя. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану структуру. Поліедри й двійники відрізняються різнозернистістю. Поруч із дрібними кристалами (0,015 – 0,025 мм) помітні більш крупні (0,065 – 0,09 мм). На поліедри накладається велика кількість ліній зсуву. Евтектоїд дуже здрібнений і витягнутий уздовж шліфа. Через увесь шліф проходить одна велика та кілька волосоподібних тріщин. Мікротвердість металу – 162,3 кг/мм² (Рис.Е.40.2).

Висновок: проколка була виготовлена з напівфабрикату куванням, що супроводжувалося обтисканням металу зі ступенями 70 – 80% (форма й характер розташування включень). Кування здійснювалося по гарячому металу (тріщини червоноламкості, виражена різнозернистість структури) при температурі близько 700°C. Завершальною операцією було проковування виробу холодним для надання йому міцності (велика кількість ліній зсуву).

Аналіз 32. Проколка з кургану 28 (Рис.Е.20.8). Шліф зроблено на поздовжньому перетині сплющеного кінця знаряддя. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану дрібнозернисту структуру. Величина поліедрів і двійників коливається в межах 0,025 – 0,035 мм. На шліфі виявлено включення евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, витягнуті в поздовжньому напрямку. Показник мікротвердості – 135 кг/мм² (Рис.Е.40.3).

Висновок: проколка була виготовлена з литва-заготовки гарячим куванням при температурі до 600°C. Ступінь обтискання металу досягав 70 – 80% (форма й характер евтектоїда).

Аналіз 33. Проколка із кургану 15, прямокутна в перетині з круглим, розклепаним на кінці черенком (Рис.Е.20.7).

Шліф виготовлено на поздовжньому перетині вістря знаряддя. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану структуру на тлі залишкових дендритів, витягнутих у поздовжньому напрямку. У міждендритних проміжках помітний сильно витягнутий евтектоїд $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Величина поліедрів і двійників – 0,045 – 0,065 мм. На вістрі – 0,025 – 0,035 мм. Місцями поліедри мають уламковий характер. Усередині кристалів спостерігається велика кількість ліній зсуву. Мікротвердість металу – 181 кг/мм² (Рис.Е.40.4).

Висновок: виріб формувався гарячим куванням, що супроводжувалося обтисканням металу близько 60 – 70% (спрямованість дендритів уздовж шліфа). Кування провадилося при невисоких температурах. І, на завершення, проколка була прокована холодною (розмитість поліедричної структури, лінії зсуву всередині кристалів).

Аналіз 37. Проколка із кургану 18 прямокутна в перетині з круглим, розклепаним на кінці черенком. Довжина вцілілого фрагмента – 6,2 см; ширина сплющеного кінця – 0,3 см (Рис.Е.20.1).

Шліф зроблено перпендикулярно зрізу на квадратній частині знаряддя. Майже вся поверхня шліфа покрита корозією, що розвивалася по поліедрах і лініях зсуву. Погана збереженість металу не дозволяє здійснити повноцінне дослідження. Можна тільки сказати, що структура цілком рекристалізована. Величина поліедрів і двійників приблизно 0,065 мм. Усередині їх помітні численні лінії зсуву. Евтектоїд є наявним у невеликій кількості. Мікротвердість металу – приблизно 130,3 кг/мм² (Рис.Е.40.6).

Висновок: виріб піддано гарячому деформувальному куванню. На завершення він був прокований холодним (лінії зсуву).

Аналіз 39. Проколка з кургану 21 із прямокутна в перетині з круглим, розклепаним на кінці черенком. Кінець черешка обламаний. Довжина знаряддя – 5,5 см; перетин стрижня – 0,4 x 0,4 см (Рис.Е.20.2).

Виготовлено 2 шліфи: на сплющеному кінці знаряддя (перпендикулярно зрізу) – (а) і на протилежному загостреному кінці – (б). Металографічне дослідження виявило на обох шліфах рекристалізовану структуру на тлі залишкових дендритів. Усередині поліедрів помітні численні лінії зсуву. Місцями зерна мають уламковий характер та хвилясті границі. Величина поліедрів і двійників – 0,045 – 0,06 мм (а), 0,035 – 0,045 мм (б). Мікротвердість – (а) 197,7 кг/мм², (б) 248,2 кг/мм² (Рис.Е.41.1–2).

Висновок: виріб піддавався гарячому формувальному куванню з обтисканням металу 60 – 70% (залишки дендритної ліквідації) при температурі близько 700°C (деяка хвилястість меж). На завершення його проковували холодним (лінії зсуву всередині зерен).

Аналіз 40. Фрагмент проколки з кургану 21, прямокутного перетину. Обидва кінці обламані. Довжина вцілілого фрагменту – 3,2 см; перетин – 2 x 3 мм (Рис.Е.20.3). Шліф був виготовлений ближче до круглого в розрізі кінця знаряддя перпендикулярно зрізу. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану структуру. Величина поліедрів із двійниками – 0,025 – 0,035 мм. Спостерігається велика кількість ліній зсуву всередині зерен. Дендритна структура відсутня. Мікротвердість металу – 222 кг/мм² (Рис.Е.41.3).

Висновок: виріб піддався гарячому формувальному куванню з обтисканням металу близько 60 – 80% (відсутність дендритної структури). Роботу над виробом завершило холодне кування (численні лінії зсуву).

Аналіз 42. Фрагмент вістря проколки з прямокутного перетину із кургану 31. Довжина – 3,4 см; перетин – 0,25 x 0,3 см (Рис.Е.20.4).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині зняття. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану структуру з вираженою різнозернистістю. Поліедри й двійники – величиною 0,035 – 0,12 мм. Їхні межі мають злегка хвилеподібний характер. Евтектоїд є наявним у виді крапкових включень, витягнутих ланцюжками вздовж зразка. Всередині поліедрів помітні лінії зсуву. Мікротвердість металу – 154 кг/мм² (Рис.Е.41.4).

Висновок: виріб формувався гарячим куванням з обтисканням металу до 60 – 80% (відсутність дендритної ліквідації) при температурі близько 700°C (межі зерен). Для додання міцності був прокований холодним (ступінь деформації – 20 – 40%).

3.5.3. Зброя

Аналіз 51. Один із двох стилетів із кургану 16, з круглим перетином, з біконічним наверхшам, чотирма протуберанцями, розташованими навхрест на стрижні виробу; вістря обламане. Від наверхша на 2/3 довжини вглиб виробу є отвір. Такий же отвір проходить через два протуберанці. Верхня частина стилетів прикрашена гравірованим орнаментом – наверхша покрите “ялинковим” орнаментом, нижче розташовані заштриховані зигзаги з гострими кутами. Довжина стилета – 44 см; діаметр наверхша – 3 см; довжина протуберанців – 0,9 і 1 см; діаметр протуберанців – 0,6 см; діаметр отвору у наверхші – 0,6 см; діаметр отвору в протуберанцях – 0,4 см (Рис.Е.21.1,4).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині вістря. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану поліедричну структуру. Величина поліедрів із двійниками – 0,025 – 0,035 мм. Усередині поліедрів помітні численні лінії зсуву. Евтектоїд $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ дуже витягнутий у поздовжньому напрямку. Залишкових дендритів нема. Мікротвердість металу – 170,5 кг/мм² (Рис.Е.41.5).

Висновок: спочатку за восковою моделлю відливалася заготовка (характерні напливи на перехрестях), що у верхній частині була ідентична готовому виробу. Ковальська доробка мала формувальний характер і була

спрямована на витягування вістря. Ступінь обтискання металу досягав близько 60 – 90% (форма й характер розташування включень, відсутність залишкових дендритів). Ковальські операції провадилося по гарячому металу при температурі 700°C. Орнамент має вторинний характер і, можливо, наносився по холодному металу. Зважаючи на те, що кільцеві лінії сполучаються погано, можна стверджувати, що майстер заздалегідь не розмічав орнамент. Судячи з відбитків, використовувалися два види інструментів із різною шириною робочого краю.

Аналіз 67. Наконечник стріли з кургану 35, втульчастий з трикутною голівкою й двома гострими шипами. Довжина наконечника – 3,5 см; ширина пера – 1 см; діаметр втулки – 0,5 см (Рис.Е.22.12). Шліф зроблено на поперечному перетині втулки. Металографічне дослідження виявило вилиту структуру із дрібними дендритами. Мікротвердість – 135 кг/мм² (Рис.Е.41.6).

Висновок: наконечник стріли відлитий у теплопровідній (кам'яній?) формі.

Аналіз 65. Наконечник стріли з кургану 34, плаский, дволопатевий, черешковий з трикутною голівкою, подовженими кінцями лопатей, що утворюють шипи різної довжини й коротким сплющеним черешком, зламаним на кінці. Довжина наконечника – 3 см, ширина – 1 см (Рис.Е.22.11).

Шліф виготовлено на поздовжньому перетині шипа. Металографічне дослідження виявило на тлі подрібнених дендритів дрібнозернисту структуру. Величина зерна – 0,015 – 0,025 мм. По всьому полю шліфа спостерігаються дрібні поздовжні тріщини. Мікротвердість металу – 172 кг/мм² (Рис.Е.42.1).

Висновок: наконечник стріли був виготовлений за допомогою гарячого кування вилитої заготовки виробу при температурі близько 600°C (дрібнозернистість поліедричної структури). Ступені деформації не перевищували 20 – 40% (зональне розташування поліедрів, форма дендритів).

3.5.4. Предмети кінської вуздечки

Аналіз 63. Двочастинні вудила з кургану 34, зі стременоподібними кінцями. Зовнішні петлі – трикутної форми. Внутрішні петлі в місці дотику досить сильно спрацьовані. Довжина – 11,5 см; внутрішня ширина зовнішніх петель – 1,7 см (Рис.Е.22.8).

Шліф виготовлено на поперечному перетині виробу. Металографічне дослідження виявило вилиту структуру з великими дендритами. Мікротвердість металу – 135 кг/мм² (Рис.Е.42.3).

Висновок: вудила відливалися в глиняній формі за восковою моделлю. Можливо застосований метод доливання.

Аналіз 62. Трикільчасті вудила з кургану 37, з долитими до них трьома малими ромбічними у перетині кільцями. На внутрішніх боках кілець, у місцях зчеплення видно сліди спрацьованості. Діаметр великих кілець – 5 см; малих – 3 см (Рис.Е.22.10).

Шліф був виготовлений на поперечному перетині одного кільця. Металографічне дослідження виявило вилиту дендритну структуру (Рис.Е.42.2). Висновок: вудила відлиті в кілька прийомів. Про це свідчить істотне розходження хімічного складу металу трьох ланок. Спочатку відливалася одна ланка, далі воно заформовувалась у глину разом із виготовленою восковою моделлю чергової ланки. Після видалення воску провадилося доливання ланок.

Аналіз 57. Дзвоникоподібна підвіска з кургану 31, верхній край оформлений у вигляді валика, нижній – нерівний. Довжина – 4,6 см; верхній діаметр – 0,9 см; нижній діаметр – 2,6 см (Рис.Е.22.8).

Шліф виготовлено на поздовжньому перетині предмета. Металографічне дослідження виявило вилиту дендритну структуру. Мікротвердість металу – 212,8 кг/мм² (Рис.Е.42.4).

Висновок: підвіска відливалася в глиняну (розміри дендритів) двостулкову форму зі вставним сердечником.

Аналіз 71. Дзвоникоподібна підвіска з кургану 38 (Рис.Е.22.6). Шліф був виготовлений на поздовжньому перетині нижньої частини виробу. Металографічне дослідження виявило вилиту крупнодендритну структуру. Мікротвердість металу – 174 кг/мм^2 (Рис.Е.42.5).

Висновок: підвіска відливалася в глиняну двостулкову(?) форму за восковою моделлю.

Аналіз 52. Кільце від упряжі (?) з кургану 5 із однією сплющеною зовнішньою гранню. Діаметр – 3,1 см; перетин – 0,9 см (Рис.Е.22.5).

Шліф виготовлено на поперечному перетині предмета. Зразок сильно зіпсований корозією, що розростається межами поліедрів. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану структуру. Подекуди видно залишкові дендрити й невеликі вкраплення евтектоїда. Слідів ковальської доробки немає. Величина поліедрів – приблизно 0,09 мм. Мікротвердість металу – $105,3 \text{ кг/мм}^2$ (Рис.Е.42.6).

Висновок: вилите у двостулковій формі кільце було піддано неповному гомогенізаційному відпалюванню, при якому дендритна ліквация та евтектоїд майже зникли, надавши місце більш досконалій поліедричній структурі, при якій підвищується пластичність металу.

Аналіз 58. Кільце з кургану (Рис.Е.22.2). Шліф був виготовлений на предметі шляхом полірування поверхні. Металографічне дослідження виявило вилиту грубозернисту структуру без слідів доробки куванням. Мікротвердість металу – 211 кг/мм^2 (Рис.Е.43.1).

Висновок: кільце відливалося в двостулкову форму зі слабкою теплопровідністю (величина дендритів, залишки ливарних швів і литника). Потім злегка дополіроване.

Аналіз 64. Кільце від кінської вуздечки (?) з кургану 34 – діаметром 3,5 см (Рис.Е.22.4).

Шліф виготовлено на поперечному перетині предмета. Металографічне дослідження виявило вилиту структуру з крупними дендритами. Мікротвердість металу – $86,4 \text{ кг/мм}^2$ (Рис.Е.43.2).

Висновок: кільце відливалось в глиняній двостулковій формі.

Аналіз 66. Полірована бляха від кінської вуздечки з кургану 34, центральна частина трохи виступає над загальною поверхнею. Зсередини – петля. Діаметр бляхи – 8 см, розміри петлі – $0,4 \times 0,7$ см (Рис.Е.22.1).

Металографічне дослідження виявило на тлі розмитих деформувальним впливом дендритів дрібнозернисту структуру. Величина зерен – $0,015 - 0,025$ мм. Дендрити витягнуті перпендикулярно куванню. Мікротвердість металу – 173 кг/мм^2 (Рис.Е.43.3).

Висновок: бляха відливалася в одноразовій глиняній (розміри дендритів) ливарній формі за восковою моделлю. Про це свідчать сліди модельного припою, здубльовані в металі, що простежуються при основі петлі. Отриманий виливок був підданий невеликій доробці куванням, що було спрямоване на розплющення і загин бортика. Ступінь обтискання металу складав $40 - 60\%$ (розташування дендритів первісного вилитого сплаву). Кування виробу здійснювалося в холодному стані з проміжковими відпалюваннями. На температурний режим кування вказує дрібнозернистість кристалів, а також відсутність тріщин червоноламкості, неминучих при гарячій деформації металу з підвищеним вмістом сурми ($1,175\%$) і свинцю ($0,634\%$).

3.5.5. Браслети

Аналіз 10. Браслет із кургану 16 з дроту з круглим перетином, закрученого у 8 витків. Прикрашений гравірованим орнаментом. Діаметр браслета – 7 см, дріт у перетині – 0,3 см (Рис.Е.23.5). Виготовлено два шліфи: (а) на поперечному і (б) – на поздовжньому перетинах. До травління на обох шліфах було помітно невелику кількість евтектоїда. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану різнозернисту структуру з

великою кількістю двійників у великих і малих зернах. Величина зерна – 0,09–0,1 мм. Мікротвердість металу – 114 кг/мм² (а), 116 кг/мм² (б) (Рис.Е.44.2–3).

Висновок: браслет був виготовлений із круглого в перетині дроту довжиною 117 см, отриманого куванням у гарячому стані. Про це свідчить рівномірність перетину дроту, грубозерниста структура та концентрація олова (15%), при яких можливі тільки незначні обтискання холодного металу – не більше 20%, а мікродомішки унеможливають гаряче кування (Sb – 0,29%, As – 0,43%, Pb – 0,13%). Тому майстер піддав заготовку неповній гомогенізації (залишковий евтектоїд). Потім викував дріт на спеціальному ковадлі з жолобком, про що свідчить її рівномірний перетин. Далі, у нагрітому ж стані був нанесений орнамент і дріт був навитий на циліндричний бовван. Після того, як виріб остиг, майстер прокував браслет, щоб стиснути пружину.

Аналіз 11. Браслет, аналогічний попередньому, з кургану 16 (Рис.Е.23.4). Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління на ньому була помітна міжкристалітна корозія, що розросталася межами поліедрів і тріщини по діагоналі та поперек шліфа. Невелика кількість евтектоїда витягнута ланцюжками вздовж шліфа. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану різнозернисту структуру із розміром зерна – 0,09 – 0,065 мм, із великою кількістю двійників і ліній зсуву. В центрі шліфа зустрічаються великі зерна діаметром до – 0,12 мм). Мікротвердість – 155 кг/мм² (Рис.Е.44.4).

Висновок: браслет виготовлено з круглого в перетині дроту 0,4 см у діаметрі. Перед куванням заготовку було піддано неповній гомогенізації (залишки евтектоїда). Цим пояснюється й поява тріщин, тому що метал не встиг придбати достатньої пластичності. Далі метал кувався в гарячому стані при температурі 600°C. Орнамент наносився на холодний дріт. Без підігріву

виробу надавався остаточний вигляд браслета, тобто виконувалися навивка дроту на бовван і стиснення пружини.

Аналіз 12. Браслет із кургану 6 з дроту з круглим перетином, закрученого у сім витків. Орнаментований косими гравірованими насічками, розташованими групами по 5 – 10 екз. Діаметр браслетів – 5,5 см, перетин дроту – 0,4 – 0,5 см (Рис.Е.23.1).

Виготовлено два шліфи на загостреному кінці дроту – на поперечному (а) і поздовжньому перетинах (б). До травління на обох шліфах помітна міжкристалітна корозія, що розвивається межами поліедрів. У центрі шліфа (а) знаходиться велика тріщина. Евтектоїд наявний у невеликій кількості і, відповідно шліфу, має круглу (а) чи плавно витягнуту (б) форму. Після травління виявлена цілком рекристалізована структура, що складається з зерен із двійниками малих розмірів (0,035 мм). У деяких присутні лінії зсуву. Дендритна структура повністю відсутня. Мікротвердість – 140 кг/мм² (Рис.Е.44.5–6).

Висновок: дріт для браслета отримано куванням у гарячому стані (рівномірність перетину, плавні обриси евтектоїда). Сплав зі вмістом Sn – 13%, РЬ – 0,08% можна кувати тільки після високотемпературного відпалювання тому, що при холодному куванні такого сплаву припустимі зовсім незначні обтискання металу – не більш 20% і, навпаки, мікродомішки унеможливають гаряче кування (РЬ – 0,081%; SЬ – 0,1%; As – 0,36%). У такій ситуації існує тільки один вихід – гомогенізаційне відпалювання, тобто коли перед куванням виріб нагрівався до температури 700°C і витримувався близько однієї години. Після цієї операції метал ставав більш пластичним і гаряча деформація провадилась легко, допускаючи обтискання до 80%.

Таким чином, майстер піддав заготовку гомогенізації, але не повній, тому що евтектоїд повністю не розчинився, що й викликало появу тріщини. Потім викував дріт потрібної довжини на спеціальному ковадлі з жолобком, про що свідчить рівномірний перетин. Кінці дроту кувалися після того, коли

метал почав остигати (поява ліній зсуву в деяких поліедрах). Далі, на пруток був нанесений орнамент, після чого він без підігріву був навитий на циліндричний бовван. На завершення браслет був прокований, щоб стиснути пружину.

Аналіз 13. Браслет із кургану 6, аналогічний попередньому (Рис.Е.23.2). Шліф був виготовлений на поздовжньому перетині дроту. До травління спостерігалася сильна міжкристалітна корозія, що розростається межами поліедрів, корозійна виразка в центрі шліфа та сильно витягнутий евтектоїд $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$.

Після травління відкрилося поле, заповнене поліедрами з невеликою кількістю двійників. Величина кристалів – 0,035 – 0,045 мм. Мікротвердість – 96,1 кг/мм² (Рис.Е.45.1).

Висновок: браслет виготовлено з круглого в перетині дроту товщиною 0,3 см і довжиною 117 см, загостреної на кінцях. Відсутність залишків дендритної структури та форма евтектоїда дають можливість припускати, що ступінь обтискання металу дорівнює 80%. Усі роботи над виробом провадилися при температурі 600°C.

Аналіз 14. Браслет на ногу з кургану 16, із дроту з круглим перетином, закрученого у чотири витки, з кінцями, закрученими у спіральні щитки. Один щиток обламаний. Орнаментований групами косих ліній, що розташовані під кутом одна до одної. Діаметр браслета – 12 см, діаметр щитка – 6 см, перетин дроту – 0,6 см (Рис.Е.23.11).

Шліф був виготовлений на поперечному перетині дроту. До травління на ньому були помітні дрібні включення евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. У центрі наявні залишки усадочної раковини й усадочна тріщина.

Після травління відкрилася цілком рекристалізована структура, що складається з дрібних зерен із двійниками (0,025 мм). До краю шліфа зерно стає дрібнішим. Мікротвердість металу – 193 кг/мм² (Рис.Е.45.2).

Висновок: браслет виготовлено з круглого в перетині дроту товщиною 0,6 см. Кування провадилося при невисокій температурі, про що свідчить дрібне зерно. Ступінь деформації – 60 – 80% (відсутність дендритної структури). Орнамент наносився по металу, що вже остиг, (здрібненість поліедрів до краю виробу). Щитки зроблено шляхом накручування кінців дроту на конус – і наступного сплющування на ковадлі. Далі середина дроту навивалася на циліндр.

Аналіз 15. Браслет із кургану 9, вилитий, овальної форми, з круглим перетином. Прикрашений орнаментом у вигляді заштрихованих косих поясів. Діаметр браслета – 7 x 9,2 см; у перетині – 1 см (Рис.Е.23.8).

Шліф був виготовлений на поперечному перетині браслета. До травління по всьому полю шліфа усадочна пористість. Металографічне дослідження відкрило цілком гомогенізовану структуру з великим зерном (0,09 мм). Мікротвердість металу – 112,2 кг/мм². З тієї сторони шліфа, де нанесено орнамент, спостерігаються деяка подрібненість поліедричної структури й лінії зсуву. Мікротвердість зростає до 128 кг/мм² (Рис.Е.45.3).

Висновок: браслет відливався за восковою моделлю (характерні сліди загладжування воску). Далі він був підданий гомогенізаційному відпалюванню і, нарешті, по холодному металу був нанесений орнамент (характер структури, лінії зсуву).

Аналіз 50. Фрагмент браслета з кургану 6. Шліф виготовлено на поздовжньому перетині загостреного кінця дроту багатовиткового браслета (Рис.Е.23.3). До травління було помітно плавно витягнутий евтектоїд. Після травління відкрилася структура, що має рекристалізований характер і складається з поліедрів і двійників середньої величини (Д – 0,045 мм), покритих лініями зсуву. Дендритна структура відсутня. Мікротвердість металу – 230 кг/мм² (Рис.Е.45.4).

Висновок: браслет був виготовлений із круглого в перетині дроту, що звужувався на кінцях. Вилита заготовка кувалася при червоному

розжарюванні металу на спеціальному ковадлі (рівномірність перетину дроту). Ступінь обтискання складає 60 – 80%. Далі, нагрітий дріт навивався на циліндричний бовван і, вже в холодному стані, куванням стискалася пружина браслета (лінії зсувів).

Аналіз 69. Фрагмент браслета з кургану 38 з круглого у перетині дроту товщиною 0,3 см. Орнаментований групами косих ліній (Рис.Е.23.9). Шліф виготовлено на поздовжньому перетині дроту. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану різнозернисту з великою кількістю двійників структуру. Величина поліедрів – 0,065 – 0,09 мм. У поліедрах наявні багато ліній зсуву. Дендритна структура відсутня. Евтектоїд подрібнений і витягнутий уздовж шліфа. Мікротвердість металу – 141 кг/мм² (Рис.Е.45.5).

Висновок: дріт для браслета кувався в гарячому стані (виражена різнозернистість) на спеціальному ковадлі з жолобом (форма евтектоїда, рівномірність розрізу дроту). Ступінь обтискання дорівнює 60 – 80% (відсутність дендритної структури). Орнамент наносився по остиглому металу (лінії зсуву). На жаль, відсутність хімічного складу виробу не дає можливості детальніше описати технологію його виготовлення. Візуально вміст олова можна визначити як 10 – 15%.

Аналіз 16. Кільце від музичного інструменту з кургану 28 діаметром 5 см, у перетині кругле – 0,5 см (Рис.Е.23.10).

Шліф зроблено на поперечному перетині. До травління спостерігається велика кількість окису міді. Після травління відкрилася вилита структура. Дендрити розташовані в напрямку найбільш інтенсивного тепловідводу. Мікротвердість – 127 кг/мм² (Рис.Е.45.6).

Висновок: кільце відливалось за восковою моделлю (сліди з'єднання – клесний модельний шов) у глиняній формі. Кількість окису міді свідчить про погано розкислений метал.

3.5.6. Кільця-каблучки

Аналіз 54. Одне з двох багатовиткових кілець із кургану 9 на чотири витки, з круглого у перетині дроту. Діаметр – 1,7 см; дріт у перетині – 0,01 см (Рис.Е.23.6). При невеликому збільшенні на поверхні дроту добре помітні рівнобіжні довгі борозни.

Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану структуру зі значною кількістю двійників. Величина поліедрів з двійниками – 0,035 – 0,45 мм. Евтектоїд сильно витягнутий у подовжньому напрямку. Великі поліедри мають злегка округлені межі. На загостреному кінці дроту спостерігаються лінії зсуву всередині зерен. На вістрі виробу зерна витягнуті паралельно деформації металу. Мікротвердість металу – 193 кг/мм² (Рис.Е.46.1).

Висновок: дріт для кільця був виготовлений вільним куванням на спеціальному ковадлі з жолобком. При цьому метал розігрівався до температури 700°C (округлі границі межі поліедрів). Кінець дроту загострений холодним куванням (форма зерен, лінії зсуву). Потім готовий дріт був навитий на бовван.

Аналіз 55. Друге багатовиткове кільце з кургану 9 – на шість витків. Дріт у перетині – 0,01 см. Як і на попередньому кільці, на поверхні дроту помітні борозенки від кування на ковадлі (Рис.Е.23.7).

Шліф виконано на поздовжньому перетині дроту. Мікроскопічне дослідження виявило рекристалізовану структуру з невеликою кількістю двійників і ліній зсуву всередині зерен. Дендритна структура відсутня. Величина поліедрів – 0,025 – 0,03 мм. Мікротвердість металу – 151 кг/мм² (Рис.Е.46.2).

Висновок: дріт виготовлено вільним куванням на ковадлі з жолобком (борозенки на поверхні, характер евтектоїда). Метал розігрівався до температури близько 600°C (величина зерна, невелика кількість двійників). Кінець дроту загострений холодним куванням (деформація поліедричної структури, лінії зсуву). На завершення дріт був навитий на бовван.

3.5.8. Шпильки

Аналіз 18. Шпилька з кургану 34 (Рис.Е.24.5). Голівка діаметром 1,5см, загальна довжина 27см, у некованій частині біля голівки перетин шпильки становить 0,7см. Частина орнаменту, що збереглася, являє собою “ялинку”, під якою стовпчиками розташовані горизонтальні рисочки. Закінчується орнамент зигзагом з двох паралельних ліній. В місці переходу голівки у стрижень спостерігається залишок ливарного шва.

Шліф зроблено на поздовжньому перетині шпильки. Метал – у дуже поганому стані. Корозія поширювалася межами поліедрів і лініями зсуву. Евтектоїд $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ витягнутий уздовж шліфа. Величина поліедрів не перевищує 0,025– 0,035 мм. На шліфі виявлені тріщини, що залягають у поздовжньому й поперечному напрямках (Рис.Е.46.3).

Висновок: шпилька була виготовлена з попередньо вилитої заготовки. Ковальська доробка мала формувальний характер і була спрямована на витягування вістря. Кування, можливо, провадилося при невисоких температурах (дрібне зерно). На завершення вістря було проковано холодним (лінії зсуву). Про характер тріщин при такому стані шліфа сказати нічого не можна.

Аналіз 19. Шпилька з кургану 16, з круглим перетином, зі сплющеною петельчастою голівкою й трьома вилитими дископодібними виступами у верхній частині. Верхня половина шпильки прикрашена гравірованим “ялинковим” орнаментом, який знизу закінчується смугою із заштрихованих трикутників вершинами донизу. Довжина шпильки – 31,5 см; перетин посередині – 0,5 см; діаметр отвору на голівці – 0,4 см (Рис.Е.24.3).

Виготовлено два шліфи: на поздовжньому перетині вістря (а) і на поперечному перетині петельки (б). Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану різнозернисту структуру на обох шліфах. Дендритна структура та евтектоїд не виявлені. Шліф (б) має здрібнену куванням структуру. По всій його довжині проходить тріщина. Величина поліедрів і

двійників – 0,025 – 0,035 мм. Подекуди на поліедрах помітні лінії зсуву. Величина поліедрів на шліфі (а) 0,065 – 0,20 мм. Мікротвердість металу – 178,2 кг/мм² (а), – 95,6 кг/мм² (б) (Рис.Е.46.4–5).

Висновок: Шпилька була виготовлена з попередньо відлитої заготовки за восковою моделлю з готовим навершям. Напівфабрикат піддали гомогенізаційному відпалюванню, а потім доробці куванням при невисоких температурах (величина зерна), що була спрямована на витягування вістря й завершилася невеликим проковуванням остиглого металу

Аналіз 20. Шпилька з кургану 6 із кулястою голівкою. Голівка й більша частина стрижня виробу орнаментована. Вістря обламане. Довжина шпильки – 12,4 см; діаметр голівки – 1,3 см (Рис.Е.24.6). Шліф зроблено на поздовжньому перетині виробу. Метал – поганої збереженості. У середині шліфа – велика корозійна виразка. Металографічне дослідження виявило повністю рекристалізовану дрібнозернисту структуру. Величина поліедрів і двійників – 0,015 – 0,025 мм. Мікротвердість – 189,3 кг/мм² (Рис.Е.46.6).

Висновок: вилита заготовка виробу піддавалася формувальному куванню, що було спрямоване на витягування вістря. Ступінь обтискання металу – 70 – 80% (витягнутість евтектоїда та відсутність дендритів). Кування провадилося по холодному металу з проміжковими відпалюваннями (вміст РЬ – 0,17%). Орнамент також наносився по холодному металу (лінії зсувів, розмитість поліедричної структури).

Аналіз 43. Шпилька з кургану 11. Петельчаста голівка й вістря обламані. Верхня половина шпильки прикрашена трьома вилитими дископодібними валиками й покрита гравірованим орнаментом. У верхній частині – “ялинковий”, у нижній – ближче до вістря – зигзаг з гострими кутами на заштрихованому тлі. Довжина вцілілої частини – 8,5 см; діаметр дископодібних валиків – 0,7 см (Рис.Е.24.4).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині шпильки. Мікроскопічне дослідження виявило рекристалізовану структуру на тлі залишкових

дендритів. У місцях нанесення орнаменту спостерігаються окремі лінії зсуву. Розміри поліедрів із двійниками – 0,025 – 0,035 мм. Мікротвердість – 193,3 кг/мм² (Рис.Е.47.1).

Висновок: шпилька відливалася за восковою моделлю. Ковальська доробка була спрямована на витягування вістря й провадилася при невисокій температурі. Ступінь деформації складає 40 – 60%. Орнамент наносився по холодному металу (лінії ковзання).

Аналіз 44. Невеликий фрагмент вістря шпильки з кургану 16 (Рис.Е.24.10). Шліф зроблено на поздовжньому перетині вістря. Мікроскопічне дослідження виявило рекристалізовану структуру з лініями зсуву всередині зерен. Величина поліедрів із двійниками – 0,025 – 0,035 мм. Евтектоїд здрібнений і сильно витягнутий. На шліфі виявлені тріщини “червоноламкості”, розташовані в поздовжньому напрямку. Дендритна структура відсутня. Мікротвердість металу – 144,3 кг/мм² (Рис.Е.47.2).

Висновок: шпилька була виготовлена куванням з вилитої заготовки. Кування було спрямовано на витягування вістря й супроводжувалося сильним обтисканням металу близько 60 – 70% (витягнутість евтектоїда, відсутність дендритної ліквідації). Ковальська доробка провадилася при температурі, нижчій 700°C (дрібнозернистість структури, тріщини “червоноламкості”). На завершення виріб був прокований холодним зі ступенями обтискання 20 – 40 %.

Аналіз 45. Фрагмент нижньої частини шпильки з кургану 24, з круглим перетином. Довжина фрагмента – 6,2 см, перетин – 0,5 см (Рис.Е.24.8).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині. Мікроскопічне дослідження виявило волокнисту дендритну структуру з дрібними поліедрами у міждендритних проміжках, розміри яких – 0,015 – 0,025 мм. Уздовж шліфа межами поліедрів проходить тріщина “червоноламкості”. Показник мікротвердості – 133,6 кг/мм² (Рис.Е.47.3).

Висновок: вістря шпильки було виготовлене куванням. Ковальські операції супроводжувалися значними ступенями обтискання металу 40 – 60%. Кування здійснювалося при невисоких температурах (характер структури), що викликало появу тріщин (вміст свинцю – 0,23%).

Аналіз 46. Фрагмент стрижня шпильки з кург.26. Шліф виготовлений на продольному перетині виробу. Металографічне дослідження виявило повністю рекристалізовану структуру. дрібні вкраплення евтектоїда $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ в поздовжньому напрямку. розміри зерен і двійників не перевищує 0,015 – 0,025 мм. Спостерігається незначна кількість ліній зсуву всередині зерен. Мікротвердість металу 233,3 кг/мм².

Висновок: вилита заготовка виробу була піддана холодному куванню з проміжковими відпаленнями при невисоких температурах (розміри зерна) із ступенем деформації 60 – 80% (відсутність дендритної структури, форма евтектоїда). На зазначений температурний режим ковальської обробки вказує хімічний склад металу (Sn – 21%, Pb – 0,45%).

Аналіз 47. Верхня половина шпильки з кургану 27, з круглим перетином з маленькою кільцеподібною голівкою. У верхній частині прикрашена чотирма вилитими валиками та гравірованим “ялинковим” орнаментом. Довжина – 25 см, у перетині – 0,7 см, діаметр отвору на голівці – 1,2 см (Рис.Е.24.2).

Шліф зроблено на поздовжньому перетині виробу в місці нанесення орнаменту. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану поліедричну структуру на тлі залишкових дендритів. У деяких поліедрах спостерігаються лінії зсуву. Розміри поліедрів – 0,012 мм. На межах дендритів у місцях знаходження евтектоїда видно свинець у вигляді крупних глобулів. У поздовжньому напрямку проходить тріщина. Мікротвердість металу – 145,7 кг/мм² (Рис.Е.47.5).

Висновок: шпилька виливалась за восковою моделлю у теплопровідній глиняній формі. Нанесення орнаменту супроводжувалося короткочасними

високотемпературними нагріваннями, що й викликало появу тріщин “червоноламкості”.

Аналіз 48. Шпилька з кургану 27 з відламанною кільцеподібною голівкою. У верхній частині прикрашена чотирма вилитими валиками й гравірованим орнаментом у вигляді “ялинки”. Довжина – 25 см, діаметр отвору на голівці – 1,2 см (Рис.Е.24.1).

Виготовлено два шліфи: на поперечному перетині голівки – (а) й на поздовжньому перетині вістря – (б). Металографічне дослідження виявило на шліфі (а) вилиту структуру з невеликою кількістю ліній зсуву. Мікротвердість металу – 102,2 кг/мм² (Рис.Е.47.6). Шліф (б) має цілком рекристалізовану структуру. Величина поліедрів із двійниками – 0,015 – 0,025 мм. Евтектоїда – небагато й він витягнутий у поздовжньому напрямку. Поперек шліфа залягає тріщина. Дендритна структура відсутня. Мікротвердість металу – 141 кг/мм² (Рис.Е.47.1).

Висновок: шпилька була виготовлена з попередньо вилитої заготовки з готовим наверхшам. Потім за допомогою гарячого (600°C) кування витягалася вістря. Обраний температурний режим не підходить для даного сплаву (0,35% РЬ). Гаряче кування такого металу викликає тріщини “червоноламкості.” Ступені деформації на вістрі досягали 60 – 80% (витягнутість евтектоїда, відсутність ліквациї). Орнамент наносився по холодному металу (лінії зсуву). На завершення остигле вістря злегка проковане.

Аналіз 49. Верхня частина шпильки з кургану 31 з маленькою кулястою голівкою, вістря відламане. Прикрашена гравірованим орнаментом у вигляді поперечних, що змінюють одна одну, смуг “ялинки”, нахресної штриховки й поперечно заштрихованих трикутників, розташованих вершинами донизу. Довжина вцілілої частини – 12,7 см; діаметр голівки – 1,3 см; перетин стрижня – 0,6 см (Рис.Е.24.7).

Шліф виготовлено на поздовжньому перетині. Металографічне дослідження виявило цілком рекристалізовану крупнозернисту структуру. Величина поліедрів – 0,09 – 0,12 мм. Усередині поліедрів помітні нечисленні лінії зсуву. На шліфі виявлена велика кількість дрібних включень свинцю. Мікротвердість металу – 153,2 кг/мм² (Рис.Е.48.2).

Висновок: вилита заготовка піддалася спочатку гомогенізації, а потім холодній ковальській доробці з проміжковими відпалюваннями, що була спрямована на витягування вістря. Орнамент наносився вже по холодному металу (лінії зсуву).

3.5.9. Дрібні металеві вироби

Аналіз 56. Оббивка дерев'яної чаші з кургану 21 – фігурна пластина з заклепками. У верхній частині загнута. Довжина пластини (без загнутого краю) – 5 см; довжина загнутої частини – 1,3 см; ширина – 1,6 см; товщина – 0,01 см (Рис.Е.25.1).

Виготовлено два шліфи: (а) на цвяшку, (б) на поперечному перетині пластини. Металографічне дослідження шліфа (а) виявило рекристалізовану дрібнозернисту структуру з невеликою кількістю двійників на тлі залишкових дендритів. У великих поліедрах іноді зустрічаються лінії зсуву. Мікротвердість – 153,3 кг/мм². Величина зерна – 0,015 – 0,025 мм (Рис.Е.43.6).

Висновок: вилитий виріб був злегка прокований при невисокій температурі (лінії зсуву). Ступінь обтискання не перевищував 20 – 40% (зональне розташування дендритної та поліедричної структур).

На шліфі (б) виявлена цілком рекристалізована структура. Евтектоїд $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ здрібнений і плавно витягнутий уздовж шліфа, уздовж однієї з довгих сторін. На поліедри накладаються численні лінії зсуву. У центрі шліфа помітні поздовжньо розташовані корозійні смуги. Мікротвердість металу – 197,4 кг/мм². Величина зерна – 0,010 – 0,035 мм (Рис.Е.44.1).

Висновок: цвяшок зроблено із дроту, отриманого куванням при невисоких температурах. Лінії зсуву з'явилися в результаті тертя цвяшка об пластинку під час прикріплення її до чаші.

Аналіз 59. Диск із кургану 31 прикрашений гравійованим орнаментом у вигляді пучків прямих ліній, що розходяться променями від центру (Рис.Е.25.2).

Шліф зроблено на предметі. Метал дуже зіпсований корозією. Після травління відкрилася крупнодендритна структура. Мікротвердість металу – 173 кг/мм² (Рис.Е.43.5).

Висновок: виріб відливався в глиняній (?) формі, на що вказують розміри дендритів. Орнамент, як і на інших орнаментованих предметах, можливо, наносився по холодному металу. А те, що це не відбилося на структурі металу, можна пояснити поганою його збереженістю.

Аналіз 68. Стрижень (можливо, заклепка від ножа) з кургану 35 з прутка з круглим перетином, потовщений посередині, кінці розклепані. Довжина – 1,8 см, діаметр – 0,5 см (Рис.Е.25.3).

Шліф був виготовлений на поздовжньому перетині предмета. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану структуру на тлі сильно здрібнених дендритів, злегка витягнутих у поздовжньому напрямку. Величина поліедрів і двійників не перевищує 0,015 – 0,025 мм. На шліфі виявлені тріщини червоноламкості, що залягають у поздовжньому напрямку. Мікротвердість металу – 138 кг/мм² (Рис.Е.43.4).

Висновок: стрижень був виготовлений із прутка-заготовки. Ковальська доробка мала формувальний характер і супроводжувалася сильним обтисканням металу близько 60 – 70% (спрямованість дендритів уздовж шліфа). Кування провадилося при невисокій температурі.

Із предметів домашнього побуту найкраще представлені ножі. У дев'ятих випадках вони були виготовлені з бронзи, один – біметалевий (курган 38, ан. 60). Усі ножі – однолезові. Чотири екземпляри (кург. 18, ан.

26; кург. 19, ан. 25; кург. 28, ан. 28; кург. 13, ан. 21) мають ручку – черешок, розплющений на кінці холодним (ан. 25 і 28) і гарячим (ан. 26 і 21) куванням. У п'яти ножів руків'я були складні. У двох випадках (кург. 7, ан. 22; кург. 18, ан. 26) руків'я відлиті з виїмкою на одну сторону, у трьох (кург. 6, ан. 23; кург. 24, ан. 24; кург. 15, ан. 27) – виїмка з двох сторін. Кінець одного руків'я (кург. 18, ан. 26в) злегка відтягнутий куванням. Отвори під заклепки пробиті в холодному стані. У процесі прошивання використовувалися чи ковадла з отвором, чи пласкі ковадла з підкладним кільцем, діаметр отвору якого був трохи більшим, ніж діаметр зроблених отворів на черешках ножів. Цікаві за технологією виготовлення руків'я двох ножів (кург. 26, ан. 29; кург. 38, ан. 60). Вони виконані методом доливання. Звертає на себе увагу складністю виконання ніж із кургану 26 (ан. 29). У результаті вивчення відзначена наступна послідовність операцій: спочатку відливався клинок ножа, що був підданий формувальній доробці гарячим куванням з обтисканням до 80%. Окремо відливалися петелька й ланцюжок із двох кілець. Потім петелька з кільцями і клинок заформовувались у глину разом з виготовленою восковою моделлю руків'я. Після видалення воску провадилося доливання руків'я. На завершення клинок ножа був підданий невеликому холодному проклепуванню. Можливо, місця з'єднання клинка і петельки з руків'ям майстер теж злегка прокував.

Руків'я біметалевого ножа також отримане методом доливання. Тільки тут залізний клинок заформовувався з восковою моделлю руків'я. Отвори під заклепки прошивалися на пласкому ковадлі за допомогою порожнього в середині пробійника в нагрітому стані. В результаті цього отвори мають рівні краї без слідів відтягнення металу вбік.

Ножі з курганів 6, 7 і 15 (ан. 22, 23, 27) відливалися за восковими моделями. На їхніх поверхнях спостерігаються характерні сліди загладжування воску. Ніж із кургану 18 (ан. 26), можливо, також відлитий за восковою моделлю, хоча чітких слідів на ньому немає. Клинки цих ножів

після виливання піддавалися ковальській доробці: холодним куванням – з обтисканням близько 20 – 40% (ан. 22), гарячим куванням – при температурі близько 700°C з обтисканням до 60% і завершальним холодним проковуванням для додання міцності лезу (ан. 23), гарячим куванням при температурі близько 700°C з обтисканням 60 – 80% (ан. 27).

Проколок досліджено дев'ять екземплярів. Спектральному аналізу піддано шість виробів (ан. 31, 32, 33, 34, 39, 42). Вони відлиті з олов'янистої бронзи. Концентрації олова в металі складають від 5,4% до 16%. Проколки мають подібну технологічну схему виготовлення, що складалася з одержання заготовок і їхньої доробки формувальним гарячим куванням. Операції провадилися, в основному, при високій температурі – близько 700°C. І тільки в двох випадках (ан. 32, 33) кування супроводжувалося нагріванням металу до температур близько 600°C. Обтискання металу досягало 60 – 80%. Сліди завершального холодного проковування до 20 – 40% наявні у восьми випадках з дев'яти. Особлива увага приділялася зміцненню робочого загостреного кінця.

Зброя представлена двома стилетами з кург. 16, двома наконечниками стріл із курганів 34 (ан. 65) і 35 (ан. 67).

Стилети досліджені, в основному, візуально. Про можливе використання цих виробів як особистої і неповсякденної зброї може свідчити сама форма виробів із чітко вираженим руків'ям і перехрестям (Гошко, 2005. –С.231–245). З території сучасної Угорщини відомі вироби із шпилькоподібними голівками, що їх зазвичай трактують як шпильки, мають нижче перехрестя петельки, для кріплення портупейного ремня (Kovács, 1977, taf. 65).

Віддалені аналогії можна вбачати у шпилькоподібних кинджалах-стилетах з ранньосередньовісних пам'яток. Тут вони знайдені в похованнях чоловіків-воїнів, причому в тому ж самому положенні, що й інші типи кинджалів. Вони мають такі основні ознаки кинджалів, як наверхш,

перехрестя й загострене вістря. В одному випадку стилет був прикріплений до портупейного ремінця (Халиков, 1977, с.175–176, рис.66).

Для металографічного аналізу було вирізано зразок на обламаному вістрі одного з них (ан. 51). Спостереження поверхні виробів привело до висновку про виливання обох виробів за індивідуальними восковими моделями. Простежені залишки деревини всередині стрижня свідчать про формування воскової моделі на дерев'яній основі. В публікації, описуючи стилети, автори не надали належної уваги такій важливій на наш погляд технологічній деталі, як глибині внутрішньої порожнини, яка тут спускається нижче протуберанців і сягає глибини 25 см (Goshko, 1999, s. 190).

Паяльні шви, що спостерігаються на протуберанцях, у місці переходу їх у щитки вказують на застосування тут методу паяння воскової моделі.

Наконечник із кургану 35 відлитий у теплопровідній двостулковій формі. Наконечник із кургану 34 піддався ковальській доробці при температурах близько 600°C зі ступенями обтискання 20 – 40%.

До деталей кінської вуздечки нами умовно віднесено сім предметів. Це – вудила (кург. 34, ан. 63; кург. 37, ан. 62), бляха (кург. 34, ан. 64). Обидві деталі вудил із кургану 34 відливалися одночасно в глиняній формі. Вудила з кургану 37 відливалися в кілька прийомів. При цьому використовувався метод доливання. Спочатку відливалася одна ланка, до якої приєднувалася воскова модель наступної ланки. Потім обидві заформовувались у глину. Після видалення воску відбувалося доливання ланок. Невелике колечко з кург. 23 (ан. 58) і кільце з кург. 34 (ан.аліз 64) також не піддавалися доробці куванням. Вони відлиті в двостулкових глиняних формах. Кільце з кург. 23 має сліди ливарних швів і залишок литника. На відміну від кільця з кург. 34 кільце з кург. 5 було піддано відпалюванню майже до повного розчинення евтектоїда й дендритної ліквіації. Тим самим майстер додав металу великої пластичності, що, мабуть, пов'язано з функціональним призначенням виробу.

Заготовка бляхи була відлита за восковою моделлю, а потім розкована по периметру, краї диска загнуті. Ступені обтискання металу складали 40 – 60%. Кування виробу здійснювалося в холодному стані з проміжковими відпалюваннями

Дві дзвоникоподібні підвіски з кург. 31 і 38 – суцільновилиті. Вони відливалися в глиняні форми зі вставним стрижнем. Розходження у виготовленні підвісок полягає в наступному: підвіска з кург. 31 могла виливатися в двосторонній багаторазовій глиняній формі (Риндіна 1963, с.246), другу ж підвіску можна було чи вилити в одноразовій глиняній формі за восковою моделлю, чи в багаторазовій двосторонній формі зі вставним стрижнем, що після охолодження литва вибивався (Гершкович, Клочко 1987, с.106, рис.46,108).

Шпильок нараховується одинадцять екземплярів. Дев'ять з них піддано металографічному дослідженню.

Для їхнього виготовлення використовувалася бронза зі вмістом олова 7,1% чи 8,5% (кург. 16, 27). В інших випадках вміст олова коливається від 11 до 21 %. Шпильки представлені двома типами: 1-й – з кулястою голівкою (3 екз.) та 2-й – з маленькою кільцеподібною голівкою та трьома або чотирма валиками у верхній частині стрижня (4 екз.). Дві представлено фрагментами центральної частини (кург. 24) та фрагментом, розташованим ближче до вістря (кург. 26).

Зі шпильок першого типу досліджено всі знайдені три екземпляри (з кург. 6, 24, 31). Вони трохи відрізняються за розмірами та типом орнаментациї.

Найбільша шпилька походить з кург. 24 (ан. 18). Голівка діаметром 1,5 см, загальна довжина – 27 см, у некованій частині біля голівки перетин шпильки становить 0,7 см. Частина орнаменту, що збереглася, являє собою “ялинку”, під якою стовпчиками розташовані горизонтальні рисочки.

Закінчується орнамент зигзагом із двох паралельних ліній. У місці переходу голівки у стрижень спостерігається залишок ливарного шва (Рис.Е.21.5).

Другий тип шпильок з маленькою кільцевидною голівкою й трьома або чотирма валиками у верхній частині стрижня, так званий “гордіївський” тип. Металографічному дослідженню піддано 4 з 5 (кург. 11, 16, 27 – 2 екз.). Навіть при наближеному порівнянні між собою впадають у вічі наступні відмінності: 1– два екземпляри, з кургану 27 між собою дуже схожі а) за формою голівки, яка являє собою чітко виділене кільце, товщина якого $\sim 0,2$ см; б) кількістю чітко виділених валиків на стрижні (4 екз.); в) однаковою відстанню від голівки до першого валика (4,2 см); г) товщиною стрижня (0,5 см).

Загальну довжину однієї зі шпильок можна відновити (ан. 48), вона становить приблизно 28 см. Беручи до уваги їхню схожість за чотирма пунктами, можна припустити й приблизно однакову довжину. На стрижні під другим зверху валиком спостерігається ливарний брак – раковина (ан. 47).

2 – два інших екземпляри, дрібніші за розмірами й мають по три валики на стрижні, який плавно переходить у голівку. По вцілілій частині голівки на шпильці з кург. 16 видно, що її кільце товстіше за інші, й становить 0,3 – 0,4 см. Товщина стрижня на обох шпильках – 0,4 – 0,5 см. Валики на шпильці з кург. 16 ширші за решту.

Судячи з результатів мікроструктурного дослідження, шпильки виготовлялися за єдиною схемою: виливання заготовки з готовим наверх і наступна доробка куванням та нанесення орнаменту.

Доробка куванням шпильок була спрямована на витягування й загострення робочого кінця. Ковальські операції провадилися при температурі близько 600°C . При 700°C кувалася лише шпилька з кург. 16. У п'ятих випадках (кург. 11, 16, 16, 24, 27) обтискання металу складало 40 – 60%, в інших шести випадках (кург. 16, 24, 26, 27, 6, 31) – 60 – 80%. Для

зміцнення робочий кінець проковувався в холодному стані зі ступенем обтискання до 20 – 40%. Орнамент наносився по холодному металу.

Візуальний огляд під мікроскопом привів до висновку про відливання такого типу шпильок за восковою моделлю індивідуального виготовлення, що формувалася на твердій основі (можливо дерев'яній). На двох екземплярах з кург. 11 (ан. 43) та 27 (ан. 47), які розламалися в місцях розміщення валиків, всередині стрижнів простежені пустоти, заповнені крихкими окислами. Одна шпилька (кург. 27) в цьому ж місці має ливарний брак у вигляді раковини. Подібний технологічний момент спостерігається на шпильці зі Мацкувки, Пшемислянського повіту у Польщі. На малюнку видно, що всередині вона порожнинна (Blajer, 1999, tab. 92:1).

Чітко виділені валики утворені шляхом вирізування по воску. Велика подібність шпильок з кург. 27 за всіма показниками (розміри, форма) могла б дати можливість припустити застосування тут практики серійного виробництва моделей, що втрачаються, за допомогою роз'ємних форм, але невеликі розбіжності у розташуванні валиків (не досить чітке горизонтальне розміщення на стрижні – ан. 47) та потоншення стрижня між ними (ан. 48) дає впевненість стверджувати індивідуальне виробництво кожної моделі.

Щодо формування петельчастих голівок на шпильках з кург. 27, то можна тільки припускати використання тут модельної пайки для прикріплення воскової петлі. Нанесення орнаменту трохи сплющило їх і могло стерти сліди модельного припою, здубльованого в металі.

На шпильці з кург. 16 голівка формувалася, можливо, в інакший спосіб, а саме – одночасно зі стрижнем методом вирізання.

Таким чином, годіївські шпильки виливалися як у двостулкових роз'ємних формах, так і за восковою індивідуальною моделлю, виготовленою вирізанням по воску.

При першому погляді на дріт, з якого зроблено кільця з кургану 9, складається враження, що він отриманий волочінням через волочильну

дошку, тому що на його поверхні є характерні для волочіння борозенки. Але мікроструктура й характер евтектоїда свідчать про гаряче кування на спеціальному ковадлі з жолобком, причому не дуже старанно вирізаним, при температурах близько 600°C (ан. 55) і 700°C (ан. 54). Вибір температурного режиму, можливо, обумовлювався хімічним складом металу (ан. 54, Sn – 7,8%; ан. 55, Sn – 11%). Проковування кінців дроту провадилося по холодному металу. На завершення дріт накручувався на циліндричну оправку й отримана пружина стискувалася легкими ударами молотка.

Оббивка дерев'яної чаші з кург. 21 була виготовлена методом виливання. Незначну ковальську обробку (обтискання металу 20 – 40%) можна зв'язувати зі згинанням і прикріпленням пластини на чашу. Цвяшок, яким оббивка прикріплювалася до чаші, зроблено з дроту, отриманого вільним куванням при невисоких температурах.

Бронзовий диск із кург. 59 виливався в глиняній формі. Потім, можливо, по нагрітому металу нанесений орнамент.

Технікою виливання за порожнинною моделлю був виготовлений “музичний” інструмент із кург. 28. Дані структурного аналізу отримані по одному із семи кілець, одягнених на велике порожнинне кільце. Інші вивчені візуально. Структурно вивчене кільце – відлите. Наші спостереження дозволяють запропонувати наступну реконструкцію виготовлення всього виробу. Для одержання порожнинної ливарної форми був виготовлений стрижень з дерева, щоб відтворити внутрішню поверхню литва. Саме дерев'яний, тому що стрижень із глини збільшував би вагу виробу. На нього майстер наніс шар воску, що точно відповідав конфігурації майбутнього виробу. Щоб стрижень під час виплавки воску не осідав на стінки форми, усередині малого кола в стрижень хрест-навхрест були вставлені два штифти (на готовому виробі помітні отвори від них). Далі модель заформовувалась у глину, висушувалася, віск виплавлявся і провадилося заливання форми металом (Рис.Е.26). До моменту повного затверднення литва дерев'яний

стрижень частково вигорів, полегшивши тим самим готовий виріб. Вийнявши з форми й видаливши штифти, майстер відполірував кільце й наніс орнамент, а потім приступив до доливання семи невеликих кілець за восковими моделями. Місця з'єднань двох кінців воскових стриженьків помітні на виливках. Чи відливалися ці кільця в один прийом, чи кожне окремо, подібно вудилам з кург. 37, невідомо, тому що на спектральний аналіз проба взята лише з одного кільця.

Невідомого призначення стрижень з кург. 35 після виливання заготовки піддали формувальному холодному куванню з відпалюванням при невисоких температурах.

Дослідження восьми браслетів дає можливість говорити про уніфікацію технології виготовлення дротяних спіральних браслетів (ан. 10, 11, 12, 13, 14, 50, 69). Схема така:

- Виливання заготовки.
- Проведення неповного гомогенізаційного відпалювання.
- Формувальне кування на спеціальному ковадлі з жолобком, стінки якого запобігали поперечній деформації металу під час кування. Загострення куванням кінців дроту. Ступені обтискання металу складали 60 – 80%.
- Полірування поверхні дроту перед нанесенням орнаменту.
- Нанесення орнаменту.
- Формування щитків браслета (ан. 14). Для цього кінець дроту в нагрітому стані навивався на конусний бовван і отримана в такий спосіб спіраль ударами молотка стискувалася в плаский спіральний завиток.
- Формування браслета, коли середина дроту навивалася на циліндричний бовван, а отримана пружина стискувалася. Ті браслети, що не мали щитків, навивалися тільки на циліндр.

Один браслет (ан. 15) виливався за восковою моделлю, а потім був підданий гомогенізації, можливо, для того, щоб не допустити тріщин при нанесенні орнаменту. Поверхня виробу перед нанесенням орнаменту

відполірована. І, нарешті, по холодному металу був нанесений орнамент. Необхідно відзначити, що для виготовлення браслетів використовувалася високоолов'яниста бронза (Sn – від 11% до 15%) з високими концентраціями арсену (0,32 – 0,43%), свинцю (0,05 – 0,17%) і сурми (0,1 – 0,29%), тобто, такий сплав, що вимагає від майстра високої кваліфікації та знання властивостей таких бронз. У сімох випадках кування виробу провадилося по гарячому металу. Цьому передувало високотемпературне нагрівання металу до 600–700°C та витримка при такій температурі близько однієї години (неповне гомогенізаційне відпалювання). У результаті такої операції вирівнювалася концентрація всередині зерен твердого розчину, зменшувалася кількість евтектоїда і металу надавалась більша пластичність. Але складається враження, що гордіївськими майстрами техніка гомогенізаційного відпалювання ще не була цілком освоєна. Тому що ті зміни у вилитій бронзі, які мають відбуватися під час цієї термічної обробки (ліквідація дендритної ліквідації і розчинення евтектоїда), не доведені до кінця. Тобто, на всіх шліфах, крім аналізу 15, наявні залишки евтектоїда. Тому кування металу зі ступенями обтискання в 60 – 80% викликала появу тріщин (ан. 11, 12, 69).

Підводячи підсумки металографічному вивченню металу з Гордіївки, можна сказати про деяку уніфікацію в металообробці й технологічних прийомах. Більшість виробів були виготовлені за однією схемою – виливання з незначною ковальською доробкою всього корпусу виробу (6 екз.) і більш істотного проковування робочої частини (15 екз.). З 51 проаналізованого предмета 21 був виготовлений за зазначеною схемою. Формувальному куванню піддавалися 17 виробів. 13 виробів узагалі не піддавалися ковальській доробці після виливання.

Майстри використовували кування на ковадлах з жолобками, на конусних і циліндричних оправках, прошивання отворів. З великою віртуозністю майстри-ливарники володіли технікою виливання зі вставними

стрижнями й за восковими моделями, методом доливання. Слід також зазначити високий рівень використання такого технічного прийому, як гравіювання.

Загалом, можна говорити про досить однакову культуру виготовлення виробів, що складається зі стійких прийомів металообробки.

3.6. Стилети з фондів НМІУ

У фондах НМІУ України зберігаються два вироби, аналогічні гордіївським стилетам (Гошко, 2005, с.231–45). Місце їхньої знахідки невідоме. Один виріб розламаний на 3 фрагменти, інший – на 4. Один з них – кращої збереженості, всі фрагменти склеюються. Вироби мають круглий пертин, з біконічним навершям і чотирма протуберанцями-виступами у верхній частині, розташованими навхрест. Обидва всередині мають порожнини. Поверхня прикрашена гравірованим орнаментом.

Один виріб має довжину 47 см. Зверху має біконічне навершя з валиком на самому вершечку, діаметр навершя – 2,3 см, діаметр валика – 1,3 м. Від навершя в глибину тулуба на 8 см конусом сходять порожнина діаметром 0,6 см. На внутрішній стінці під валиком по периметру є виїмка глибиною 0,01 см. Порожнина повторює зовнішні контури і у місці ребра навершя різко розширюється. Тут були знайдені залишки перегорілої деревини. Нижче на відстані 10,6 см хрестоподібно розташовані чотири протуберанці: два – з наскрізним отвором і два – з грибоподібними голівками. Висота протуберанців із отвором – 0,9 і 0,7 см; діаметр обох – 1 см; діаметр отвору – 0,6 см. У одного з них стінки загнуті всередину на 0,01 см. Грибоподібні виступи діаметром 1 і 1,1 см, висотою – 0,7 і 0,8 см. Посередині тулуба виріб має ще одну веретеноподібну порожнину довжиною 7,2 см і діаметром 0,7 см у місці найбільшого розширення. Всі внутрішні поверхні нерівні, горбкуваті, з напливами (Рис.Е.21.2,2).

Нижня частина стрижня виробу витягнута куванням із великим ступенем деформації, що помітно навіть неозброєним оком. Вся поверхня

виробу, крім прокованої частини вкрита орнаментом, який складається з поясів, горизонтально заштрихованих ромбів, розділених горизонтальними смугами та ярусу з паркетної штриховки. Зверху наверх прикрашають п'ять смуг по п'ять ліній у кожній, що променями розходяться від валика.

Візуальне вивчення орнаменту дозволило встановити таку послідовність у його нанесенні:

- поверхня розбивалася по довжині на сектори смугами з 3 – 6 паралельно розташованих ліній;
- гравірувалися ромби;
- наносилася штриховка на ромби. Саме про таку послідовність свідчать накладання ліній, що утворюють ромби, на паралельні лінії та штриховку ромбів на їх контур. Для гравіювання застосовані два види штихелів – один для поперечних ліній із товстішою робочою поверхнею і другий, – тонший, – для прокреслювання ромбів і їхньої штриховки (Рис.Е.21.4). Хімічний склад металу див. у таблиці В.6.

Аналіз 117. Зразки для металографічного дослідження було вирізано з тулуба виробу і з вістря. Шліф зроблено на поперечному пертині виробу. До травління під мікроскопом видно поле, вкрите великими й дрібними круглими порами. Корозія розповсюджується на межах дендритів. У поляризованому світлі добре видно крупні фрагменти закису міді Cu_2O , що розташовані ближче до краю шліфа, по всьому його периметру (Рис.Е.21.3).

Після травління відкрилася дендритна структура, на яку подекуди, ближче до країв шліфа, накладаються дрібні поліедри. Евтектоїдна фаза виділяється між гілками дендритів. Мікротвердість металу – $128,0 \text{ кг/мм}^2$. Розміри поліедрів – $0,025 \text{ мм}$ (Рис.Е.21.4).

Аналіз 117а. Шліф зроблено на поздовжньому пертині вістря. До травління помітні кородовані тріщинки. Евтектоїд, що наявний у невеликій кількості, витягнутий ланцюжками вздовж зразка у напрямі поздовжньої деформації металу. Після травління відкрилася рекристалізована поліедрична

структура з великою кількістю двійників і смугами деформації у зернах. Величина зерна – 0,12 – 0,09 мм. Мікротвердість металу – 204,4 кг/мм² (Рис.Е.21.5).

Другий виріб має довжину 35,4 см. Морфологічно він дуже схожий на описаний вище, проте має деякі несуттєві відмінності, які полягають у коротшому, некованому на перший погляд, вістрі та невеликій розбіжності в орнаментатії. Діаметр наверх у найширшому місці – 2,45 см, діаметр валика – 0,9 см. На відстані 10,3 см знаходиться перехрестя у вигляді хрестоподібно розташованих чотирьох протуберанців – двох із наскрізним отвором і двох – із грибоподібними голівками. Висота виступів із отвором – 0,5 см; з голівками – 0,7 і 0,9 см. Діаметр виступів – 0,9 – 1 см. Діаметр отвору – 0,5 см. Як і в попередньому виробі, в одному з виступів внутрішня стінка загинається всередину на 0,01 см.

Виріб має порожнину, глибина якої сягає 26,3 см. На невеликому проміжку вона переривається. Якщо дивитися на зламах, то видно, що порожнина проходить не по центру, а трохи зміщена відносно центральної осі. Внутрішня поверхня нерівна, горбкувата (Рис.Е.21.3).

Орнамент виконано у подібному першому виробу стилі. Тільки найнижчий пояс складається з чотирьох прямовисних смуг: три – з навскісною штриховкою; одна – у вигляді зигзагу (Рис.Е.21.5).

Аналіз 118. Зразок для металографічного дослідження вирізано на поперечному пертині тулуба. До травління були помітні крупні й дрібні пори, здебільшого округлої форми. Корозія розповсюджується на межах дендритів. Спостерігається велика кількість крупних і дрібних фрагментів Cu_2O (Рис.Е.21.6).

Після травління відкрилася первинна вилита дендритна структура. Мікротвердість металу – 95,4 кг/мм² (Рис.Е.22.1).

Аналіз 118а. Шліф зроблено на поздовжньому пертині вістря виробу. До травління видно евтектоїд, трохи витягнутий у поздовжньому напрямку, і

тріщини вздовж шліфа. Після травління відкрилася дуже подрібнена полієдрична структура з двійниками. На самому вістрі спостерігаються численні лінії зсуву. Мікротвердість металу – $161,4 \text{ кг/мм}^2$. Величина зерна – $0,035 - 0,04 \text{ мм}$ (Рис.Е.22.2).

Висновок: для кожного виробу окремо була сформована воскова модель на дерев'яній основі (залишки обгорілої деревини всередині, нерівна, горбкувата, із затіканнями внутрішня поверхня). Для отримання протуберанців з отвором перпендикулярно у центральний стрижень був уставлений менший і з іншого матеріалу, бо внутрішня поверхня протуберанців гладенька. Кінці його заформовувалися у глину. І таким чином вся стрижнева конструкція утримувалася у вертикальному положенні у порожнині після виплавки воску. Голівки двох інших протуберанців отримані притисканням воску на моделі (на відливках помітні сліди прибирання зайвого воску й загладжування поверхні).

Після виплавки моделі зверху, від наверх, заливався метал. Через те, що стрижень виконує свою функцію у більш важких температурних умовах, коли вся його поверхня омивається розплавленим металом, він перегорів. Свідченням є вже згадана вище нерівна, горбкувата внутрішня поверхня відливки, а у деяких місцях порожнина повністю заповнена металом. У другому виробі на зламі спостерігається перекошення стрижня. Експериментальні роботи Саврасова А.С. підтверджують наше припущення про використання дерев'яного стрижня. “Спроба застосування стрижня з деревини була зроблена через те, що виникли труднощі при видаленні з литва глиняних стрижнів. Метал до стрижнів не пригоряв, бо вони були обмазані крейдовою суспензією, тим не менше вони у литві затискалися. Для видалення стрижнів було необхідно повністю їх роздробити. Стрижень з дерева видалявся легко, але при литті виділяв багато газів, а також лишав на втулці весь складний рельєф обвугленої деревини. Все це вело до браку в литві” (переклад мій – Т.Г.)(Саврасов, 1996, с.).

Велика кількість Cu_2O та пор на шліфах, що були вирізані з середини тулуба, і відсутність його на вістрях може свідчити або про погано розкислений метал, попадання кисню при заливанні у форму чи дерев'яний стрижень (реакція дерева на розплавлений метал: обвуглювання і виділення кисню, який розчинився у металі при застиганні). До речі, погану збереженість виробів теж можна пояснити наявністю кисню, бо при цьому росте чутливість металу до холодноламкості, тому що часточки Cu_2O розташовані на межах зерен, що й визначає крихкість (Циммерман, Гюнтер, 1982, с.49).

У обох випадках відливки піддавалися куванню, яке було направлене на витягування й зміцнення вістря, свідченням чому є значне збільшення тут твердості. Цей етап роботи відображають структури на шліфах 117а і 118а. Кування обох виробів провадилося при невисокій температурі і з досить високим ступенем обтиску (відсутність первинної вилитої структури, евтектоїд витягнутий ланцюжками, але дуже подрібнений). Присутність великої кількості двійників лінзоподібної форми та ліній плину в поліедрах, як у великих, так і в малих (ан. 117а), вказують на кування, що закінчувалося по захололому металу. Цілком можливо, що вістря цього виробу набуло такого вигляду після ремонтування зламаного в процесі експлуатації, бо воно псує естетичний вигляд виробу.

Появу ліній зсуву на самому краєчку вістря другого виробу і відсутність їх усередині можна пояснити характером його використання – проколюванням чогось твердого.

Орнамент займає 2/3 поверхні виробів. Він наносився на готові відливки по нагрітому металу. Свідченням тому є поява невеликої кількості поліедрів на вилитій структурі (ан. 117). Він був виконаний у техніці гравіювання в одному стилі на обох виробках.

Найближчими аналогіями виробам з НМІУ є два вироби з кургану 16 Гордіївського курганного могильника (Гошко, 1998, с.62). Технологія

виготовлення подібна описаній вище – це техніка лиття за порожнинною моделлю в одноразовій глиняній ливарній формі. Доробка куванням направлена на витягування й загострення вістря. Процес відбувався при температурі 700°C. Вістря проковане холодним і на завершення роботи гарно відшліфоване.

Більш віддаленою аналогією можна вважати шпильку з поховання №75 Острівцяцького могильника культури Ноа (Балагурі, 1968, с.139, рис.3:1,2). Її довжина – приблизно 24,5 см. Вилита за восковою моделлю. Прикрашена гравірованим орнаментом, у верхній частині, судячи з малюнка автора, мала наскрізний косий отвір, що йде від голівки і закінчується нижче протуберанців. Шпилька зі скарбу з Рисешт теж має отвір у голівці (Петреску – Дымбовица, 1960, с.158, рис.6:5). Поздовжній отвір у голівці є в подібній шпильці з Улашківців (Мелюкова, 1958, рис.5:21), проте на малюнку в публікації він не позначений. Побачити його можна на малюнку в роботі Свешнікова (Свешніков, 1974, с.199, рис.52).

3.7. Порівняння технології виготовлення виробів у різних культурах

Як відомо, основним інструментом згрупування найбільш загальних класифікаційних ознак металообробки, які регулярно фіксуються, є технологічні схеми. Технологічні схеми об'єднують основні прийоми виготовлення предмета з урахуванням їхньої послідовності та температур їхнього виконання (Рындина, 1998, с.79). У таблиці Б.1 наведені технологічні характеристики дев'ятьох схем, які виявлені на досліджених матеріалах доби пізньої бронзи з Лісостепоного Правобережжя Дніпра. Треба одразу зазначити, що кування завжди передувало відливання заготовки, більшою або меншою мірою наближеної до кінцевого вигляду предмета. Перша схема згруповує відлиті вироби, які не потребували ковальської доробки. Друга схема відображає доробку литва холодним куванням. Чотири наступних схеми пов'язані з куванням металу в температурних інтервалах 400 – 500°C, 500 – 600°C, 600°– 700°C, 700°C. Сьома характеризується застосуванням

холодного кування литва із проміжковими відпалюваннями при температурах 500 – 600°C та 700°C. До VIII схеми зараховані вироби, які після відливання були піддані високотемпературному відпалюванню з подальшим напівгарячим (400 – 430°C) чи гарячим куванням (700°C). Дев'ята схема об'єднує предмети, на яких спостерігається поєднання гарячого і холодного кування заготовки на її різних ділянках.

Оцінити рівень ливарної техніки і характер ливарних форм, що були у використанні майстрів доби пізньої бронзи, вдавалося далеко не завжди. Було зафіксовано декілька різновидів ливарних форм, які різняться між собою конструкцією та матеріалом. За конструкцією це одностулкові з кришкою, двостулкові (закриті й зі вставним сердечником) та одноразові, виконані за восковою моделлю (Табл. Б.2). Одностулкові ливарні форми зафіксовані по одному екземпляру на матеріалах культури Ноа та білогрудівського часу Середнього Подніпров'я. Двостулкові закриті форми простежені на матеріалах всіх культур, причому більшість припадає на білогрудівський час Середнього Подніпров'я та Гордіївку (по 5 екз.). Двостулкові форми зі вставним сердечником зафіксовані у тшинецько-комарівській культурі та Гордіївці (по 1 екз.).

Використання одноразових глиняних ливарних форм, виконаних за восковою моделлю, простежено на 21 виробі: передбілогрудівського часу на Середньому Подніпров'ї (2 екз.), культури Ноа (2 екз.), та висоцької культури (1 екз.). Переважна більшість випадків припадає на Гордіївку (16 екз.).

На досліджених виробах простежено матеріал, з якого виготовлялися ливарні форми. Із 47 випадків відмічені 7 кам'яних, інші 40 були виготовлені з глини.

Кожна археологічна робота потребує типологічного розділення металевих виробів для впорядкованого описання їхньої технології. Типологія металу доби пізньої бронзи, стосовно знахідок з території Північного Причорномор'я, була розроблена Є.М. Черних (Черных, 1976). Детальна

типологія металевих прикрас пізньобронзової доби України розроблена С.С. Лисенко (Лисенко, 2006). До задач нашої роботи не входить розробка типологічного розділення всього наявного металу доби пізньої бронзи на території Правобережного Лісостепу, тому прийнята в роботі типологічна схема має спрощений характер, у порівнянні з указаними вище. Вона згруповує знахідки у межах лише двох структурних одиниць: категорія – тип, бо орієнтована на узагальнення знахідок, що пройшли технологічний аналіз.

Серед виробів, що пройшли технологічний аналіз виділено шість категорій, які відрізняються за своїми функціями та умовним буквенним індексом: 1) предмети домашнього вжитку (**П**); 2) прикраси великі (**Пв**); 3) прикраси дрібні (**Пд**); 4) деталі кінської вузди (**В**); 5) зброя (**З**); 6) дрібні вироби (**Дв**). Кожна з категорій розділяється на дрібніші одиниці – типи. Так до предметів домашнього вжитку зараховані ножі, шила, проколки і долотця, голки, бритва; до великих прикрас – браслети, шпильки, гривна, “шумливий браслет” та дротяний утримувач волосся. До дрібних прикрас віднесені спіральні підвіски, скроневі кільця, пронизки, кільця-каблучки, бляшка. До деталей кінської вузди – вудила, бляха з петелькою, кільця, дзвоникоподібні підвіски. До зброї зараховані наконечник списа, наконечники стріл, стилети. Категорію дрібних виробів складають накладка на дерев’яну чашу, амулет, заклепки, стрижні, гачки. (Табл. Б.3).

За пам’ятками досліджені знахідки розподілені дуже нерівномірно. Найбільший відсоток складають вироби з Гордіївки (56 предметів). Другою за кількістю є вибірка з пам’яток культури Ноа. Вона складає 32 предмети (з них 26 виробів, що походять з могильника й поселення Острівець, Олеччина, виконані Н.В. Риндіною). Скромнішою виглядає колекція з тшинецько-комарівських пам’яток: 18 предметів. Іще менші вибірки з пам’яток білогрудівського часу Полісся та Середньої Наддніпрянщини й висоцької культури (по 9 екз.). Найбільший відсоток колекції становлять прикраси. (Табл. Б.4).

Тепер докладніше розглянемо технологічні схеми, зафіксовані у матеріалах доби пізньої бронзи (Табл. Б.5). Як видно з таблиці, чотири технологічних схем присутні у всіх культурах: I, III, IV та VII. Для тшинецько-комарівських виробів найчастіше вживаною є IV технологічна схема (6 екз.). Наступною за кількістю виробів є VII (по 3 екз.). Схеми II та VIII серед тшинецько-комарівських виробів не зустрічаються. Для культури Ноа першою за вживаністю стоїть III схема (18 екз.), а другою – I (6 екз.). VI, VIII та IX схеми серед металу Ноа не представлені зовсім. Нечисленні вироби білогрудівського часу з Полісся та Середнього Подніпров'я розпорошені по п'ятьох схемах: I – 3 екземпляри, а III, IV, VI, – по одному. Вироби висоцької культури за технологічними схемами розподіляються таким чином. Найчастіше зустрічаються I (3 екз.). Схеми III й IV представлені кожна двома екземплярами, по одному виробу виготовлено за V й VII. Схеми II, VI, VIII й IX у висоцькому металі відсутні. Серед гордіївського інвентарю найбільш вживаними є IV (18 екз.) й I (11 екз.) технологічні схеми. По вісім виробів виготовлені за VI й VII схемами. За II, III і IX – по 3 вироби.

На сьогодні в існують два варіанти розподілу матеріалів Гордіївського могильника. Два етапи – ранній і пізній – виділяє С.С. Березанська (Березанская, 1999, с.143 – 144). Чотири хронологічні групи виділяє В.І. Ключко (Klochko, 1998, s.343 – 351). Для технологічного спостереження більш інформативним виявився розподіл гордіївського металу на чотири хронологічні групи. З таблиці Б.6 видно, що на всьому проміжку функціонування могильника основними були три технологічні схеми: I, IV, VII, але на кожному з етапів частка у кількісному відношенні змінювалася. Так за схемою IV виготовлено п'ять виробів з Гордіївки-I, з Гордіївки-II за цією ж схемою виготовлено вже десять, у Гордіївці-III і IV відповідно один і два вироби. Безпаспортні стилети з НМІУ, за аналогією до подібних виробів з кург.16 гордіївського могильника, відносимо до часу Гордіївки- II. Перша технологічна схема була популярною на першому (3 екз.) і особливо на

четвертому етапі Гордіївки (4 екз.). Сьома схема частіше застосовувалася на перших двох етапах (відповідно 3 і 4 екз.).

Найбільша різноманітність застосованих технологічних схем серед усього дослідженого матеріалу припадає на Гордіївку-II і III та культуру Ноа. Але розподіл предметів за технологічними схемами відмінний, бо найбільша кількість аналізованих виробів у культурі Ноа припадає на III схему, а в Гордіївці – на IV.

Проведений аналіз технологічних схем продемонстрував загалом різноманітність їхнього застосування у різних культурах. Відмічається тенденція збільшення виробів, виготовлених за схемою I від тшинецько-комарівської культури до висоцької і Гордіївки-IV та зменшення кількості виробів, що виготовлялися за IV схемою (Табл. Б.7).

Таблиця Б.8 демонструє розподілення різних категорій металевого інвентарю за варіантами кування з різними температурними умовами. Типологічне розкладення інвентарю за температурними умовами обробки показує, що найбільшою різноманітністю характеризуються категорії **П** і **Пв**. Найбільш характерним для категорії **П** є гаряче кування, а для категорії **Пв** – гаряче і неповне гаряче кування. Друге місце посідає кування із відпалюваннями та в режимі передплавильних температур. Таким чином, можна зробити висновок, що предмети побуту та крупні прикраси проходили значну формвальну ковальську доробку напівфабрикатів, при температурах 500 – 700°C. У виробництві дрібних прикрас і виробів майстри теж надавали перевагу цим самим температурним режимам.

Можливо такий підхід був оправданий функціонально і технологічно. Найбільший відсоток серед досліджених виробів складають прикраси, виготовлені з довгого дроту. Високий вміст олова в металі унеможливорює сильну деформацію. Гаряче кування та кування при передплавильних температурах та із проміжковими високотемпературними відпалюваннями забезпечували пластичність металу і надавали майстрам можливість

виконувати дріт потрібної довжини. Зовсім рідко зустрічається холодне кування, метою якого було зміцнення робочого краю виробу. Частіше цей ефект досягався зниженням кінцевої температури кування.

Особливої уваги заслуговує проблема хронології технологічних схем. Нерівнозначний матеріал, представлений у зібраній колекції металевих виробів з території Правобережної Лісостепової України, часто неоднозначність культурної приналежності деяких пам'яток та депаспортизованих предметів, дуже затрудняє вирішення цієї проблеми на даному етапі. Тим не менше, про деякі попередні висновки можна говорити вже зараз. На протязі доби пізньої бронзи побутують I, II, IV та VII схеми. VIII схема характерна тільки для Гордіївки-I, II. Схема II з'являється у Гордіївці-I, II, III й культурі Ноа, а серед інших матеріалів не спостерігається. Цей момент, можливо, відбиває контакти на певному проміжку часу між носіями культури Ноа і населенням, яке залишило Гордіївський могильник. Ще один технологічний момент зближує Гордіївку і Ноа – це застосування лиття за восковою моделлю, хоча така ливарна технологія найяскравіше представлена все-таки на гордіївських матеріалах. Вона з'являється вже на першому етапі Гордіївки (лиття за пустотілою восковою моделлю), досягає розквіту на II і III етапах (виливання за виплавлюваними восковими моделями зі втратою ливарної форми зі вставним дерев'яним стрижнем для отримання порожнинного виробу й доживає в Гордіївці-IV у вигляді техніки доливання різних деталей за восковою моделлю. Два безпаспортні стилети із НМІУ з Лісостепоного Правобережжя Дніпра виготовлені за подібною технологією. Вони є наслідуванням гордіївським стилетам, бо рівень їхнього виконання набагато нижчий. Схожий технологічний прийом спостерігається на шпильці з Острівця (пох. 75a). Та на відміну від стилетів вставний стрижень для отримання внутрішнього отвору закріплювався обома кінцями у формовочній масі ливарної форми. Цією деталлю острівецька шпилька з протуберанцями наближається до шпильок з кулястими голівками й навскісними отворами в

них. Одна подібна шпилька знайдена на Острівцеькому поселенні в зольнику №1. Такий спосіб закріплення вставного стрижня видно на Кардашинських (Bočkarev, Leskov, 1980, taf.11.87a,b) та Ново-Олександрівських кам'яних ливарних формах (Bočkarev, Leskov, 1980, taf.9.73b).

Звернімося до різновидів ливарних та ковальських прийомів доби пізньої бронзи, що не розкриті в межах технологічних схем. Бронза – це метал в першу чергу ливарників, тому виготовлення кожного виробу починалося з відливання заготовки. При литті застосовувалися ливарні форми трьох різновидів (Табл. Б.2). Домінували одноразові, виготовлені за восковою моделлю (25 екз.). Друге місце посідали двостулкові закриті форми (22 екз.). Одностулкові ливарні форми використовувалися дуже рідко (2 екз.).

За доби пізньої бронзи розквітає техніка лиття за восковою моделлю. З'являється складне лиття в одноразових формах зі вставним стрижнем для отримання порожнини всередині литва, лиття за пустотілою восковою моделлю. Були відомі наступні прийоми формування воскових моделей: заглажування, спаювання окремих деталей розплавленим воском, склеювання деталей моделі, вирізання.

Відлиті заготовки найчастіше допрацьовувалися куванням. Види ковальських прийомів різноманітні. У застосуванні були наступні операції: вільне кування, кування у формі, витягування, плющення, закручування, пробивання (однобічне й двобічне), згинання, рублення, штампування та наклепування. Частіше за все вони проводилися в правильних температурних режимах, але доля ковальського браку немала (24 зі 126) і припадає, в основному на крупні прикраси (Табл. Б.9). Операції кування в формі (а, можливо, й волочіння), витягування застосовувалися для виготовлення дроту для прикрас, таких як браслети, кільця-каблучки, шпильки, а також проколот, голок, стрижнів. Плющення супроводило оформлення шпильок із пластинчастою та біспіральною голівками, пронизок, згорнутих із пластин, пластин і бляшок. Закручування застосовувалося при перекручуванні

стрижнів у шпильок, руків'я бритви. Пробивання (однобічне й двобічне) застосовувалося для оформлення голівок голок, руків'їв ножів, отворів на пластинах. Згинання було необхідним при формуванні спіральних браслетів та каблучок, щитків на браслетах, голівок шпильок, утримувачів волосся. Рублення було необхідним для вирізання з пластини заготовок пронизок та в процесі виготовлення шпильки з біспіральною голівкою. Зміцнення робочого краю наклепування зустрічається дуже рідко (6 вип.). Більш характерним було зниження температури в кінці кування.

У нагріванні металу, яке супроводжує кування, і нагріванні проміжковому, яке передує наступному циклу кування, зазвичай виділяють такі різновиди кування: гаряче, неповне гаряче і холодне з відпалюваннями. На матеріалах доби пізньої бронзи вдалося прослідкувати ще один різновид – нагрівання заготовки до температур 400°C, 600 – 700°C перед куванням із наступним напівгарячим чи гарячим куванням. Металографічний аналіз не завжди дає можливість чітко виокремити ці варіанти деформації. Зі 126 досліджених предметів на 95-и вдалося встановити режим обробки металу. Перевагу майстри надавали гарячому куванню при температурі 500 – 700°C (50 предм. – 39,7%). Неповне гаряче кування застосовувалося набагато рідше (25 предм. – 19,8%).

При розгляді варіантів виготовлення виробів доби пізньої бронзи з території Лісостепової Правобережної України, впадає в вічі досить велика частка браку, як ливарного так і ковальського (всього 31 випадок – 24,6%). Види ливарного браку, зустрінутого на виробах наступні: залишки ливарного шву (на 5 предм.), усадочна тріщина (1 предм.), розпори (2 предм.), недолив (1 предм.) та високий вміст закису міді в металі (10 предм.). Ковальський брак простежений на 19 виробах. З них 7 виробів мають тріщини "червоноламкості", та 12 виробів мають тріщини напруги, які виникли в результаті сильної деформації металу при неправильно підбраному

температурному режимі. Переважна кількість виробів припадає на великі прикраси, виготовлені гарячим куванням (Табл. Б.9).

3.8. Хімічна характеристика виробів

При вивченні кольорового металу завжди актуальне питання його походження. Особливо складним воно є для Лісостепової Правобережної України, на території якої відсутні сліди видобутку руди в давні часи (крім Великого Мідська). У результаті дослідження металевих виробів доби пізньої бронзи з Північного Причорномор'я Є.М. Черних дійшов висновку про імпорتنний характер металу. На зазначеній території науковець виділив дві основні групи металу на підставі їхнього географічного поширення: Карпато-Трансильванську, джерела якої розмістив у межах Карпатського гірничо-металургійного центру, і Правобережну, з рудними джерелами у Балкано-Карпатській гірничо-металургійній області (Черных, 1976, с. 26). Через недостатність геологічної інформації про хімічний склад рудовиявів на Правобережній Україні та відсутність її щодо прилеглих центральноєвропейських територій, в роботі довелося, використати публікації спектральних досліджень інших авторів (Черных, 1976, с. 253 – 257, 258 – 263; Татарinov, 1993; Petrescu-Dombovița, 1977; Sangmeister 1973, s. 250; Gardawski, Wesołowski, 1956, s. 59 – 103; Schubert, Schubert, 1967, s. 185 – 203; Liversage, Pernicka, 2002, s. 417 – 426; Dziekoński, Wsłański 1968, s. 123; Pleiner R., 1953, s. 795 – 796; Koziorowska, 1976, s. 93 – 122; Dąbrowski, Hensel, 2005) – загалом 1035 проб.

У археологічній науці існує два різних підходи методологічної інтерпретації результатів спектрального вивчення давнього металу: Є.М. Черних та В.О. Галібіна. Є.М. Черних вважає, що майстри-металурги штучно вводили легуючі метали – олово, арсен, сурму та ін. На думку В.О. Галібіна, ці мінерали та елементи знаходилися в руді як природні

домішки (Галибин 1991, с. 59 – 69). Проведені дослідження геологом В.Й. Манічевим давніх шлаків підтверджують таку можливість (Демченко, Клочко, Маничев, 2000, с. 29 – 47; Крапивина, Маничев, Крутилов, 2004, с. 66 – 87). Авторка є прихильницею В.О. Галібіна і В.Й. Манічева у підході до спектрального вивчення давнього металу, тому нижче метал розглядатиметься під таким кутом зору. Можливі джерела витоку виділених груп металу встановлювалися за Є.М. Черних, на основі їхнього географічного розповсюдження.

За невеликим виключенням, спектрально проаналізовані всі вироби, які пройшли технологічне дослідження (загалом 134 проби). Найбільша колекція – гордіївська, складається з 90 виробів. Спектральний аналіз пройшов 51 предмет, з яких було відібрано 61 пробу. Така невідповідність у кількості проб і виробів пояснюється тим, що з деяких предметів бралось по декілька проб (“шумливий” браслет, ніж із долитим руків’ям, вудила, накладка на дерев’яну чашу із гвіздком). Дана методика виправдала себе, показавши відмінність в хімізмі складених виробів. Вони отримані з різних, по черзі переплавлених зливків сирцевого металу, який походить з руд різного хімічного складу. На цей момент звернули також увагу і Я. Дамбровський і З. Хенсель (Dąbrowski, Hensel, 2005, с. 16).).

Спектральний аналіз гордіївських виробів проведено в Московській спектральній лабораторії Інституту археології РАН, Є.М. Черних (шифр лабораторії – 44769, 44721 – 4468, 44770 – 44771), у Київському Інституті судових експертиз (ан. № 62а-б; 63–69; 71). Дослідження хімічного складу металу із інших пам’яток проводилися в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України.

Переважна більшість описаних вище виробів із бронзи і міді було досліджено з використанням методів напівкількісного і кількісного визначення різних домішок металів (Додаток В). Весь метал за співвідношенням макроелементів (Fe, Ca, Mg, Na, P та ін.) і мікродомішок у

його складі розділяється на групи, які визначають в основному подібність літолого-мінералогічних ознак рудних порід. Це могли бути пісковики, алевроліти, аргиліти, карбонатні породи, а також вулканічні, магматичні і метаморфічні рудні утворення. Не можна виключити й імовірність використання майстрами-металургами рудних порід змішаного складу.

У деяких предметах підвищений вміст алюмінію, фосфору і заліза, в інших кремнію, магнію, натрію. У ряді зразків бронз відзначається високий вміст кальцію. Зазначені особливості характеризують рудні породи осадової генези. Аналогічно макроелементам, мікроелементи-домішки є важливим доповненням до геохімічної діагностики генетичного типу міднорудної сировини.

Як приклад можна навести вміст цинку і арсену в бронзі всіх груп металу. Арсен відсутній у металевій бронзі зі знахідок у Тернопільській області (Воля-IV, Петриків), а цинк у половині всіх зразків або відсутній зовсім, або знаходиться в підвищеній кількості (соті долі відсотка, рідше – десяти).

Що стосується інших домішок металів, то вони незалежно від приналежності до груп, дуже близькі за своїм кількісним вмістом та можуть у деякій мірі свідчити про єдиний рудний район давніх розробок протягом тривалого часу. Наприклад, олово і сурма знаходяться в бронзах різних областей постійно в підвищеній кількості, від десятих часток відсотка до цілих відсотків.

На території Бахмутського міднорудного поля (Донецький регіон) геологічними дослідженнями виділено борнітову зону (Лазаренко, 1975), у якій із сульфідами міді дуже часто зустрічається борніт (строката мідна руда) з підвищеним вмістом домішок олова. У зонах окислювання міднорудних родовищ у ранні історичні епохи видобувалась мідна руда, у якій вміст олова міг перевищувати 1%. При виплавці кольорового металу з таких руд отримували бронзу. За спектральними аналізами бронз із поселень

БМЗК, вміст олова в бронзі виробів змінюється в широкому діапазоні – від 0,5% до 5–7%, а в окремих випадках до 15–20%. Як відзначає С.І. Татаринів, збагачені оловом руди могли розроблятися в Нагольному кряжі і навіть з них одержували металеве олово (Татаринів, Кравець, Копыл, 1996). Що стосується останнього, то сучасні минералого–геохімічні дослідження руд кольорових металів у Донецькому регіоні не підтвердили наявності олов'янистих руд, але як домішка в мідних і поліметалевих воно могло бути присутнім.

Розподіл арсену коливається в широких межах, від сотих часток до цілих відсотків, що можна віднести до підвищеного вмісту.

Вісмут у більшості зразків металу не перевищує сотих часток відсотка, а в одиничних зразках з Волі-IV, Петрикова і Гордіївки міститься в кількості до десяти часток відсотка. Слід вказати на те, що в більшості зразків підвищений вміст нікелю, максимум якого досягає до 0,9% (Острівець). Аналогічно нікелю відзначається розподіл свинцю, домішки якого міняються в широких межах, від тисячних часток відсотка до 3,4% (Гордіївка). Подібний розподіл у бронзах має срібло.

Присутність домішок цинку має важливе значення, оскільки він характеризує приналежність металу до рудників з різною генезою і не має широкого діапазону в кількісному розподілі. В одних зразках цинк взагалі відсутній, в інших його вміст можна віднести до підвищеного (соті частки відсотка). Виключення складає метал з Гордіївки, де його кількість спостерігається від десятих часток відсотка до десятитисячних, у тому числі є метал де цинк відсутній.

Таким чином, основним критерієм належності бронз до тих чи інших міднорудних джерел є не тільки кількісний, але і якісний склад металів–домішок. Отже геохімічна класифікація груп металевих бронз давніх виробів, стане можливою тільки зі з'ясуванням хімічного складу руд з яких вони виплавлялися. З урахуванням геологічних даних для родовищ міді в Україні і

за її межами, варто розглядати в першу чергу давні родовища, про які є відомості в археологічній науці. До них можна віднести два основних: Донецький міднорудний басейн та Карпатський регіон у широкому значенні (Передкарпаття і Закарпаття, Румунія, Чехія, Словаччина, Польща, Угорщина). Однак жоден з них не характеризується тільки одним специфічним типом руд. У кожній з вищезгаданих рудоносних провінцій є велика розмаїтість міднорудні сировини за її генезою і складом. Більш того, на сьогоднішній день ми не маємо у своєму розпорядженні детального опису хімічного складу всіх давніх рудопроявлень (насамперед окисленого чохла) і давніх шлаків, що знайдені в безпосередній близькості до них. З цієї причини, установити абсолютно точно шляхи надходження мідної сировини на територію Правобережної Лісостепової України важко.

Про це свідчить і порівняльний аналіз спектрального складу бронз із пам'яток Правобережної України. У додатку Д.4 наведені гістограми варіацій розподілу домішок металів у бронзах, а для порівняння – гістограми (за літературними джерелами) розподілу цих же домішок у бронзах, знахідки яких концентруються у безпосередній близькості до нині відомих рудників чи установлений їхній геохімічний взаємозв'язок з рудоносним джерелом.

У кореляційних графіках розподілу концентрацій основних домішок, розроблених В.Й. Манічевим, зведені результати по кожній пам'ятці. Інформація про склад і вміст елементів аналізовного металу розміщується таким чином. По вертикалі вказуються основні елементи, по горизонталі їхній можливий вміст у відсотках (>1%, десяти долі відсотка, соті, тисячні долі відсотка). На їхньому перетині заштрихована повністю клітинка означає, що переважна більшість аналізованих зразків у групі металу має даний елемент у зазначеній кількості. Наполовину заштрихована клітинка означає, що даний елемент у такій кількості в групі металу зустрічається мало. Відповідно горизонтальна лінія в клітинці означає, що даний елемент у означеній кількості зустрічається в поодиноких зразках.

Наприклад (див. Додаток Д), у металі з Нетішина переважна кількість виробів у своєму складі має більше одного відсотка олова, а окремі зразки – 0,1%. Частина зразків вміщують свинець у кількості 0,1% та 0,01% і тільки окремі – 0,001% і т.д. Зручність таких графіків полягає в тому, що вони дають можливість об'єднати всю інформацію про хімічний склад металу з окремої пам'ятки чи, навіть, регіону і є дуже наочними.

Порівняння хімічного складу металу досліджених виробів показує, що між ним фіксуються в однаковій мірі як подібність, так і відмінність. Розглядаючи колекції бронз із зазначених пам'яток доби пізньої бронзи, варто звернути увагу на той факт, що металеві бронзи, у яких відсутній цинк широко зустрічаються в Польщі, Румунії й Угорщині. Метал зі значним вмістом цинку відзначений у всіх регіонах України, у тому числі й у межах мідевміщуючого Донбасу.

Аналоги бронз, у яких відсутній арсен, відомі в Польщі й Угорщині. Варто мати на увазі, що ці країни мають власні міднорудні джерела, що могли використовуватися в давній кольоровій металургії і територіально наближені до Карпатської гірської системи.

Спектральний склад бронз, навіть у межах однієї культури, може бути дуже мінливим. Так, група металевих бронз культури Ноа (Воля-IV) помітно відрізняється від колекції з Острівця (Черних, 1976, с.274 – 275), у якій підвищений вміст арсену і майже цілком відсутній цинк. Одночасно з цим у бронзі з Острівця і, особливо, Гордіївки відзначається помітна подібність за складом металів-домішок із бронзою виробів зі скарбів культурного горизонту Ноа-Сабатинівка: Лозівського і Валя Русулуй з Молдови, Новотроянівського і Бецилівського – зі скарбів з Одеської обл. (Черних, 1976, с.262 – 267).

Хімічний склад бронзових виробів із Малополовецького-3 дуже близький до металу з Донецького регіону і частково до металу Карпатської гірничо-видобувної сировинної бази.

Більш суворе наукове обґрунтування можуть дати результати порівняння спектрального складу бронз і шлаків мідної руди з давніх копалень, а також порівняльний аналіз мінерального складу шлаків з мідними рудами різних країн, включаючи використання геологічних літературних джерел.

На цей час можна робити висновок про те, що протягом тривалого часу мали місце розробки одного великого басейну, у якому існували окремі родовища близького хімічного складу (Передкарпаття чи Закарпаття, Польща, Словаччина, Угорщина, Румунія).

Можна припустити, що на територію Лісостепової Правобережної України метал за доби бронзи надходив з поліметалевих родовищ Румунії, Угорщини, Словаччини у вигляді металу чи готових виробів, тому що залишки плавлення руди, такі як шлаки і мідеплавильні горна для зазначеного часу і території поки невідомі. Якась частина металу могла надходити на правий берег Дніпра також від племен БМЗК з Донбаських родовищ.

Тшинецько-комарівський метал дуже близький за складом групам металу Od і Oe, виділеними Я. Дамбровським і З. Хенселем на території Польщі. Вони вважають вироби цих груп імпортом з території Словаччини і Трансільванії, тобто території поширення культури Отомань (Dąbrowski, Hensel, 2005, s.8–9). Таким чином, можливо, підтверджується припущення С.Д. Лисенка про існування Північного Лісостепового транспортного шляху, що проходив уздовж межі Лісостепу і Полісся (Лисенко, 2002, с.105, мал.1).

Проведене порівняння металу з Гордіївського могильника з металом Угорщини і Польщі, а також з дослідженими Є.М. Черних колекціями зі скарбів Одеської області і Молдови, демонструє досить близьку подібність між ними, а особливо з металом з Одеської області. Є.М. Черних метал такого складу віднесений до Правобережної групи, рудні джерела якої знаходяться у Балкано-Карпатській гірничо-металургійній області Тут ми

маємо підтвердження функціонування ще одного транспортного шляху, виділеного С.Д. Лисенком – Південного Лісостепоного Шляху, що зв'язував Надбужжя з Нижнім Дунаєм (Лисенко, 2002. –С. 105, мал.1).

За хімічним складом метал з Гордіївського могильника можна розділити на дві хронологічні групи: ранню (Гордіївка-I, II та III) і пізню (Гордіївка-IV), бо в металі ранньої групи майже відсутній цинк, у той час як у пізній він є. Це може свідчити про початок функціонування нового рудного джерела на пізньому етапі чи зміну напрямку постачань металу.

Отже, у розділі описана технологія виготовлення металевих виробів; виявлені дев'ять технологічних схем, які використовувалися майстрами; описані різновиди ливарних форм; проведено дослідження хімічного складу металу і намічені можливі шляхи його надходження до населення Лісостепоної Правобережної України за доби пізньої бронзи.

ВИСНОВКИ

У дисертації подане нове вирішення наукового завдання, що виявляється в дослідженні рівня розвитку металообробки у племен доби пізньої бронзи XVIII – X ст. до н. е. на території Правобережної Лісостепової України.

Проведений аналіз показав, що на цій території в зазначений період місцева металургія була розвинена слабше порівнянно з металургією сусідніх племен бережнівсько-маївської зрубної та сабатинівської культур.

Поліметалеві руди Карпатського регіону були основним джерелом металу для місцевої металообробки. На території Правобережного Лісостепу геологами відкрито достатню кількість невеликих мідних і поліметалевих родовищ, але розробки їх у давнину поки не засвідчені.

Залишки металургії на цій території в археологічних пам'ятках майже невідомі, окрім плавильних горен з поселення культури Ноа – Острівець та декількох знахідок шлаків з Магали й Острівця. Ливарні форми, пов'язані з місцевим виробництвом, простежені тільки в культурі Ноа. Відомі ливарні форми з Верхньої й Середньої Наддніпрянщини, вочевидь, відображають культурні зв'язки місцевого населення з носіями бережнівсько-маївської зрубної й сабатинівської культур.

На технологічно досліджених матеріалах зафіксовані наступні різновиди ливарних форм: одностулкові з кришкою, двостулкові (закриті й зі вставним сердечником) та одноразові, виконані за восковою моделлю. Найчастіше у використанні були двостулкові закриті форми. Дуже рідко майстри користувалися одностулковими формами. Поява одноразових

ливарних форм засвідчена на матеріалах Побужжя, в ареалах культури Ноа, висоцької й, особливо, з Гордіївського могильника.

Свідченням відмінних металообробних традицій є розпорошення у температурних показниках кування на пам'ятках різних культурних зрізів доби пізньої бронзи. На досліджених матеріалах виявлено дев'ять технологічних схем формування металевих виробів, із яких найчастіше використовувалися чотири. Найбільша різноманітність засвідчена в Гордіївці-II і III та культурі Ноа.

Відмічене збільшення кількості відлитої виробів, що не потребували значної ковальської доробки від тшинецько-комарівської КІС до висоцької культури й Гордіївки-IV та зменшення в цьому ж напрямку кількості виробів, що кувалися при температурах 600–700°C.

Типологічний аналіз інвентарю за температурними умовами обробки показав, що найбільшою різноманітністю характеризуються предмети побуту та великі прикраси, які проходили значну формувальну доробку гарячим куванням.

Доробка литва супроводжувалася наступними операціями: вільним куванням, куванням у формі, витягуванням, плющення, закручуванням, пробиванням (однобічним і двобічним), згинанням, рубленням, штампуванням та наклепуванням. Частіше за все вони проводилися в правильних температурних режимах, але відсоток ковальського браку немалий і припадає, в основному, на великі прикраси. Рідше застосовувалося кування у передплавильних температурах, і вже зовсім рідко – холодне кування.

Вперше на зазначеній території з'являється складна ливарницька технологія – лиття за восковою моделлю зі вставним стрижнем, лиття за пустотілою восковою моделлю та доливання деталей, яка представлена в гордіївських матеріалах та в культурі Ноа. Аналіз техніко-технологічних та хімічних ознак, які виявляються у доробці литва холодним куванням,

відливання за восковою моделлю та хімічний склад металу, дає можливість говорити про деякі виробничі контакти на певному проміжку часу між майстрами культури Ноа та гордіївськими.

Спектральне вивчення металевих виробів, що пройшли технологічний аналіз, та залучення спектральних даних, вже відомих за вітчизняною і зарубіжною археологічною літературою, дозволило встановити подібність тшинецько-комарівського металу до металу доби пізньої бронзи з теренів Південної Польщі та культури Отамань, у ареалі якої знаходились родовища поліметалевих руд (Берегівське узгір'я, Мідна гора та Рудна гора, Бая Маре).

Відсутність яких небудь залишків металургійного виробництва, відмінність у технології виготовлення деяких прикрас свідчать про надходження металу до майстрів тшинецько-комарівської КІС у вигляді зливків або поодиноких готових виробів з Центральної Європи, але не відкидається й можливість незначних поставок металеві сировини з Донецького регіону, на що вказує метал із Малополовецького-3.

Простежено відмінність у складі бронз з різних пам'яток культури Ноа, чим засвідчено поставки металу до носіїв культури Ноа з різних рудних джерел, приурочених до Карпатської гірської системи.

Хімічна близькість та технологічна відмінність металу висоцького стосовно металу культури Ноа (селище Воля-IV) демонструє продукцію місцевого виробництва з привізної сировини, яка надходила на обидві пам'ятки з одного, чи двох дуже близьких джерел.

Полісся та Середня Наддніпрянина за білогрудівського часу демонструють розмаїття хімічного складу металу. Тут спостерігається наближеність до бронз і тшинецько-комарівської КІС, і до пізньої Гордіївки. Отже, налагоджені раніше металургійні зв'язки продовжують функціонувати й у білогрудівський час.

За хімічним складом метал з Гордіївки розділений на дві групи за присутністю чи відсутністю у його складі цинку, який характеризує

приналежність металу до копалень з іншою генезою. Перша з них відповідає Гордіївці-I–III, друга – Гордіївці-IV. Цим засвідчено відмінні рудні джерела металу на двох хронологічних етапах існування могильника.

Порівняльний аналіз хімічного складу бронз із ранньої Гордіївки (I – III) з металом Угорщини, Польщі, Румунії та скарбами культурного кола Ноа – Сабатинівка: Бецилівського, Новотроянівського, Лозівського і Валя Русулуй, демонструє досить близьку подібність між ними. Це спостереження дає підстави шукати витoki гордіївського металу серед Трансильванських родовищ.

Метал зі значним вмістом цинку, на кшталт пізньої Гордіївки, відмічений в усіх аналізованих культурах Лісостепоного Правобережжя України, а також і в межах мідєвміщуючого Донбасу.

Встановлено, що характерною особливістю гордіївських бронзових виробів є широке застосування складної технології лиття за восковими моделями при виготовленні ножів, великих прикрас, деталей кінської вузди, зброї (33,33%).

На пізньому етапі функціонування Гордіївського могильника зі зміною рудного джерела помітно змінюється і набір поховального інвентарю. Зникають багато орнаментовані прикраси і, натомість, з'являються предмети кінської упряжі та зброя. Тут можна припускати переорієнтацію торгівельних зв'язків.

Оцінюючи загальний технологічний рівень більшості гордіївських виробів, орнамент, відомі аналогії в центральноєвропейських культурах та хімічний склад металу можна говорити, що значний відсоток виробів був завезений в готовому вигляді. Одиничні вироби, подібні до гордіївських, з Правобережної України, скоріше за все, є наслідуванням останнім. Тому наголошувати на місцевому виробництві переважної більшості гордіївських виробів на даному етапі поки що немає підстав. Подальші археологічні, та

лабораторні дослідження, можливо, нададуть нову інформацію для поповнення й уточнення результатів проведеного аналізу.

Рушійну роль у розвитку металообробного виробництва у населення Правобережної Лісостепової України відігравали культури доби пізньої бронзи Карпатського басейну. Ознаки виробничої специфіки найяскравіше проявляються у південно-західній частині Правобережного Лісостепу – Побужжі. Технічні та морфологічні нововведення швидше проникали у місцеве середовище, з'являються нові, невідомі ніде форми. Деяке відставання в розвитку металообробки відстежується на півночі Лісостепу – на Поліссі. Розвиток металообробки у населення Наддніпрянщини за доби пізньої бронзи знаходилася під значним впливом сусідніх східних та південних культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агапов С.А., Кузьминых С.В., Терехин С.А. Моделирование процессов древней плавки меди// Естественные научные методы в археологии. –М. – 1989. –С. 100 – 108.
2. Артамонов М.И. Археологические исследования в Южной Подолии в 1952–1953гг.// КСИИМК. –1955. – Вып.59. –С. 100 – 117.
3. Артеменко И.И. Верхнее Поднепровье в эпоху позднего неолита и бронзы // КСИА СССР. –М. –1964. Вып.101.–С. 9 – 18.
4. Атлас литейных пороков: В 2т.– М., –1958. – Т.2.
5. Балагурі Е.А Могильник культури ноа на Станіславщині // Археологія. – 1961. – XIII. –С. 145 – 154.
6. Балагурі Е.А. Дослідження могильника пізньобронзового часу біля с. Острівець Станіславської області// МДАВП. –К.: Наук. думка, –1961а. – Вип.3. –К. –С. 42 – 51.
7. Балагурі Е.А. Історія племен пізньобронзової доби Середнього Подніпров'я (культура ноа): Дис...канд. істор.наук. –К. –1964. –293с.
8. Балагурі Е.А. Ливарні матриці з поселення пізньої бронзи біля с. Острівець, Івано-Франківської області // МДАВП. –К.:Наук. думка, –1964. – Вип.5. –С. 28 – 39.
9. Балагурі Е.А. Поселення культури ноа біля с. Острівець Івано-Франківської області // Археологія. –Т. XXI. –1968. –С.135–146.
10. Балагури Э.А. Новые данные к истории поздней бронзы Закарпатья // Энеолит и бронзовый век Украины. –К.:Наук. думка, –1976. –С. 240 – 256.

- 11.Балагури Э.А.. Культура Ноа // Археология Украинской ССР. –К.:Наук. думка, –1985. –Т.1. –С. 481 – 489.
- 12.Балагури Э. Население Верхнего Потисья в эпоху бронзы. –Ужгород, – 2001. –392с.
- 13.Бартельс Н.А. Металлография и термическая обработка металлов. –М–Л.: Гос. издат., –1930. –315с.
- 14.Бандрівський М. Скринькові поховання висоцької культури в межиріччі Збруча і Стрипи. –Львів, –1994.
- 15.Бандрівський М.І. Генезис і хронологія висоцьких пам'яток Західного Поділля // Матеріали ІХ-ої Подільської історико-краснознавчої конференції– Кам'янець-Подільський, –1995. –С. 101 – 104.
- 16.Бандрівський М. Могильник в Петрикові біля Тернополя в контексті поховального обряду висоцької культури. –Львів: Друксервіс, –2002. –С. 282.
- 17.Бандрівський М. Висоцька культура і її східні зв'язки // На пошану Софії Станіславівни Березанської. –К.:Шлях, –2005, –С. 241–252.
- 18.Бандрівський М., Крушельницька Л. Основні періоди розвитку висоцької культури (за матеріалами поховальних пам'яток) // Записки Наукового товариства ім. Шевченка. –Т. ССXXXV: Праці Археологічної комісії. – Львів, –1998. –С. 193 – 247.
- 19.Бандрівський М., Крушельницька Л.І. Покуття і Західне Поділля в контексті перегляду хронології епохи бронзи (передкомарівська група пам'яток) // На пошану Софії Станіславівни Березанської. –К.: Шлях, – 2005. –С. 212 – 227.
- 20.Березанська С.С., Тітенко Г.Т. Нові розкопки пам'яток білогрудівського типу // Археологія. –Т. ІХ. –К, – 1954. –С. 119 – 133.
- 21.Березанская С.С. Новые памятники эпохи бронзы и раннего железного века в бассейне Сейма // КСИИМК. – Вып.67. –1957. –С. 28 – 35.

- 22.Березанська С.С. Кераміка білогрудівської культури (за матеріалами розкопок біля с. Собківка) // Археологія. – Т. XVI. – К., – 1964. – С. 49 – 75.
- 23.Барбон М.Б., Березанська С.С. Поселення сосницького типу біля с. Зазим'є на Київщині // Археологія. –Т. XXIII. –1970. –С. 162– 165.
- 24.Березанская С.С. Средний период бронзового века в Северной Украине. – К., –1972. –266с.
- 25.Березанская С.С. Пустынка поселение эпохи бронзы на Днестре. –К.: Наук. думка, –1974. – 176с.
- 26.Березанская С.С. Лебедовская культура эпохи бронзы в Лесостепной Украине // Энеолит и бронзовый век Украины. –К.: Наук. думка, –1976. – С.190 – 221.
- 27.Березанская С.С. О начальных этапах металлургического ремесла на Украине // Археологические исследования на Украине в 1976 – 1977 гг. Тез. докл. XVII конф. ИА АН УССР. – Ужгород, апрель 1978. –С.35–36.
- 28.Березанская С.С. Северная Украина в эпоху бронзы. –К.:Наук. думка, – 1982. –212с.
- 29.Березанская С.С. Об этнической принадлежности Чернолесской культуры // Тезисы докладов советской делегации на V международном конгрессе славянской археологии. –М., –1985. –С. 14 – 15.
- 30.Березанская С.С. Комаровская культура // Археология Украинской ССР: У 3т. – К.:Наук. думка, –1985. –Т.1.– С. 428 – 434.
- 31.Березанская С.С. Восточнотшинецкая культура // Археология Украинской ССР: У 3т. – К.:Наук. думка, 1985. –Т.1. –С. 438 – 439.
- 32.Березанская С.С. Усово Озеро поселение срубной культуры на Северском Донце. – К.:Наук. думка, –1990. –150с.
- 33.Березанская С.С., Гершкович Я.П., Самолюк В.О. Курганы тшинецкой культуры на р.Горінь//Zmierzch kompleksu trzciniacko-komarowskiego i sposoby ksztaltowanif sie nowej rzeczywistnosci kulturowej w srodkowej i

- molodszej epoce brazu. Streszczenia referatow (Zamosc, 7–9 XII 1998). – Zamosc, –1998. –S.23 – 26.
- 34.Березанская С.С. Могильник эпохи бронзы Гордеевка на Южном Буге // РА. –1999. –№4. –С.131 – 148.
- 35.Березанська С.С., Гошко Т.Ю., Самолюк В.О. Колективне поховання тшинецької культури на р. Горинь // Археологія. –2004. –№1. –С.111 – 125.
- 36.Бетехин А.Г. Мінералогія. –М. –1948. –956с.
- 37.Бобринский А. Курганы и случайные археологические находки близ местечка Смелы. –СПб. –1988. –Т.I. –170 с.
- 38.Бобринский А. Курганы и случайные археологические находки близ местечка Смелы –СПб. –1901. –Т.III. –174 с.
- 39.Бокий Н.М. Новые находки на Кировоградщине // АИНУ в 1967г. –Вып.II. –1968. –К.:Наук. думка,–С. 121–125.
- 40.Бураков А.В. Поселення епохи бронзи біля с. Зміївка // АП. –К.–1968. –Т.X. –1961. –С. 29.
- 41.Галибин В.А. Изделия из цветного и благородного металла памятников эпохи ранней и средней бронзы Северного Кавказа// Древние культуры Прикубанья. –Л.:Наука, –1991. –С.59 – 69.
- 42.Географічна енциклопедія України: У 3т. –К.: УРЕ ім. М.П.Бажана,–1990. –Т. 2. –480с.
- 43.Гершкович Я.П., Ключко В.И. Связи племен Нижнего Поднепровья в эпоху поздней бронзы (по материалам Завадовской литейной мастерской)// Межплеменные связи на территории Украины. –К.: Наук. думка, –1987. –С. 110 – 114.
- 44.Гончаров В.К. Лука-Райковецкая // МИА. –108. –М., –1963. –С. 283 – 315.
- 45.Городцов В.А. Результаты археологических исследований в Бахмутской губ.// Тр. XIII АС. –Т.1.

- 46.Гошко Т.Ю. Технологія виготовлення бронзових ножів з гордіївського могильника// Стародавнє виробництво на території України. –К.:Наук. думка.–1992. – С.60 – 67.
- 47.Гошко Т.Ю., Ольговський С.Я. Кольоровий метал з кімерійського поховання поблизу с. Квітки// Стародавнє виробництво на території України. –К.:Наук. думка, –1992. –С.67 – 71.
- 48.Гошко Т.Ю. Технология изготовления бронзовых изделий из Гордиевки // Beresanskaja S.S., Kločhko V.I. Das Gräberfeld von Hordeevka // AE.–Band 5. –Göttingen, –1998. –С. 49 – 76.
- 49.Гошко Т.Ю. Про технологію виготовлення браслетів з Гордіївського могильника// Археологія. –2000. –№ 4. –С. 68 – 72.
- 50.Гошко Т.Ю. Металообробка на Київщині за доби пізньої бронзи // Археологія. – 2004. –№2. –С.103 – 110.
- 51.Гошко Т.Ю. Про металообробку на Київщині за доби пізньої бронзи // Етнокультурні процеси в Середньому Подніпров'ї за матеріалами археологічних досліджень. –Фастів: Знання, –2001. –С.13 – 14.
- 52.Гошко Т.Ю. Два бронзові вироби з фондів Київського Державного Музею Історії // На пошану Софії Станіславівни Березанської. –К.: Шлях, –2005. – С.231 – 245.
- 53.Гошко Т.Ю. Метал доби пізньої бронзи з Тернопільського краєзнавчого музею // Археологія. –2006. –№2. –С.77 – 85.
- 54.Гурський Д.С., Калінін В.І., Войновський А.С., Левініков В.І. Прогнозна оцінка ресурсів – запорука розширення мінерально-сировинної бази України // Мінеральні ресурси України. –Т.4 –К., –1997. –204с.
- 55.Гутов Л.А., Никитин М.К. Справочник по художественной обработке металлов. –С.-Петербург: Политехника. –1995. –436с.
- 56.Даниленко В.М. Дослідження пам'ятників підгірського та бобрицького типів на Київщині в 1950 р.// АП. –Т. VI. –1956. –С. 5 – 16.

57. Демченко Л.В., Ключко В.И., Маничев В.И. Геохимические исследования остатков бронзолитейного производства с Субботовского городища XII–IX вв. до н.э. // Археометрія та охорона історико-культурної спадщини. – К.: Есе, –2000. –№4. –С. 29 – 47.
58. Дергачев В.А. Бронзовые предметы XIII–VIII вв. до н. э. из Днестровско-Прутского междуречья. – Кишинев: Штиинца, –1975. – 95с.
59. Дергачев В.А. Молдавия и соседние территории в эпоху бронзы. – Кишинев: Штиинца, –1986. –222с.
60. Дергачев В.А. Металлические изделия к проблеме генезиса культур раннего гальштата Карпато-Данубио-надпонттийского региона. –Кишинеу: Типография АН, –1997. –104 с.
61. Иессен А.А. Греческая колонизация Северного Причерноморья. –Л.:Наука, –1947. –С. 22 – 40.
62. Ильинская В.А. Поселение комаровской культуры у с. Мошны // КСИА. – Вып. 10. –К., –1960. –С. 48 – 58.
63. Каврук В.И. Культура Ноуа. Опыт этногенетической реконструкции. Автореф. дисс...канд. истор.наук. –М., –1998. –С.1 – 17.
64. Канивец В. Памятники лужицкой культуры на территории западных областей Украины. // КСИА. –Вып.2. – К.,–1953. – С. 44.
65. Кащенко Г.А. Практические занятия по металлографии. М.:ОНТИ, –1936. –107с.
66. Кларк Д.Г. Доисторическая Европа: Пер. с англ. –М: Изд-во Иностранной литературы, –1953. – 332с.
67. Ключко В.И. Система вооружения Лобойковского очага металлообработки // Проблемы охраны и исследования памятников археологии в Донбассе (23–24 апреля 1987г.). Тез. докл. обл. научн.-практич. семинара. –Донецк, –1986. –С. 73 – 75.
68. Ключко В.И. “Народи моря” та північне Причорномор’я // Археологія. – 1990. –№1. –С. 183 – 190.

69. Ключко В.И. Восточная граница (на Левобережной Украине) влияний круга лужицкой культуры // *Ziemse polskie we wczesnej epoce zelaza i ich powiazania z innymi terenami*. – Rzeszow, –1992. –С. 183 – 190
70. Ключко В.И. Metallургическое производство в энеолите-бронзовом веке // *Ремесло эпохи энеолита-бронзы на Украине*. –К.:Наук. думка, – 1994. –С. 96 – 132.
71. Ключко В.І. “Лобойківська металургія” (до проблеми східного кордону Східнотшинецької культури) // *Trzcinec – system kulturowy czy interkulturowy proces?* – Poznan: Wyd. Poznanskie. –1998. – S.217 – 237.
72. Ключко В.І. Озброєння та військова справа давнього населення України. – К.:АртЕк, –2006. – 335с.
73. Ключко В.И., Маничев В.І. Древняя металлургия: методы, достижения и перспективы исследований // *Сучасні проблеми археології*. –К., –2002. –С. 91 – 92.
74. Ключко В.И, Маничев В.И, Бондаренко И.Н. Древний цветной металл Донбасса, как показатель геохимических особенностей медных руд региона // *Проблемы эпохи бронзы великой степи*. –Луганск: Глобус, – 2005. –С.111 – 123.
75. Козловська В. Бронзові прикраси з давнього поховання на терені заповідника ім. акад. Заболотного (с.Чеботарка, Тульчинської окр.) // *Хроніка археології та мистецтва*. –Ч. 2. –К. –1930. –С.31 – 34.
76. Кобаль Й.В. Бронзові скарби з села Квасове Берегівського району // *Наук. збірник Закарпатського краєзнавчого музею*. –Ужгород, –1995. –Вип.1. – С.188 – 205.
77. Кобаль Й.В. Зв'язки населення Північного Причорномор'я з Карпатським басейном в епоху пізньої бронзи. Автореф...канд. істор. наук. –К., 1997. – 24с.
78. Кобаль Й.В. Скарб доби пізньої бронзи із Худлова // *Археологія*. –К, – 1999. –№3. –С. 108 – 111.

- 79.Конькова Л.В. Металлографическое исследование металлических изделий из памятников усатовского типа // Патокова Э.Ф. Усатовское поселение и могильники. –К.: Наук. думка. –1979. –С.
- 80.Крапивина В.В., Маничев В.И., Крутилов В.В. О металлическом производстве в Ольвии (цветные металлы) // Палеоекономіка раннього залізного віку на території України. –К, –2004. –С .66 – 87.
- 81.Кривцова-Гракова О.А.. Степное Поволжье и Причерноморье в эпоху поздней бронзы. // МИА. –46. –М., –1955. –167с.
- 82.Кравченко Н.М., Шишкін Р.Г., Готун І.А., Максимов В.В., Лисенко С.Д. Розкопки біля села Малополовецьке // АДУ. –1993. –С. 72 – 73.
- 83.Крушельницька Л., Могильник висоцької культури у м. Золочеві // Археологія. –Т. XIX. –К., –1965. –С. 122 – 135.
- 84.Крушельницька Л.І. Поселення висоцької культури // Археологія. –№11. – 1973. –С. 27 – 38.
- 85.Крушельницька Л.І. Взаємозв'язки населення Прикарпаття і Волині з племенами Східної і Центральної Європи. –К.: Наук. думка, –1985. –162с.
- 86.Крушельницкая Л.И. Восточнокарпатский регион в бронзовом и в начале железного веков // Материалы конф. “Археология и социальный прогресс”. –Вып. 2. –М., –1991. –С. 37 – 48.
- 87.Крушельницька Л., Чорноліська культура Середнього Придністров'я (за матеріалами неповоротівської групи пам'яток). –Львів: Місіонер, –1998. – 224с.
- 88.Крушельницька Л.І. Культура Ноа на землях України. –Львів: Львів.наук.бібл.ім.Стефаника, –2006. –174с.
- 89.Курінний П. Дослідження Білогрудівського могильника // коротке звітання Всеукраїнського конгресу за 1925 р. –К. –1926. –С.8 – 16.
- 90.Лагодовська О.Ф. Войцехівський могильник бронзової доби на Волині // Археологія. –П. –К. –1948. –С. 62 – 77.

- 91.Лагодовська О.Ф. Поселення часу пізньої бронзи в с.Сандраки // Археологія. –Т. IV. –1954. –С. 133 – 141.
- 92.Лагодовська О.Ф., Захарук Ю.М. Нові дослідження Войцехівського могильника // АП. –Т.VI. – К., –1956. –С. 69 – 74.
- 93.Лазаренко Е.К. Минералогия Донецкого бассейна. –Ч. II, –К., –1975. – 255с.
- 94.Левицький І.Ф. Стація в ур. Піщаному біля Народич // Антропологія. –Т. IV. –К., –1931. –С. 191– 235.
- 95.Лесков А.М. О северопричерноморском очаге металлообработки в эпоху поздней бронзы // Памятники эпохи бронзы юга Европейской части СССР. –К.:Наук. думка, –1967. –С. 143 – 178.
- 96.Литейные бронзы. –Л.: Машиностроение, –1973. –197с.
- 97.Лысенко С.Д. Результаты исследования могильника Малополовецкое-3 на Киевщине в 1993–1997 годах // "Trzcinec" – system kulturowy czy interkulturowy process. – Poznan, –1998. –С. 95–117.
- 98.Лисенко С.Д. Середнє Подніпров'я за доби пізньої бронзи. Автореф... канд. істор. наук. – К., – 2001.
- 99.Лисенко С.Д. До питання про комплекс знахідок доби бронзи біля села Козинці на Київщині // Археологічні пам'ятки Фастівщини. Проблеми дослідження і охорони. –Фастів, –2001а. –С. 48 – 66.
100. Лисенко С.Д. К вопросу о локализации коммуникаций эпохи поздней бронзы в Правобережной Лесостепи // Історична наука: проблеми розвитку. –Луганськ, –2002. –С. 104 – 111.
101. Лысенко С.Д., Потельчак А.В. Поселение эпохи бронзы – раннего железного века Литвиновка-1 // АБУ 2001–2002. –К., –2003. –С. 179 – 181.
102. Лысенко С.Д. Абсолютная хронология восточного массива тшинецкого культурного круга // Проблемы эпохи бронзы великой степи. –Луганск: Глобус, –2005. –С.37 – 60.

103. Лысенко С.Д., Лысенко С.С. Исследования на могильнике Малополовецкое- 3 в 2000г. // АВУ. –1999–2000 рр. –К. –2001. –С. 147 – 159.
104. Лысенко С.С. Многоспиральные браслеты позднебронзового века с территории Украины // Исторична наука: проблеми розвитку. –Луганськ, – 2002. –С. 112 – 122.
105. Лысенко С.С. Булавки с шаровидной головкой позднебронзового времени с территории Украины // На пошану Софії Станіславівни Березанської. –К.: Шлях. –2005. –С. 263 – 268.
106. Лысенко С.С. Прикраси населення України доби пізньої бронзи. Автореф...канд. істор. наук. – К., –2006.
107. Макаревич М.Л. Археологічні досліді в селі Білий Камінь // Трипільська культура. –Т.І. –К., –1940. –С. 453 – 475.
108. Максимов Е.В., Петровская Е.А. Археологические памятники в окрестностях с. Большая Андрусовка на Тясмине // КСИА. –Вып.8. –1959. –С. 22 – 29.
109. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. –М.: Металлургия, –1970. –368с.
110. Мелюкова А.И., Памятники скифского и сарматского времени в Северном Причерноморье // МИА. –64. –1958. –С. 5 – 102.
111. Мелюкова А.И. Культуры предскифского периода в лесостепной Молдавии // МИА. –96. –1961. –С. 5 – 52.
112. Мерперт Н.Я, Пряхин А.Д. Срубная культурно-историческая общность эпохи бронзы Восточной Европы и лесостепь // Археология Восточно-Европейской Лесостепи. –Воронеж: Изд. Воронежского Университета, – 1979. –С.7 – 24.
113. Металлогения Украины и Молдавии. –К.: Наук. думка. –1974. –511с.
114. Минасян Р.С. Литье бронзовых котлов у народов степной Евразии (VIIв. до н.э. – Vв. до н.э.) // АСГЭ. –Вып. 27. –Л., –1986. –С. 61 – 78.

115. Минасян Р.С. Литейное производство на Северном Кавказе в эпоху ранней бронзы // Между Азией и Европой. –Спб., –1996. –С. 67 – 69.
116. Недопако Д.П. Исследование изделий из цветного металла Бугского клада у г. Южноукраинска (предварительные результаты) // Сабатиновская и срубная культуры: проблемы взаимосвязей востока и Запада в эпоху поздней бронзы. Тез. докл. 1-го всесоюзного полевого семинара 10–18 сентября 1990 г. – Николаев: Междунар. Информ. Центр, – 1997. –С.17 – 20.
117. Никитин в.И., Черняков И.Т. Курлозский клад эпохи поздней бронзы // –СА. –№2. –1981.–С.151 – 161.
118. Никольченко Ю.М. Работы Ровенского краеведческого музея // АО. – М., –1974. –С. 332 – 333.
119. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. –М: Металлургия, –1974. –327с.
120. Новикова Л.А. Западные связи северопричерноморского очага металлообработки в эпоху поздней бронзы // СА. –№3. –1976. –С. 25 – 53.
121. Ольговський С.Я. Обробка міді і бронзи у Нижньому Побужжі та лісостеповій Скіфії в VI – V ст. до н. е. // Стародавнє виробництво на території України. –К.:Наук. думка, –1992. – С. 72 – 78.
122. Отрощенко В.В. Белозерская культура // Культуры эпохи бронзы на территории Украины.– Киев: Наук. думка, –1986. –С.117 – 152.
123. Отрощенко В.В. Культури фінальної бронзи // Археологія України. Курс лекцій. –К.: Либідь, –2005. –С.195 – 202.
124. Отрощенко В.В., Пряхин А.Д., Беседин В.И., Бровендер Ю.М., Саврасов А.С. Украинско–российская экспедиция по изучению памятников эпохи бронзы Донецкого бассейна // Археология Восточноевропейской Лесостепи (пятьдесят полевых сезонов археологов Воронежского Университета). –Вып. 10. –Воронеж: Типография ВГУ, – 1997. –С. 90 – 103.

125. Отрощенко В.В., Рассмакін Ю.Я. З приводу культурної належності комплексів лобойківсько–дербеденівської зони металообробки // Сабатиновская и срубная культуры: проблемы взаимосвязей востока и Запада в эпоху поздней бронзы. Тез. докл. 1-го всесоюзного полевого семинара 10–18 сентября 1990 г. –Николаев: Междунар. Информ. Центр, –1997. –С.23 – 25.
126. Павлів Д. Про один тип браслетів ранньогальштатського часу України // *Studia archaeologica*. –№1. –Львів, –1993. –С. 32 – 34.
127. Пастернак Я. Археологія України: Первісна, давня та середня історія України за археологічними джерелами. –Торонто: Нак. т-во ім.Шевченка, –688с.: ілюстр.
128. Петреску-Дымбовица М. К вопросу о гальштатской культуре в Молдове // Материалы и исследования по археологии Юга-Запада СССР и Румынской Народной Республики. –Кишинев, –1960. –С. 151 – 170.
129. Петрунь В.Ф. Петрография и некоторые проблемы материала каменных литейных форм эпохи поздней бронзы из Северного Причерноморья // Памятники эпохи бронзы Юга Европейской части СССР. –К.:Наук. думка, –1967. –С.185 – 194.
130. Петрунь В.Ф. О достоверности петрографо – минералогических определений в археологической практике // ЗОАО. –Т. II(35). –Одесса: Маяк, –1967. –С. 3 – 11.
131. Покровська Є.Ф., Петровська Є.О. Поселення кінця епохи бронзи біля с. Велика Андрусівка // Археологія. –Т. XIII. –1961. –С. 129 – 144.
132. Пряхин А.Д., Сагайдак. Металлообрабатывающая мастерская на поселении срубной культуры // СА. –№ 2. –1975. –С. 176 – 187.
133. Пряхин А.Д., Саврасов А.С. Плавильные чаши с Мосоловского поселения металлургов-литейщиков донской лесостепной срубной культуры // Археология Доно-Волжского бассейна. –Воронеж: Изд. Воронежского Университета, –1993. –С. 52 – 79.

134. Равич И.Г, Седов А.В., Шемаханская М.С. Применение моделирования к изучению древних бронз Южного Таджикистана // Естественные науки и археология в изучении древних производств. –М., –1982. –С.19 – 31.
135. Равич И.Г. Эталоны микроструктур оловянной бронзы // Художественное наследие. –М.: Искусство, –1983. –№ 8 (38). –С. 136 – 143.
136. Равич И.Г., Рындина Н.В. Исследование свойств и микроструктуры сплавов медь–мышьяк в связи с их использованием в древности // Художественное наследие. –М.: Искусство, –1984. –№ 9 (39). –С. 114 – 123.
137. Равич И.Г., Рындина Н.В. Методика металлографического изучения древних кованных изделий из меди // Естественнаучные методы в археологии. –М.:Наука, –1989. –С. 91 – 100.
138. Рожнецкий И.А., Колесниченко А.Г., Иванов В.Т. Практические и лабораторные работы по литейному производству. –К.:Вища школа, – 1973. –83с.
139. Рыбаков Б.А. Ремесло Древней Руси. –М.:АН ССР, –1948. –792с.
140. Рыбалова В.Д. К вопросу о сложении культур эпохи бронзы в лесостепной полосе Правобережной Украины // Доклады VI научной конференции Института археологии. –К.: АН УССР, –1953. –С.209 – 228.
141. Рыбалова В.Д. О связях Правобережной лесостепной Украины с центральной Европой в эпоху бронзы и раннего железа // Исследования по археологии СССР. –Л.:ЛГУ, – 1961. –С.80 – 95.
142. Рыбалова В.Д. К вопросу о хронологии некоторых групп памятников эпохи бронзы и раннего железного века на Украине // АСГЭ. –Вып. 2. – Л.:Изд-во Эрмитажа, –1961а. –С.9 – 25.
143. Рыбалова В.Д. Еще раз о начальной дате железного века на Днепре // ВЛУ. – №2. – Серия истории, языка и литературы. – Вып.1. – Л., – 1966. –С. 74

144. Рындина Н.В. Металлография в археологии // Методы естественных и технических наук в археологии. Тезисы докладов на Всесоюзном совещании по применению в археологии методов естественных и технических наук. –М., –1963. –С. 31 – 33.
145. Рындина Н.В. Медный импорт эпохи развитого Триполья // КСИИМК. –Вып.123. –1970. –С. 15 – 23.
146. Рындина Н.В. Древнейшее металлообрабатывающее производство Восточной Европы. –М.: Изд-во Московского университета. –1971. –143с.
147. Рындина Н.В. Металл в культурах шнуровой керамики украинского Предкарпатья, Подолии и Волыни // СА. –№3. –1980. –С. 24 – 42.
148. Рындина Н.В. Древнейшее металлообрабатывающее производство Юго-Восточной Европы. –М.:Эдиториал УРСС, –1998. –288с.
149. Савва Е. Генезис, периодизация и абсолютная хронология культуры Ноуа (по материалам погребального обряда) // Степи Евразии в древности и средневековье. К 100-летию со дня рождения М.П. Грязнова. –С. –Петербург. –2002. –С. 221 – 223.
150. Саврасов А.С. Экспериментальное изучение технологии металлообрабатывающего производства // Пряхин А.Д. Мосоловское поселение металлургов-литейщиков эпохи поздней бронзы. Кн. 2. – Воронеж: Воронеж. Университет, –1966. –С. 135 – 158.
151. Саврасов А.С. Сопла эпохи бронзы Евразии – источник для реконструкции технологии металлопроизводства // Проблеми гірничої археології (матеріали II-го міжнародного Картамиського польового археологічного семінару). –Алчевськ, –2005. –С. 261 – 267.
152. Санжаров С.Н., Литвиненко Р.А., Черных Е.А., Прынь А.В. Неординарные курганы и погребения Шахтерского могильника и их место в системе древностей юга Восточной Европы // Материалы и исследования по археологии Восточной Украины. –Луганск: Вид.-во СЛУ ім.Даля, –2003. –С. 122 – 161.

153. Свєшніков І.К. Пам'ятки голіградського типу на Західному Поділлі // МДАВП. –№ 5. –К., –1964. –С. 40 – 66.
154. Свешников И.К. К вопросу о сходстве и различии тшинецкой и комаровской культур // МИА. –130. –1965. –С. 86 – 92.
155. Свєшніков І.К. Племена комарівської культури // Стародавнє населення Прикарпаття і Волині. –К.: Наук. думка, –1974. –С. 183 – 195.
156. Свешников И.К. Проблема происхождения комаровской культуры // Энеолит и бронзовый век Украины. –Киев: Наук. думка, –1976. –С. 96 – 118.
157. Свєшніков І.К., Нікольченко Ю.М. Довідник з археології України. Ровенська область. –К., –1982. –20с.
158. Свешников И.К. Средний период бронзового века Прикарпаття и Волыни. Тшинецко-комаровская культура // Археология Прикарпаття, Волыни и закарпаття (энеолит, бронза и раннее железо). – К.: Наук. думка, – 1990. –С. 78 – 88.
159. Ситник О.С. Звіт про дослідження поселень пізньобронзового-ранньозалізного віку в околицях с. Воля Терєбовлянського району Тернопільської області в 1990р // НА ІА НАНУ, 1990/127.
160. Ситник О. Воля-IV – поселення культури Ноа (археологічні джерела). Львів, –1994. –54с.
161. Сікорський М.І., Савчук А.П. Знахідки в с. Козинці Переяслав-Хмельницького району // Археологія. –№ 4. –1971. –С. 65 – 73.
162. Смирнова Г.И. Поселения позднебронзового века и раннего железа возле с. Магала, Черновицкой области // КСИИМК. –Вып.70. –М., –1957. –С. 99 – 107.
163. Смирнова Г.И. Вопросы происхождения и культура Гальштата в Прикарпатье // Доклады на конференции Гос. Эрмитажа. –М., –1969а.–С. 9.

164. Смирнова Г.И. Поселение Магала – памятник древнефракийской культуры в Прикарпатье (втор. пол. XIII – сер. VII в. до н. э.) // МИА. –150. –М.:Наука, –1969 б. –С. 7 – 60.
165. Смирнова Г.И. Новые исследования поселения Магала // АСГЭ. – Вып.14. –Л.:Аврора, –1972. –С. 12 – 31.
166. Смирягин А.П. Промышленные цветные металлы и сплавы. –М., –1956. –217с.
- 167.Татаринов С.И. Древний металл Восточной Украины. –Артемовск: Гортипография Донецкого облуправления по печати, –1993. –54с.
168. Татаринов С.И., Кравец Д.П., Копыл А.Г. Древности Бахмутского края. –Артемовск: Гортипография Донецкого облуправления по печати, –1996. – 77с.
169. Телегин Д.Я. Старосельский клад поздней бронзы из Черкасской области // СА.–№1. –1982. –С. 222 – 223.
170. Тереножкін О.І. Поселення білогрудівського типу біля Умані // Археологія.–№ 5. –1951. –С. 173 – 182.
171. Тереножкин А.И. Среднее Поднепровье в начале железного века // СА. –№2. –1957. –С .47 – 63.
172. Тереножкин А.И. Предскифский период на Днепровском Правобережье. –К.: Наук. думка, –1961. –247с.
173. Тереножкин А.И. Основы хронологии предскифского периода // СА. – №1. –1965. –С. 63 – 85.
174. Халиков А.Х. Волго–Камье в начале эпохи раннего железа VIII–VI в.в. до н.э. –М.: Наука, –1977. –262с.
175. Черненко Є.В., Недопако Д.П. Передскіфський бронзовий меч з Київщини // Стародавнє виробництво на території України. –К.:Наук. думка, –1992. –С. 79 – 81.
176. Черных Е.Н. Древняя металлообработка на Юго-Западе СССР. –М.: Наука, –1976. –302с.

177. Черных Л.А. К проблеме функциональной интерпритации сопел и плавильных чаш из комплексов степных АК позднего энеолита–средней бронзы // Доба бронзи Доно-Донецького регіону (матеріали 3-го Українсько–Російського польового археологічного семінару). –Київ–Вороніж–Перевальськ, –1997. –С. 50 – 55.
178. Черных Л.А. О возможности использования медно-рудных источников Донбасса в период энеолита, ранней и средней бронзы // Проблеми гірничої археології (матеріали II-го міжнародного Картамиського польового археологічного семінару). –Алчевськ, –2005. –С. 293 – 302.
179. Черняков И.Т. Из истории бронзолитейного производства в Северном Причерноморье (о так наз. “Коблевском” или .“Тилигульском”кладе) // МАСП. –Т.II (35). –Одесса, 1967. –С. 23 – 37.
180. Черняков И.Т. Техника изготовления литейных форм и металлических изделий в Северном Причерноморье в эпоху поздней бронзы // Памятники эпохи бронзы на юге Европейской части СССР. –К., –1967. –С. 179 –1 84.
181. Черняков И.Т Древнейшие металлические псалии позднебронзового века в северном Причерноморье // МАСП. –К. –1983. –С.32 – 46.
182. Черняков И.Т., Єлісєєв В.Ф. Досліди з виготовлення ливарних форм і литва виробів сабатинівської культури // Археологія. –№ 3. –2003. –С. 102 – 111.
183. Циммерман Р., Гюнтер К., Металлургия и материаловедение // Справочник. –М.: Металлургия, –1982. –510с.
184. Шарафутдінова І.М. Бронзоливарна майстерня з с. Гологурів на Київщині // Археологія. –№12. –1973. –С. 61 – 70.
185. Шарафутдінова І.М. Про виготовлення ливарних форм епохи бронзи в Північному Причорномор’ї // Археологія. –№4. –1985. –С. 63 – 74.
186. Шарафутдінова І.М. Бронзові серпи Північно-Західного Причорномор’я (кінець II – початок I тисячоліття до н. е) // Археологія. –№1. –1971. –С. 26 – 43.

187. Шарафутдинова И.Н. Бронзовые украшения сабатиновской культуры // Межплеменные связи эпохи бронзы на территории Украины. – К.: Нак. думка, –1987. –С. 69 – 86.
188. Berezanskaja S.S., Kločhko V.I. Das Gräberfeld von Hordeevka // AE.–Band 5. –Göttingen, –1998. –87s.
189. Bočkarev V.S., Leskov A.M. Jung- und spätbronzezeitliche Gußformen im nördlichen Schwarzmeergebiet // PBF. –Ab. XIX. – Band.1. – 1980. –97s.
190. Blajer W. Die Arm- und Beinberge in Pilen // PBF. –10. –2. –München, –1984.
191. Blajer W. Skarby ze starszej i srodkowej epoki brązu na ziemiach polskich. – Krakow: PAN, –1999. –475 s.
192. Bukowski Z. W sprawie genezy i rozwoju grupy wysockiej kultury łużyckiej // AP. –T. XI–I. –1966. – S. 28 – 99.
193. Dąbrowski J. Z problematyki wytworczosci metalurgicznej epoki brązu w polnocno - wschodniej Polsce i na terenach sąsiednich // AP. –3. –Z.1. –1968. – S. 151 – 185.
194. Dąbrowski J. Powiazania ziem polskich z terenami wschodnimi w epoce brązu. –Wroclaw, –1972. – 278s.
195. Dąbrowski J., Hensel Z. Metaldiberei in der älteren Bronzezeit in Polen // PZ. –Berlin –New York, –B. 80. –H.1. –2005. – S. 5 – 20.
196. Gardawski A. Dwa skarby brązowe. –Sprawozdania // PUA. –T.V, –Z. 3 – 4. –Warszawa. –1953. – S.
197. Gardawski A. Plemiona kultury trzcinieckiej w Polsce // MS. – 1959. –T.V. – S. 7 – 189.
198. Gardawski A. i Wesołowski K. Zagadnienia metalurgii kultury trzcinieckiej w swietle "skarbow" brązowych z Dratowa Pow. Puław i Rawy Mazowieckiej // MS. –Warszawa, –1956. –S. 59 – 103.
199. Gedl M. Kultura Przedłużycka // Prace komisji archeologicznej. –1975. –14. – 157s.

200. Gedl M. Wczesnołużyckie groby z konstrukcjami drewnianymi // Prace komisii archeologicznej. –Krakow, –1984. –22. –188.
201. Gerskovič J.P. Studien zur spätbronzezeitlichen Sabatsnovka-Kultur am unteren Dnepr und an der Westküste des Azovischen Meeres // AE. –Band 7. –Gmb-Rahden/Westf., –1999. –124 s.
202. Goshko T.Y. Technological characteristics of Bronze items from the Gordiyivka Burial Ground on the Southern Bug river // Vschodoslovensky Pravek. Special Issue. –Košice, –1999. –S. 187 – 191.
203. Hensel A. und B. Gabenfn Die Götter // Bestandskataloge. –Band 4. –Berlin. –1977. –241s.
204. Kemenczei T. Die Spätbronzezeit Nordostungarns. –Budapest, –1984. –430s.
205. Klochko V.I. Weapons of the tribes of the Northern pontic zone in the 16th–10th centuries BC // BPS. –V.1. –Poznań, –1993. –137s.
206. Klochko V.I. The issue of the Eastern border of the Eastern trzciniec culture (Loboikivka metallurgy) // BPS.–S. 48 – 73.
207. Kločhko V.I. Zur bronzezeitlichen Bewaffung in der Ukraine (die Metallwaffen des 17–10 jns.V.Chr) // EA. – Berlin–Meinz, –Band I. –1995. –S. 81 – 163.
208. Klochko V.I. Die Süd- und Westbeziehungen die Ukraine rechts des Dnepr im 2. und fruhen Jahrtausend v.Chr // Das Karpatenbecken und die osteuropaische Steppe. – Munchen, –1998. –S. 343 – 351.
209. Klochko V., Manichev V., Kompanec C., Kovalchuk M. Wychodnie rud miedzi na ternie Ukrainy zchodniej jako baza surowcowa metalurgii kolorowej w okresie funkcjonowania kultury trypolskiej // Folia Praehistorica Posnaniensia. –Poznan.: Poznańska Drukarnia naukowa, –2003. –X/XI.–S. 47 – 77.
210. Klochko V.I., Manichev V.I., Kvasnitsa V.N., Kozak S.A, Demchenko L.V., Sokhatskiy M.P. Issues concerning Tripolye metallurgy and the virgin copper of Volhynia // BPS. –Vol. 9. –2000. –S. 168 – 186.

211. Kobal J.V. Bronzezeitliche Depotfunde aus Transkarpatien (Ukraine) // PBF. –Ab.XX. – Band 4. –2000. –120s.
212. Kostrzewski J. Przyczynki do epoki brązowej na Wołyniu // PA. –T.III. –Z.2. –Poznań, –1927. –S. 113 – 115.
213. Kovács T. Die Bronzezeit in Ungarn. –Budapest: Druck. Athenaeum, –1977. –109s.
214. Koziorowska I. Die durchführung der analyse // AP. –1976. –S. 131 – 137.
215. Kozłowski L. Wczesna, starsza i spódkowa epoka brązy w Polsce. – Lwow, –1928. –158s.
216. Leskov A.M. Jung und spätbronzezeitliche Depotfunde im nördlichen Schwarzmeergebiet // PBF. –20. –5. –1981. –106s.
217. Liversage D., Pernicka E. An industry in crisis? Copper alloy impurity patterns near the end of the Hungarian bronze age // Archaeometry 98. Proceedings of the 31st Symposium. Budapest, April 26–May 3 1998. –Vol. II. – BAR International Series 1043(II). –2002. –S. 417 – 426.
218. Malkowski S. O złote u miedzi rodzimej w Wielkim Mydzky na Wołyniu. Sprawozdanie Polskiego Instytutu Geologii. –6. –1931. –S. 384 – 402.
219. Morints S. Contribuții archeologice la istoria Tracilor Timpurii. 1:Epoca bronzului în spațiul carpato-balcanic. –BA. –1978. –34. –S. 129 – 138.
220. Mozsolics A. Bronzefunde der Karpatenbeckens. –Budapest. –1967. –280s.
221. Mozsolics A. Bronzefunde aus Ungarn. Depotfundhorizonte von Aranyos. Kurd und Gyemely. –Budapest, –1985. –235s.
222. Muller-Karpe H. Beiträge zur Chronologie der Urnenfelderzeit nördlich und südlich der Alpen // RGF. –22. –1959.
223. Muller-Karpe H. Handbuch der Vogeschichte 4. Bronzezeit. –München, –1980.
224. Novotná M. Die Bronzehortfunde in der Slowakei. Spätbronzezeit. – Bratislava. –1970. –123s.
225. Novotná M. Die Nadeln in der Slowakei // PBF. –1980 –13. –6. –105s.

226. Págo L. Chemická charakteristika slovenské mědené rudy c její vztah k medi používané v pravěku // SA. –1968. –XV.–1. –S. 245 – 254.
227. Petrescu-Dîmbovița M. Depozitele de bronzuri din Romania. –București: Buc.Ed.Acad.RSR, –1977. –390s.
228. Pleiner R. Výzkumné a konservační metody // AR. –1953. –T. 6. –S. 780 – 796.
229. Řihovský J. Die Messer in Mähren und dem Ostalpengebiet // PBF. –1972. – 7. –1. –88s.
230. Rogozińska R. Cementarzysko kultury komarowskiej w Bukównie // Materiały archeologiczne. – T. I. –1959. –S. 97.
231. Przygodzka H. Metallkundliche prüfungen von antiquitäten // AP. –XVII. – Wrocław, –1976. –S. 131 – 137.
232. Sangmeister. Die Bronzen des Hort Fundhorizontes von Ópály. Ergebnisse der spektralanalytischen Untersuchungen // Mozsolics A. Bronze- und Goldfunde des Karpatenbeckens. –Budapest:Akadémiai , –1973. –250s.
233. Schubert F., Schubert E. Spektralanalytische Untersuchung der Hortfunde von Ópályi und Nyírbétek // Mozsolics A. Der Bronzefund von Ópályi // AAH. – T.XV. –1963. –S. 82 – 83.
234. Schubert F., Schubert E. Spektralanalytische Untersuchungen von Hort- und Einzelfunden der Periode B III // Mozsolics A. Bronzefunde der Karpatenbeckens. –Budapest, –1967. –S. 185 – 203.
235. Selimhanov I.R., Maréchal J.R. Frühstadien der vorgeschichtlichen Kupfermetallurgie auf dem Gebiet Europas und des Kaukasus im Lichte neuer Erkenntnisse und Analyseergebnisse // Slovenská Archeológia. –XVI. –2. – 1968. –S. 461 – 472.
236. Serbanescu D., Trohani G. Obiecte din cupru si Bronz decoperite in Iudetul ilfov // SCIV. –Bucaresti, –1975. –S. 536 – 541.
237. Sulimirski T. Kultura wysocka. –Kraków, –1931. –202s.

238. Sulimirski T. Zagadnienie ekspansji kultury Luzyckiej na Ukrainie // WA. – T.XIV. –Warszawa, –1936. –S. 40 – 54.
239. Sulimirski T. Kurgany Komarowskie. –Stanislawow, –1939. –9s.
240. Sulimirski T. Barrow-Grave at Komarow // Bulletin of the Institute of Archeology. –4. –London. –1964. –S. 171 – 188.
241. Sulimirski T. Corded ware and globular ampforae North-East of the Carpathians. –Bristol:Western printing services LTD, –1968. –227s.
242. Swiesznikow I. Kultura komarowska // AP. –XII. – Z.1. –1967. –Wroclaw–Warszawa–Krakow, –S. 30 – 107.
243. Szabó G. Evaluation off Late Bronze age Carpathian rinbronzes based on the alloying content // Archaeometrical research in Hungary. –II. –1998. –S. 159 – 173.
244. Tallgren A.M. La Pontide prescythique apres l'introduction des metaux // ESA. –II. –1926. –246s.
245. Winkler J.E.R. Die qualitative und quantitative Spektralanalyse vorgeschliche Legierungen // Nacnrichtenblatt für deutsche Vorzeit. –9. –1933.
246. Witter W. Die Ausbeutung der mitteldeutschen Erzlagerstätten sn der frühen Metallzeit // Mannus– Bücherei. –60. –Leipzig, –1938.
247. Zlankowna A. Kilka importow staroitalskich i zachodnio europeiskich poludniowo-wschodniej Polski // Swiatowit. –XVII.–Warszawa, –1938. –301s.

АРХІВНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ситник О.С. Звіт про дослідження поселень пізньобронзового-ранньозалізного віку в околицях с. Воля Тербовлянського району Тернопільської області в 1990р // НА ІА НАНУ, 1990/127.

АВУ – Археологічні відкриття в Україні.
АДУ – Археологічні дослідження в Україні.
АИУ – Археологические исследования на Украине.
АО – Археологические открытия.
АП УРСР – Археологічні пам'ятки Української РСР.
АС – археологический съезд.
АСГЭ – Археологический сборник Гос.Эрмитажа
ВЛУ – Вестник Ленинградского Университета
ЗОО – Записки одесского археологического Общества
ІА НАНУ – Інститут археології Національної академії наук України.
КСИА – Краткие сообщения института археологии.
КСИИМК – Краткие сообщения института материальной культуры.
МАСП – Материалы по археологии Северного Причерноморья.
МДАПВ – Матеріали і дослідження з археології Прикарпаття і Волині.
МИА – Материалы и исследования по археологии.
НА ІА НАНУ – науковий архів Інституту археології Національної академії наук України.
РА – Российская археология.
СА – Советская археология.
ААН – Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae.
АР – Archeologia Polski.
AR – Archeologické rozhledy.
BA – Biblioteca de Arheologie
BPS – Baltic-pontic studies.
ESA – Eurasia Septentrionalis Antiqua
MA – Materiały archeologiczne
MS – Materiały Starożytne.
PA – Przegląd archeologiczny.
PAS – Prähistorische Archäologie in Südosteuropa
PBF – Prähistorische Bronzefunde.
PZ – Praenistorische Zeitschrift
SA – Slovenská Archeológia
SCIVA – Studii și cercetări de istorie veche și arheologie
WA – Wiadomości archeologiczne

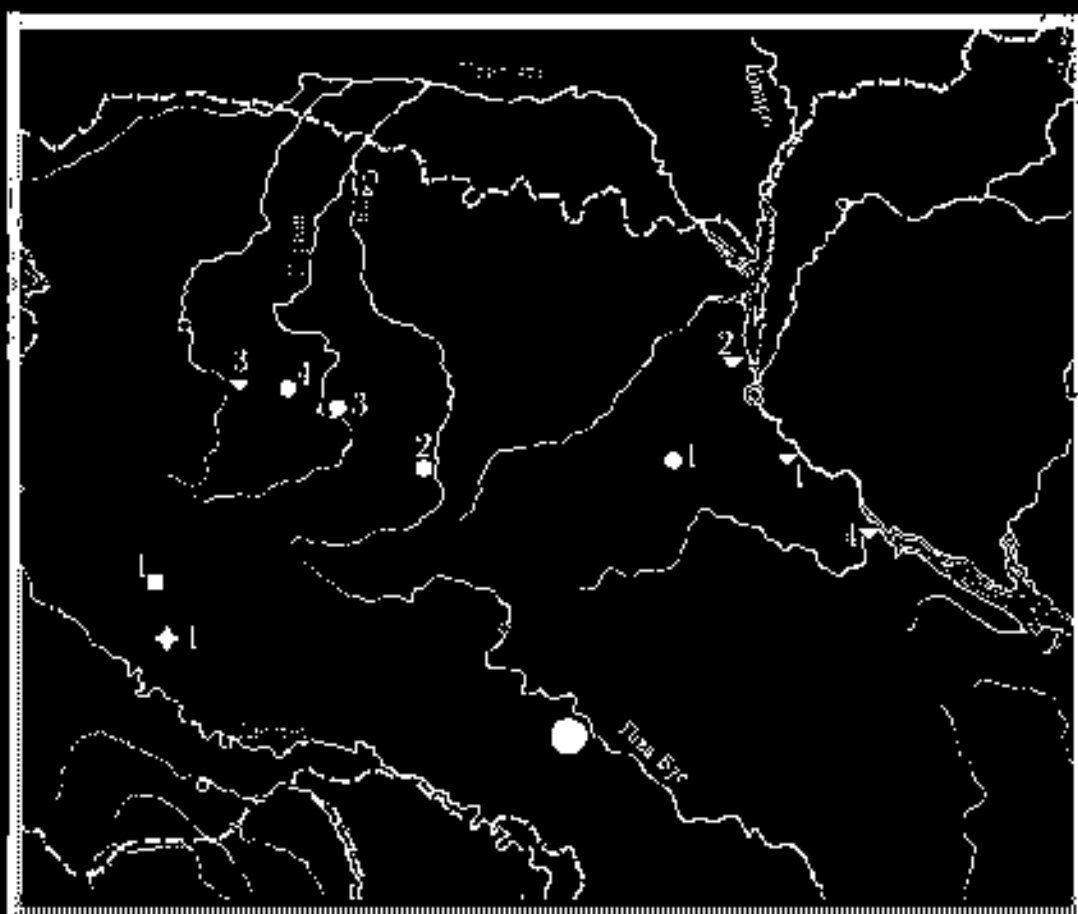


Рис. Е.1. Карта археологічних пам'яток, на яких відібрані зразки для метеографічного аналізу.

Умовні позначення:

- пам'ятки тшинецько-комарівської КІС;
- ◆ пам'ятки культури Нон;
- ▼ пам'ятки білогрудівського часу;
- пам'ятки височинської культури;
- Гордівка.

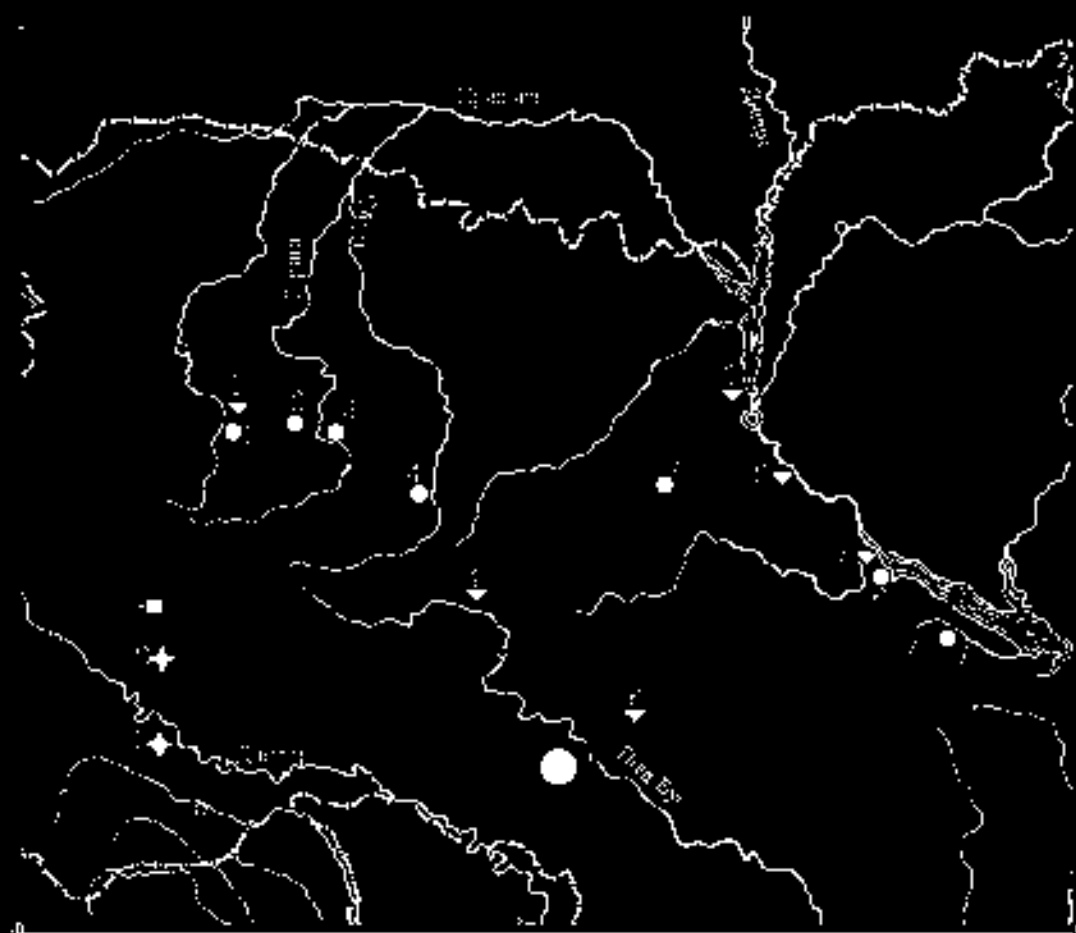


Рис.11.2. Карта археологічних пам'яток, на яких відібрано зразки для спектрального аналізу.

Улюбні позначення:

● пам'ятки тшинецько-комаріської КІС;

◆ пам'ятки культури Ноа;

▼ пам'ятки білогрудівського часу;

■ пам'ятки висоцької культури

● Городище

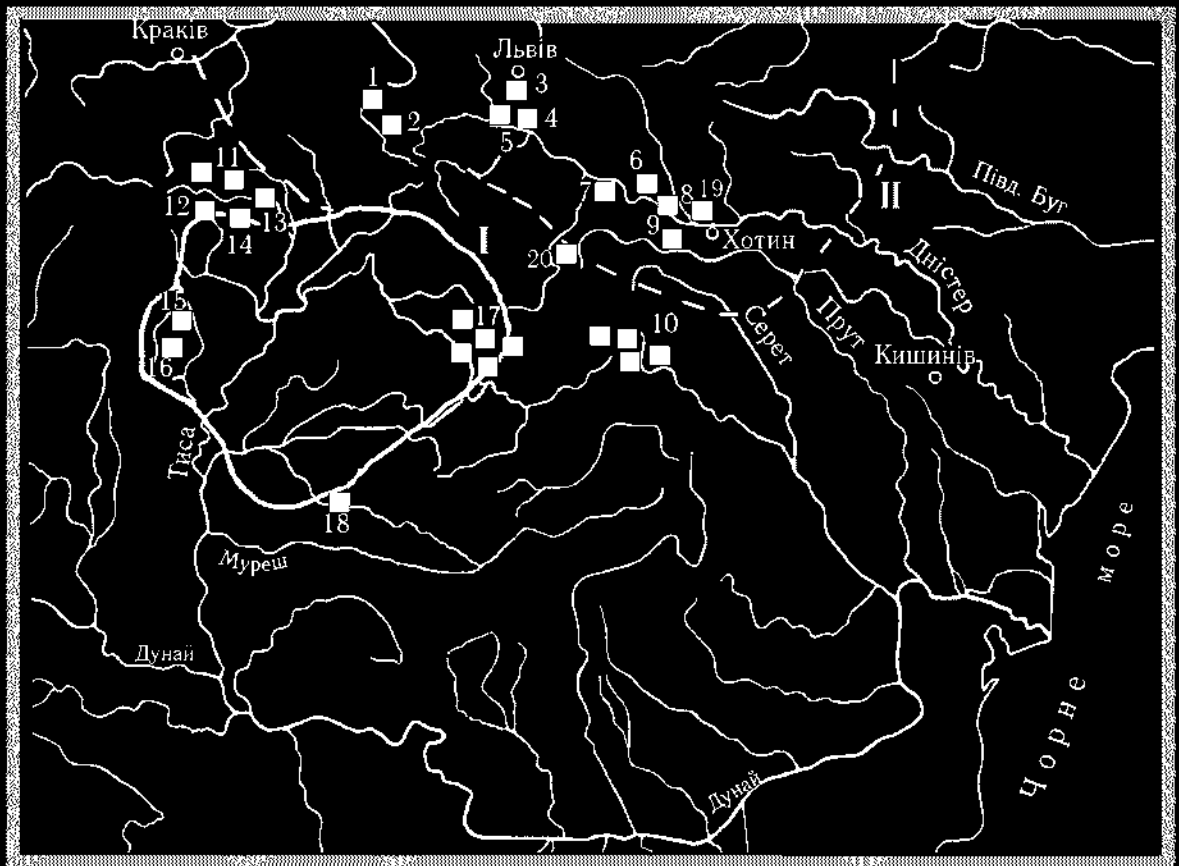


Рис.Е.3. Карта поверхневих родовищ мідних руд.

Умовні позначення:

I - границя тшинецько-комарівської КІС.

II - границя культури Отамань.

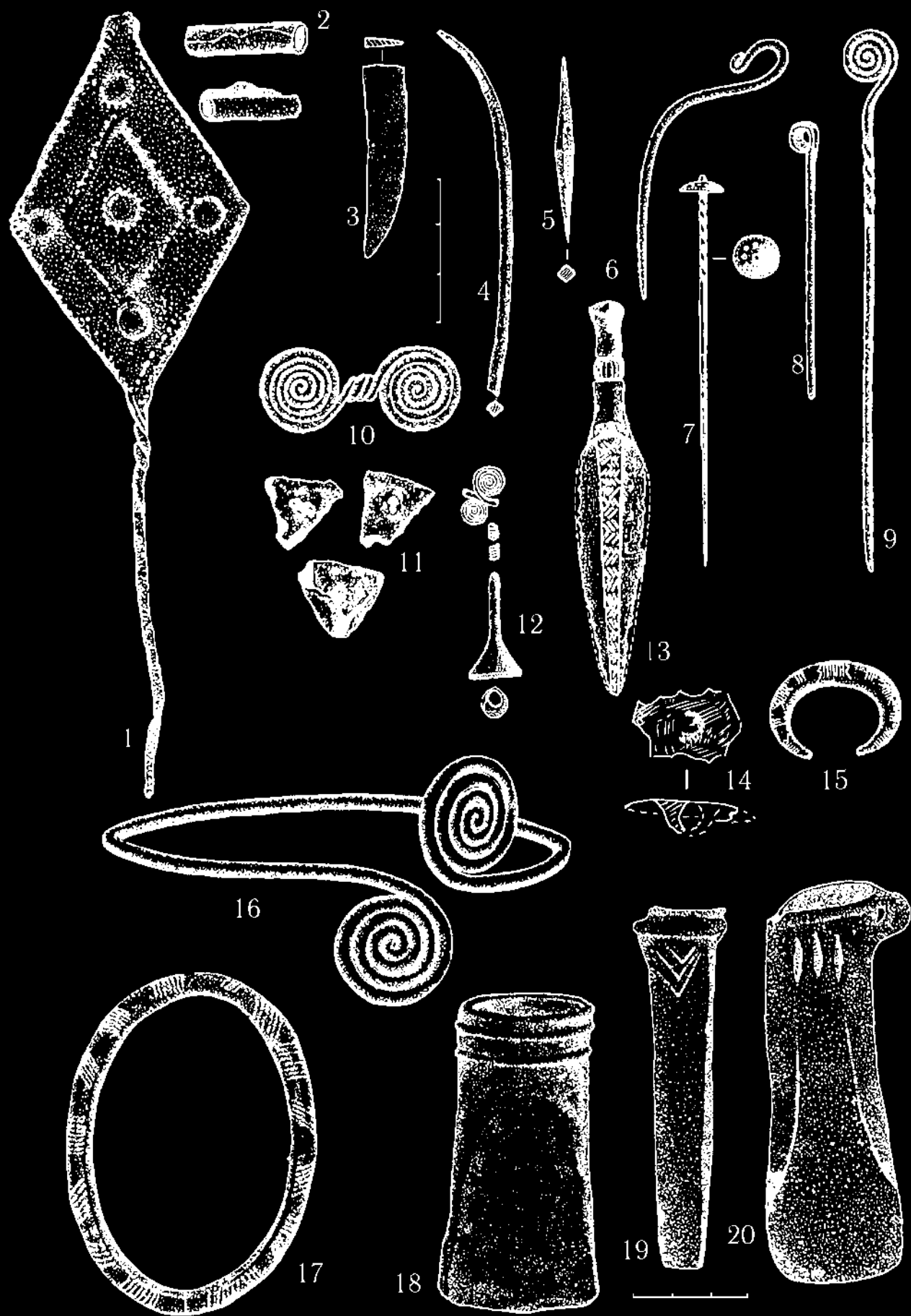


Рис. Е.4. Металеві вироби тшинецько-комарівської КІС.



Рис.Е.5. Металеві вироби культури Ноа.

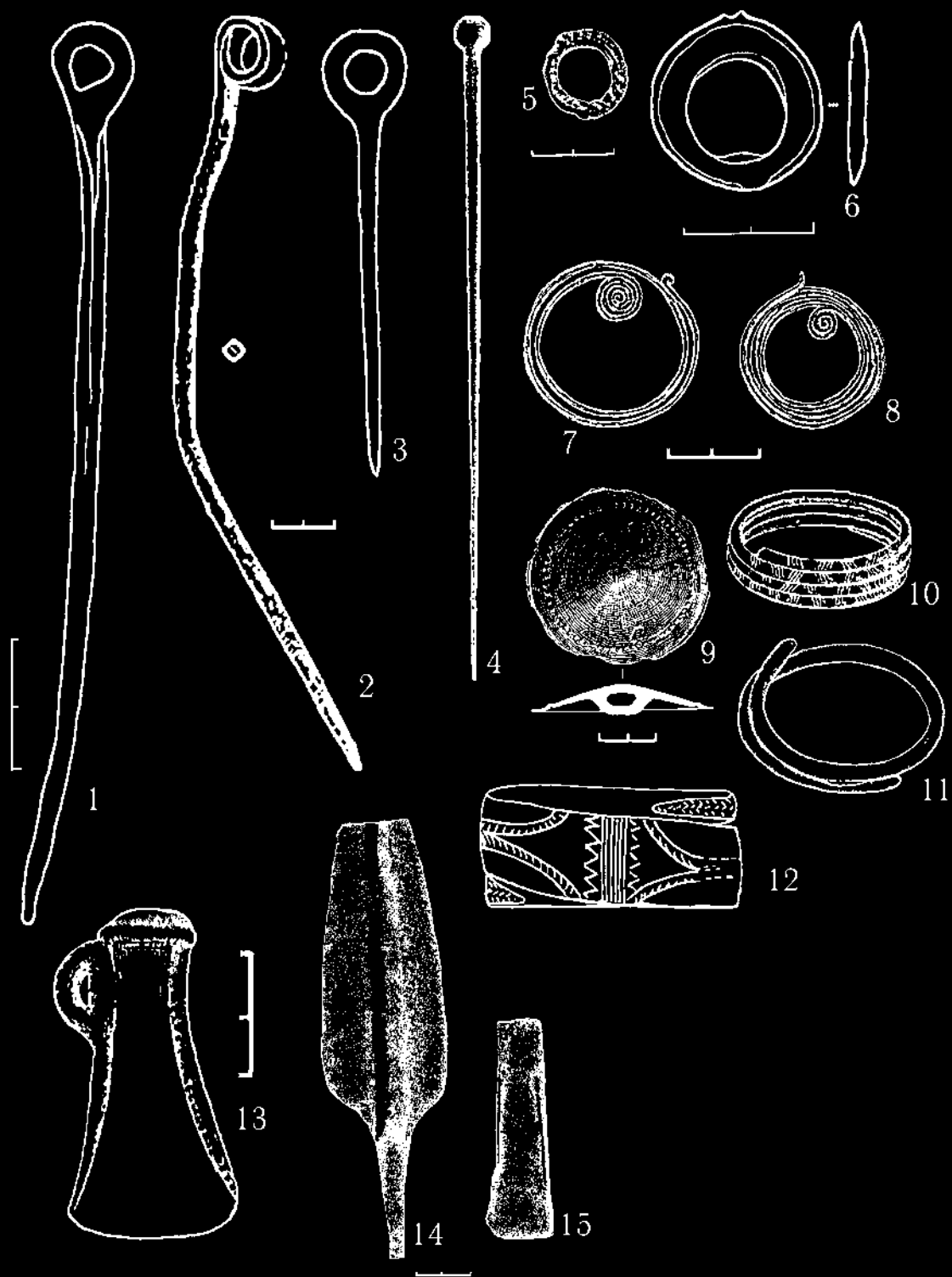


Рис.Е.6. Бронзові вироби білогрудівського часу.

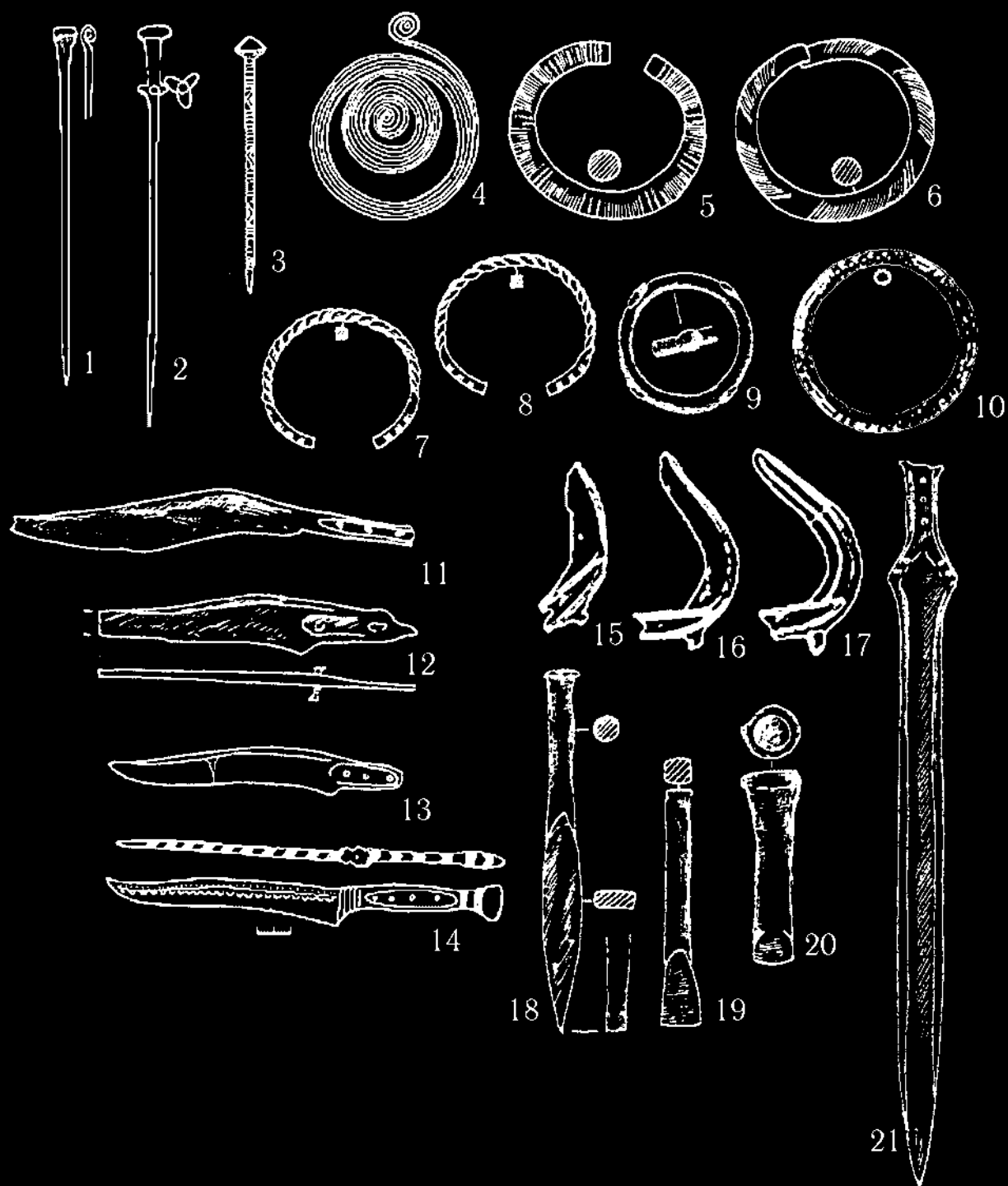


Рис.Е.7. Бронзові вироби культури Ноа.

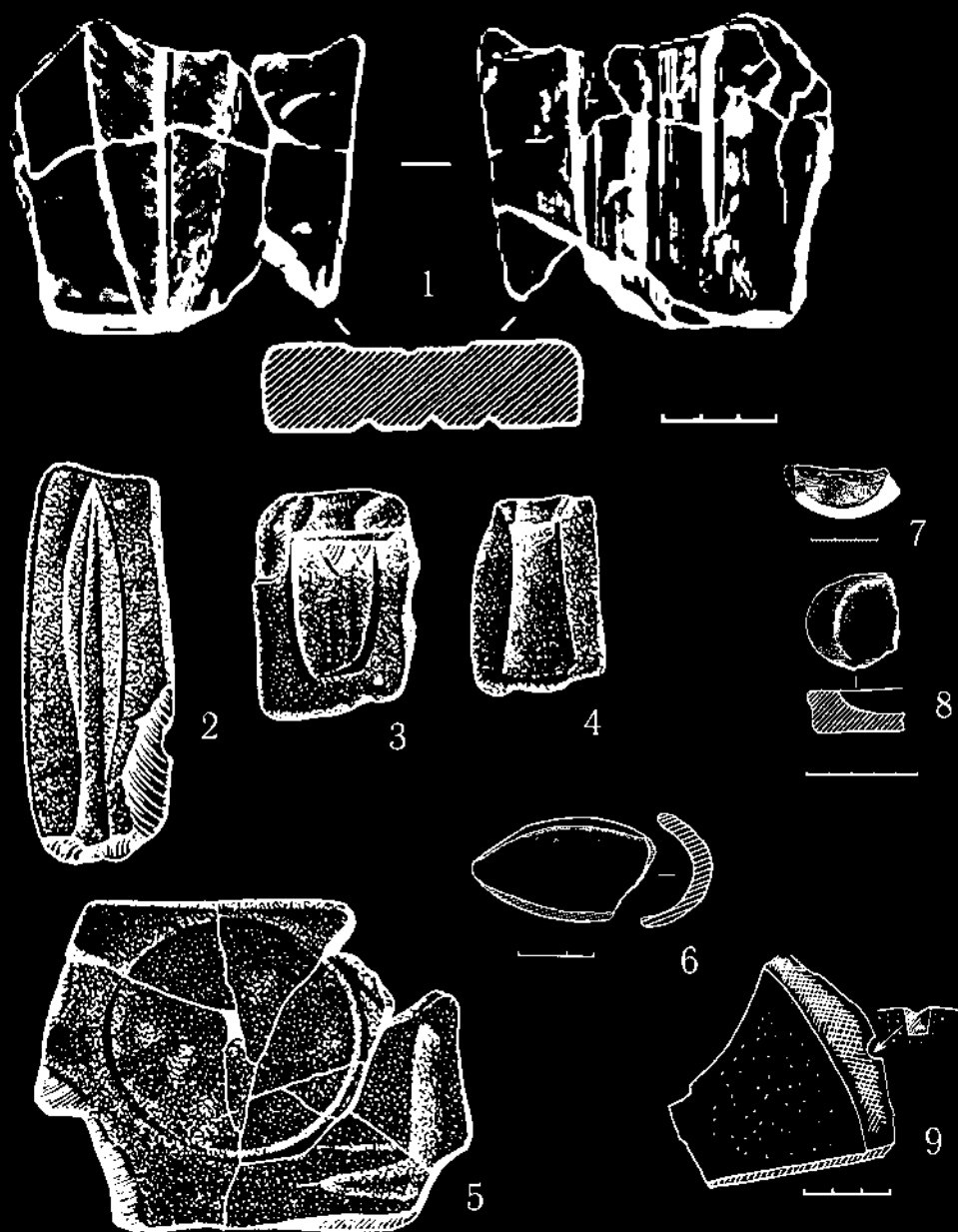


Рис.Е.9. Ливарні форми та ллячки культури Ноа.

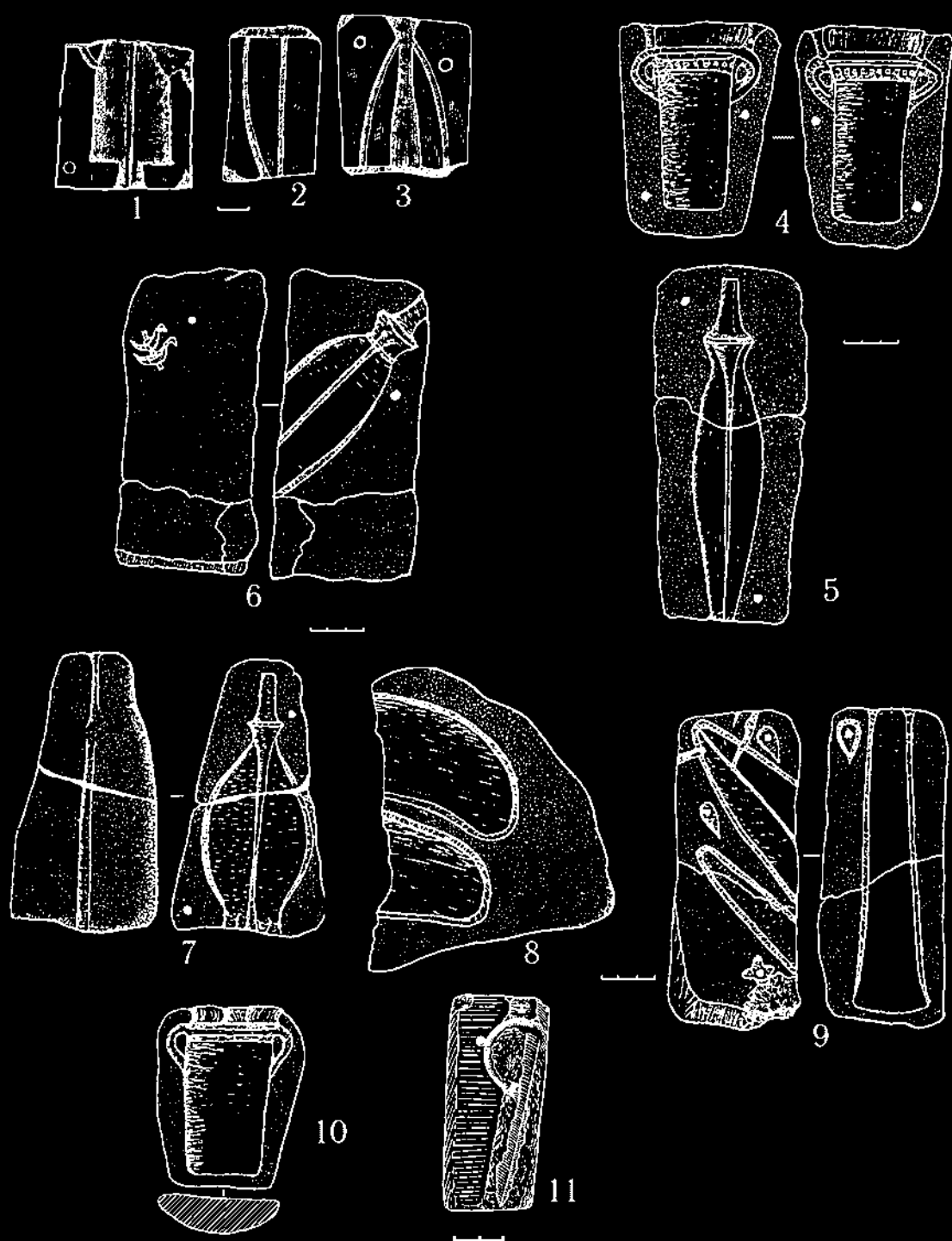


Рис. Е. 10. Ливарні форми білогрудівського часу.

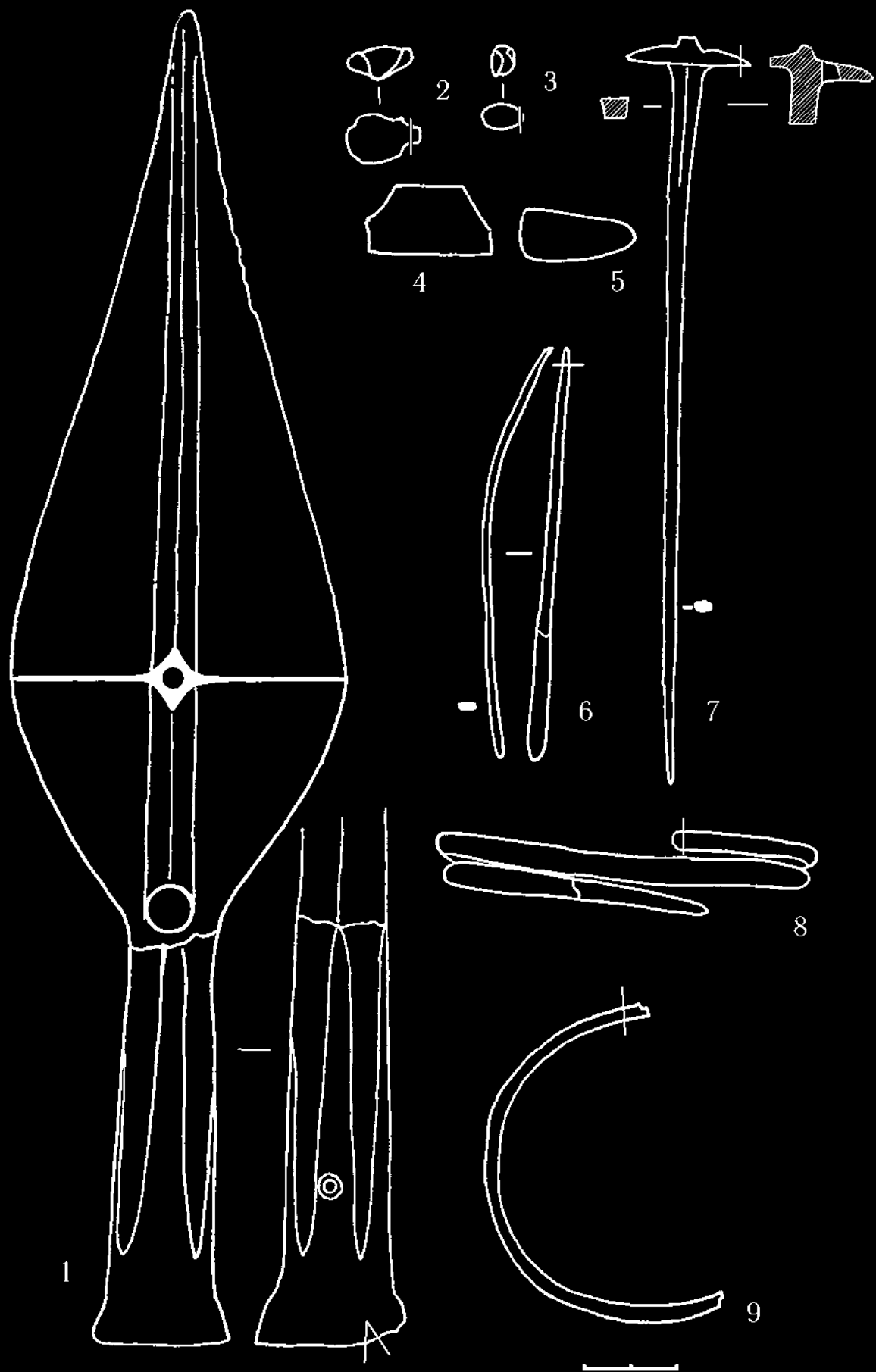


Рис.Е.15. Досліджені вироби з нетішина зі вказаними місцями вирізаних зразків для аналізу.

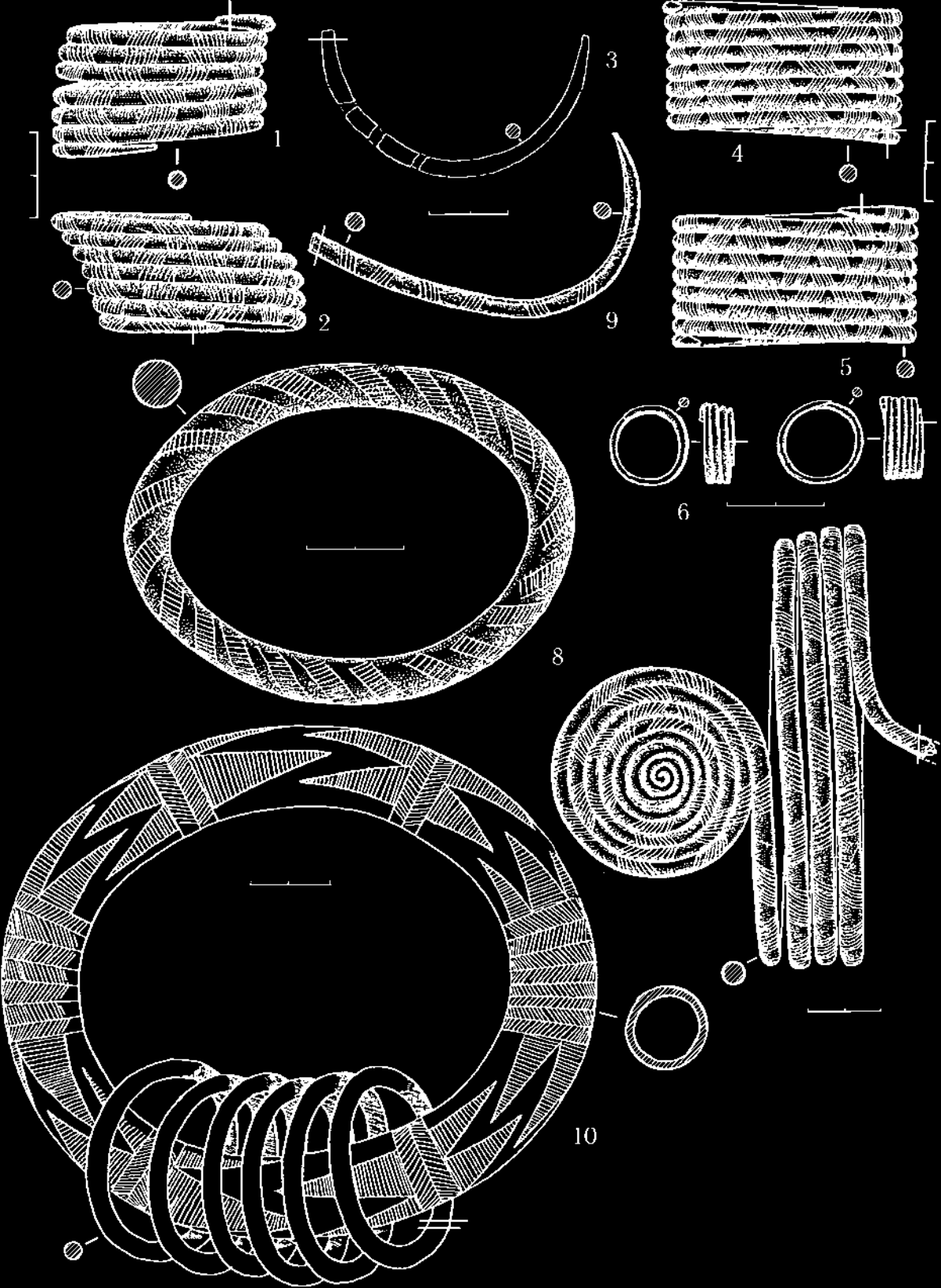


Рис.Е.23. Браслети з Гордіївки з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

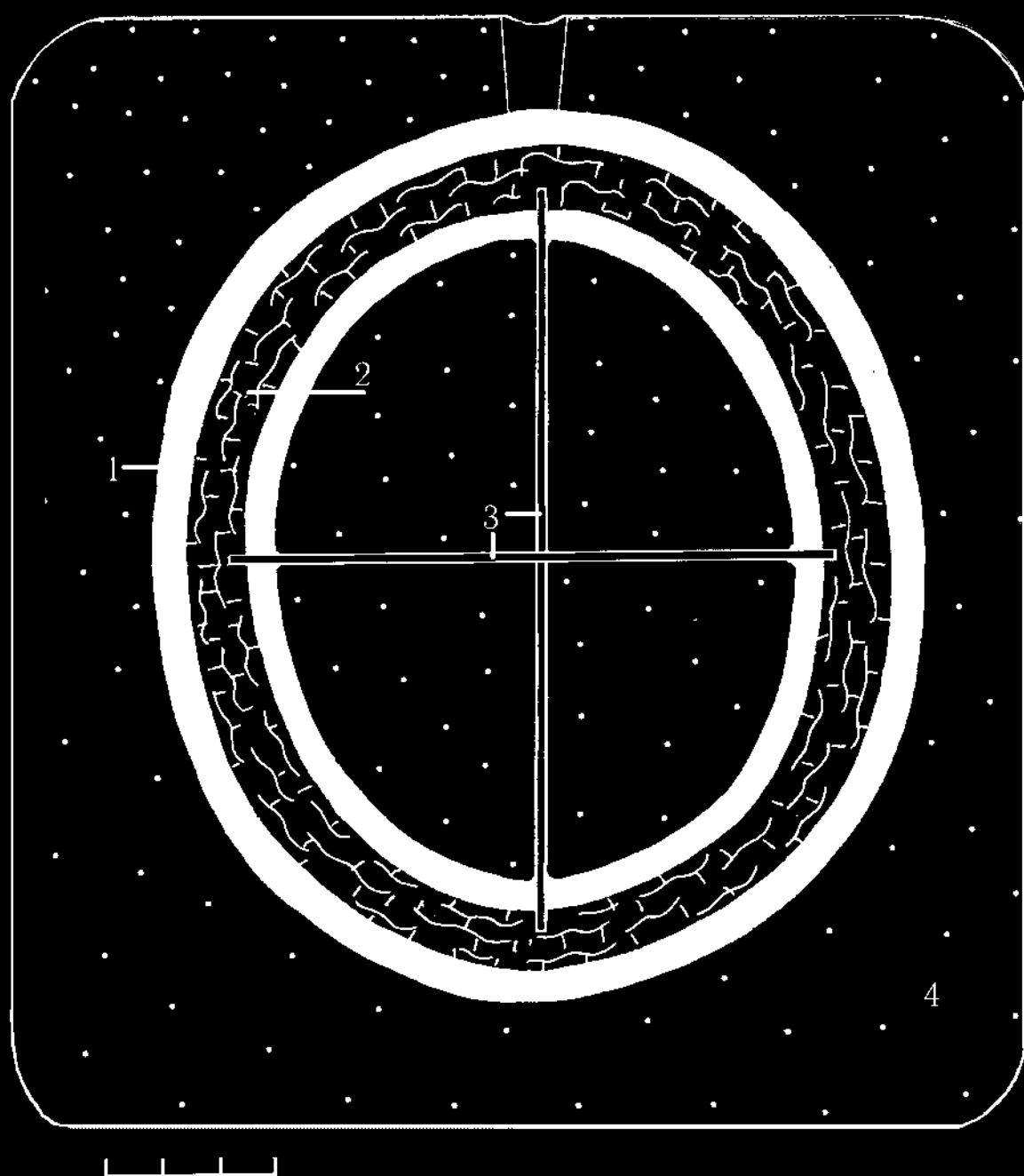


Рис. Е. 26. Реконструкція форми для виливання "музичного" інструменту за порожнинною восковою моделлю.
 1 - віск; 2 - дерев'яна основа; 3 - штифти; 4 - глина.

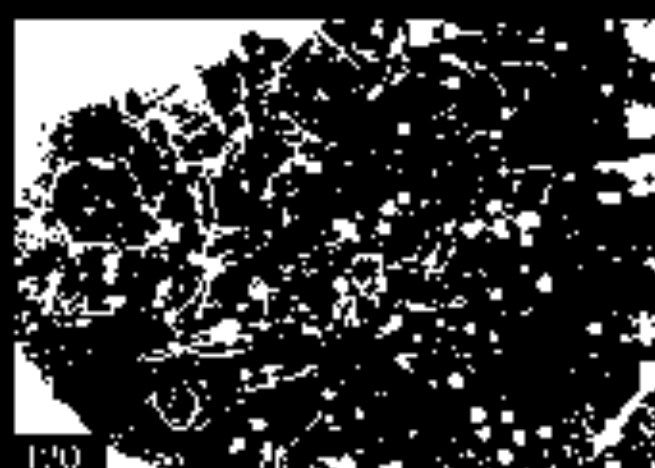
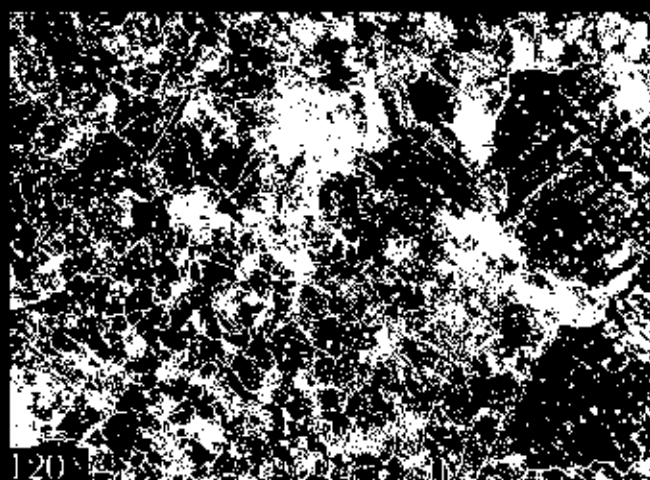
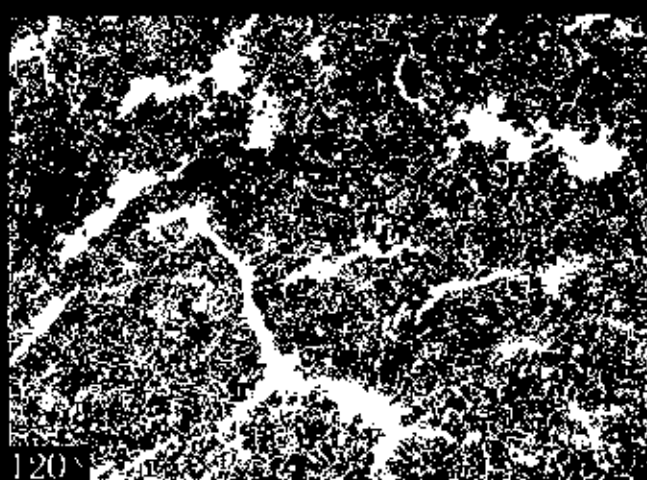


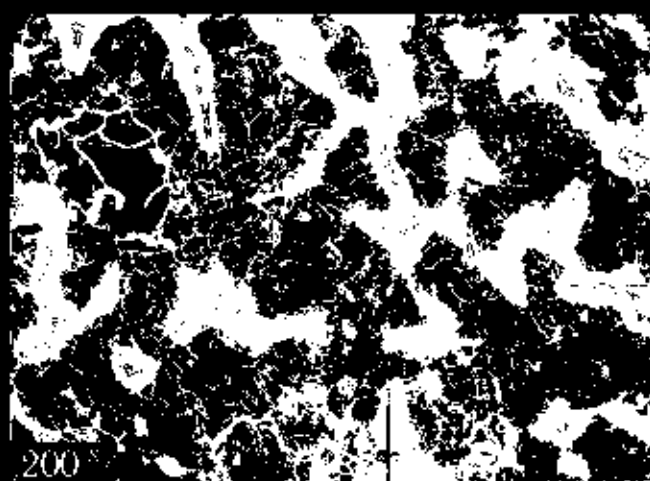
Figure 11.18. Micrographs of the



1



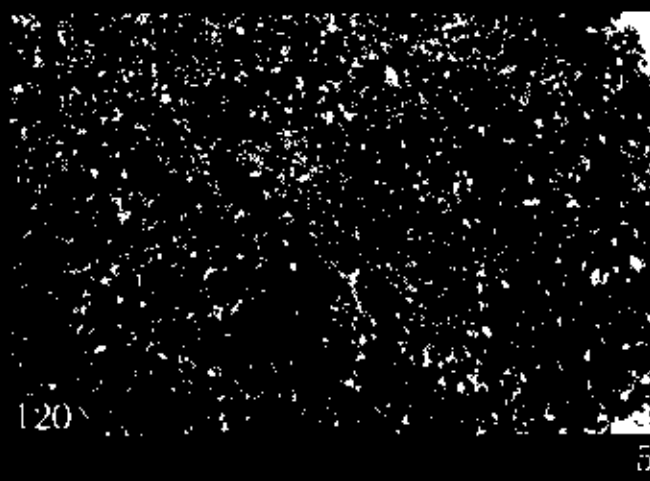
2



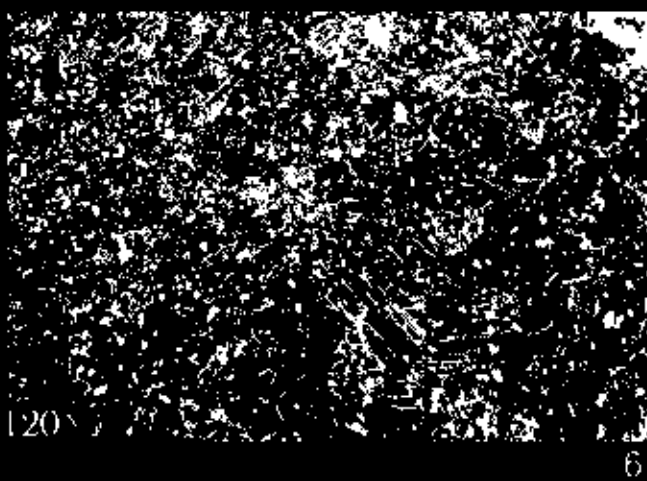
3



4

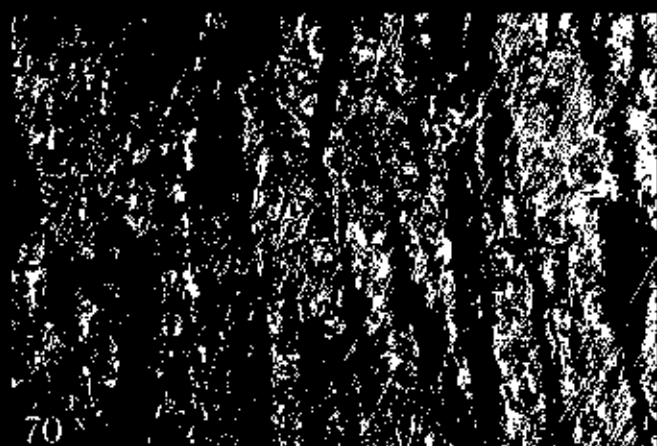


5

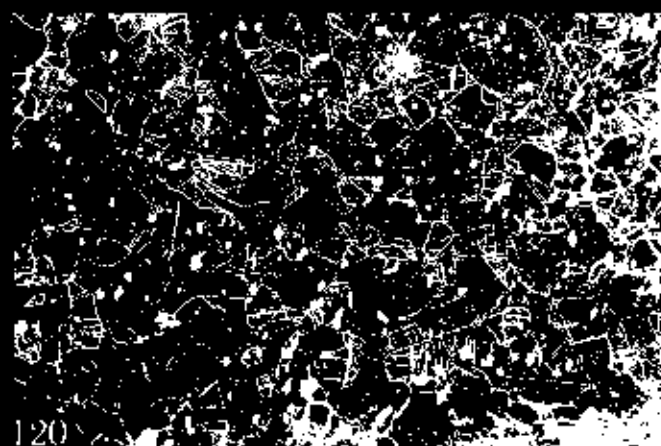


6

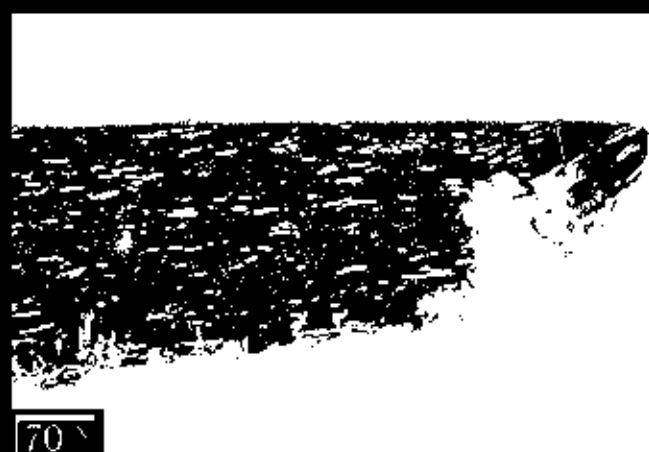
Рис.Е.29. Мікроструктури.



1



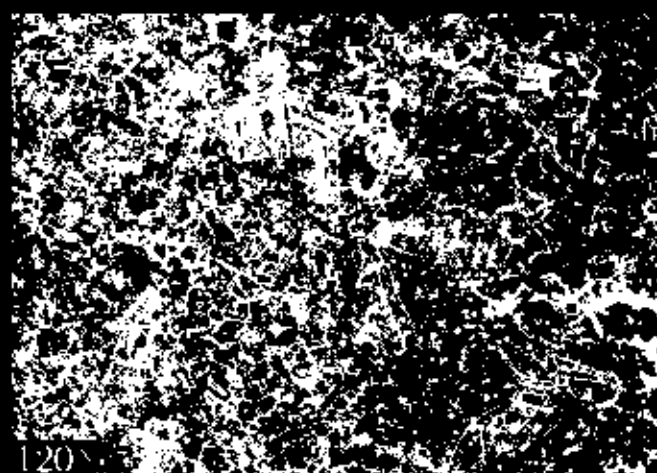
2



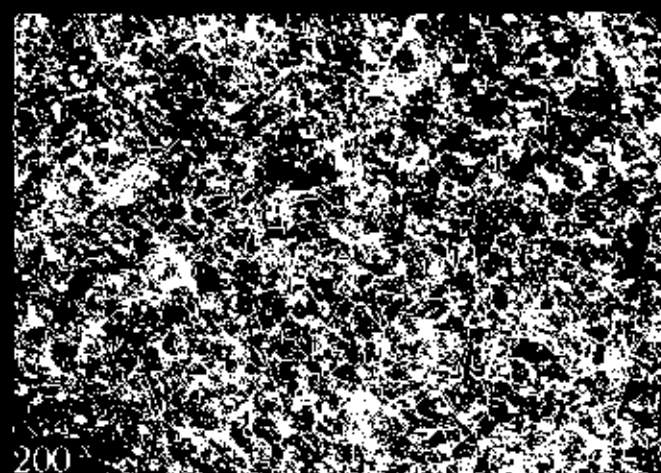
3



4

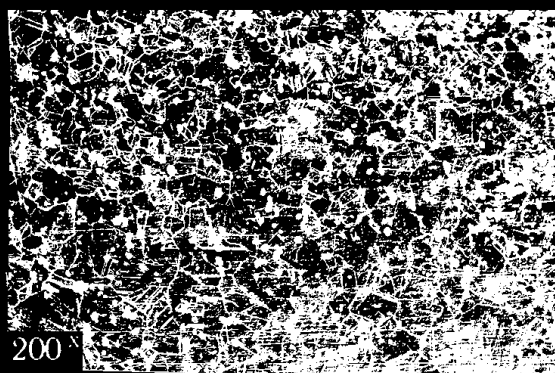


5

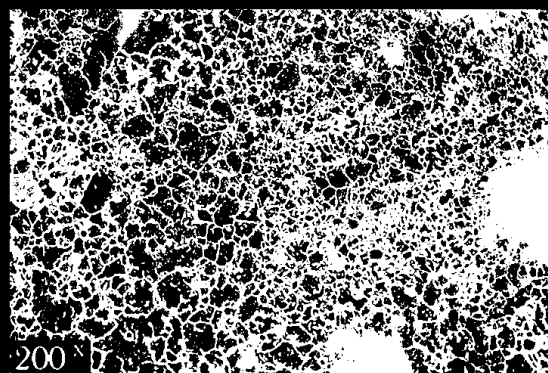


6

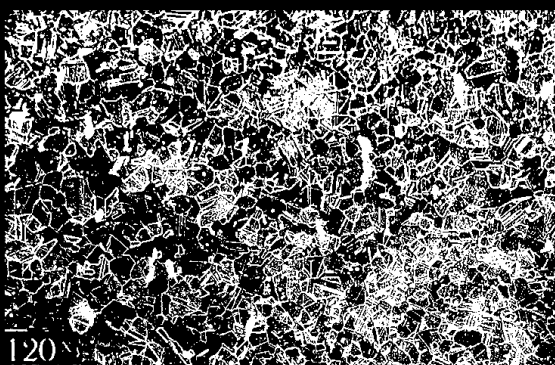
Рис.Е.30. Микроструктура.



1



2



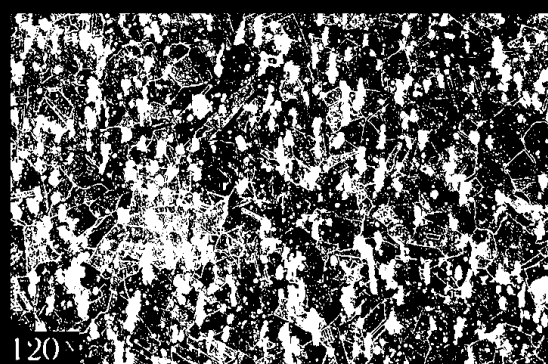
3



4



5



6

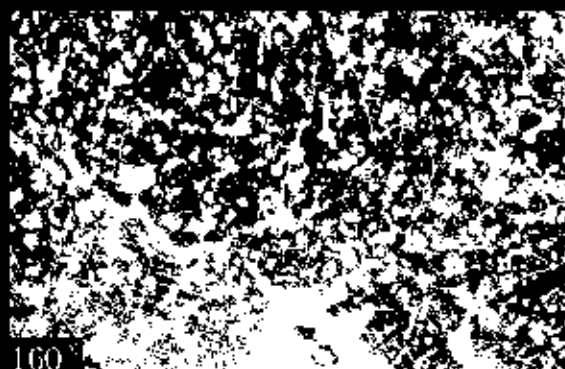
Рис.Е.31. Мікроструктури.



1



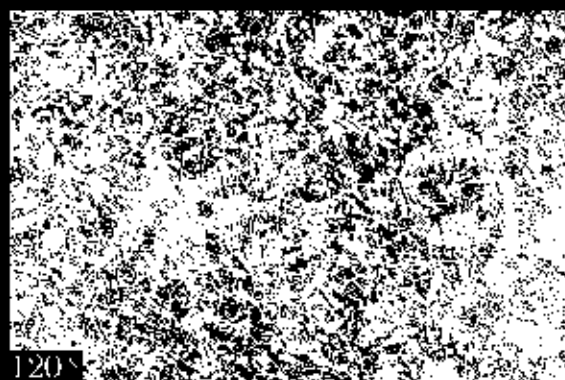
2



3



4



5



6

Рис.Е.32. Мікроструктури.

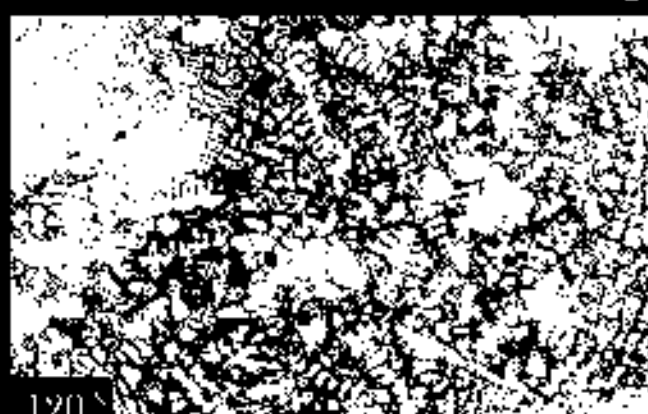
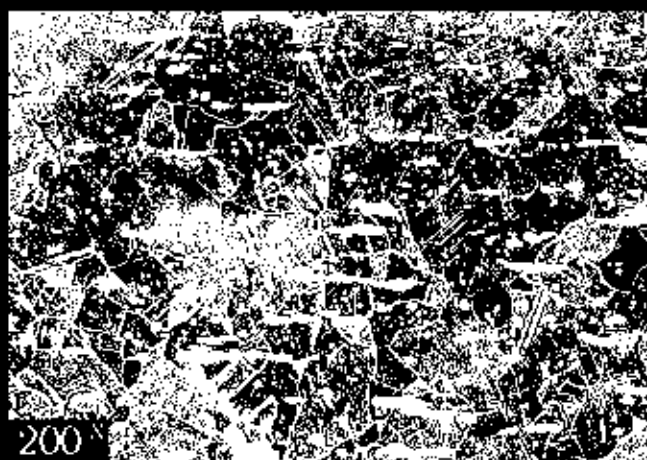


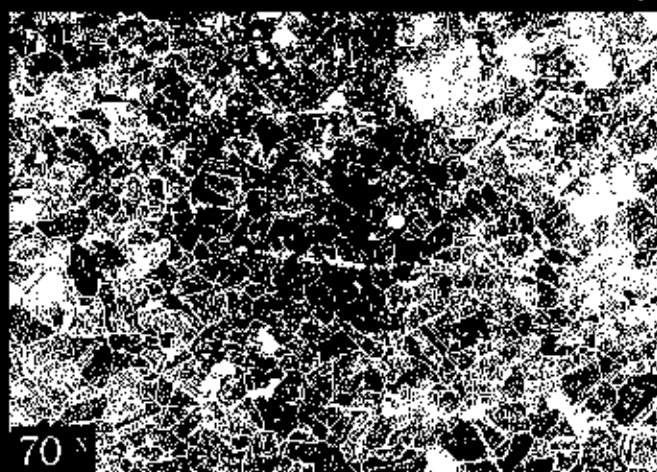
Рис. 1.33. Микроструктури.



1



2



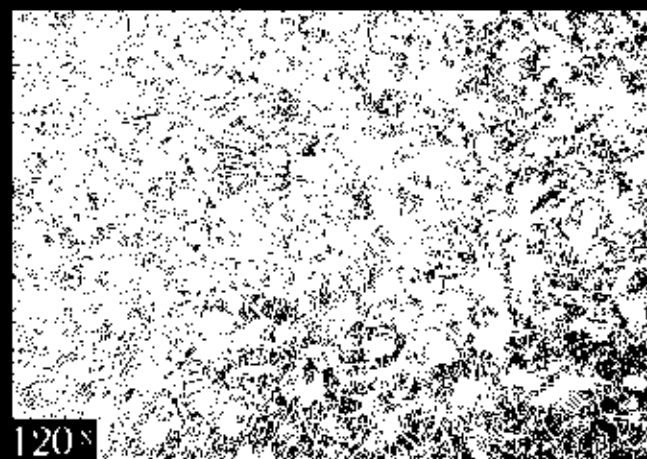
3



4

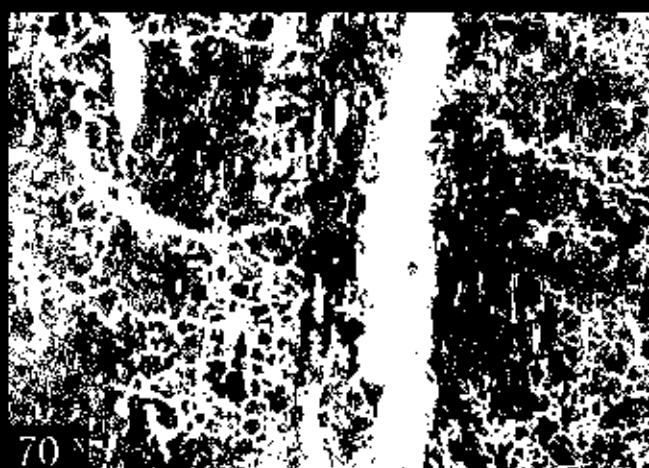


5

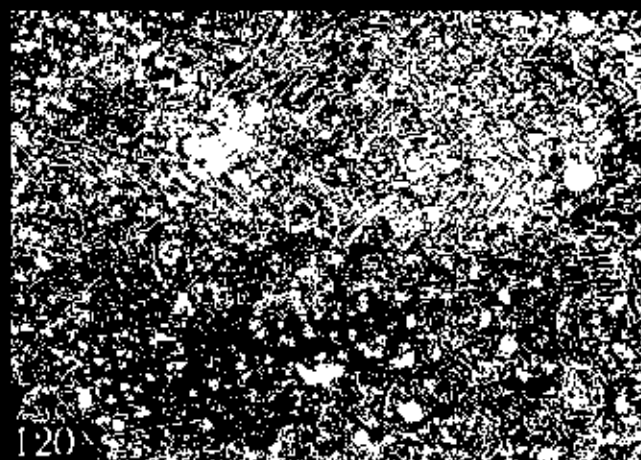


6

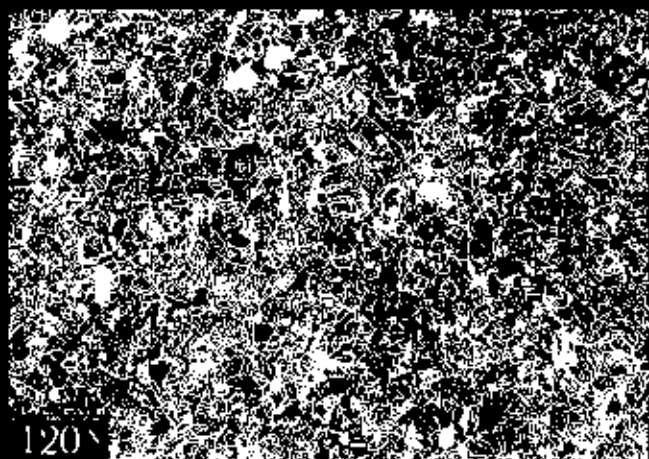
Рис.Е.34. Мікроструктури.



1



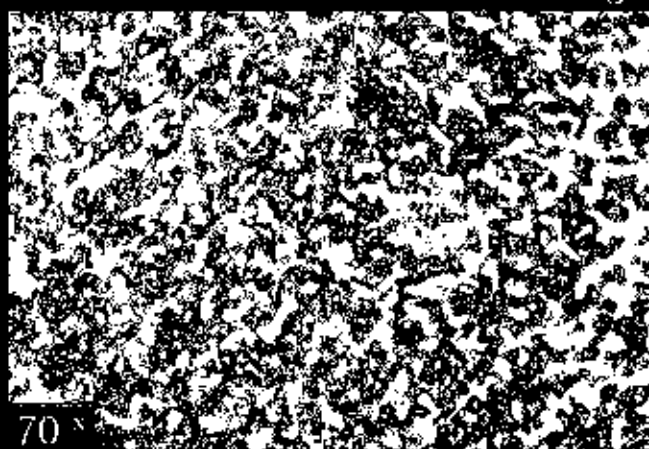
2



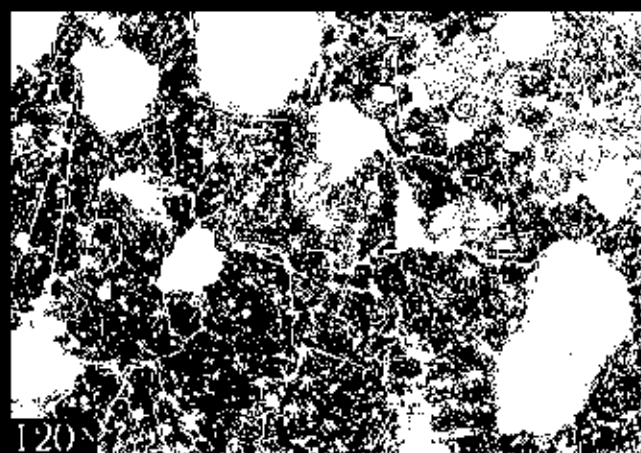
3



4

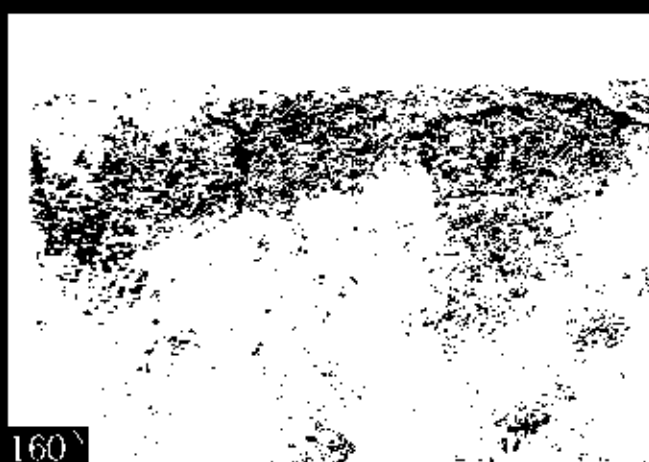


5



6

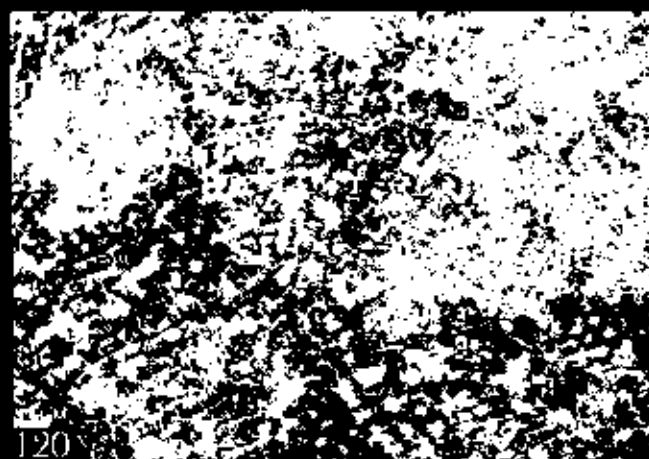
Рис. Е.35. Мікроструктури.



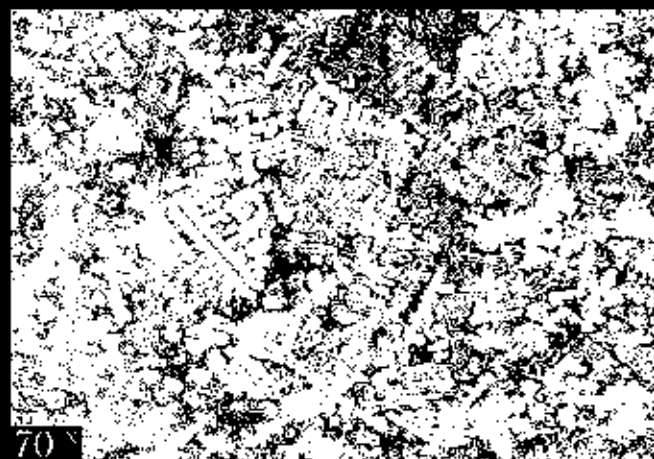
1



2



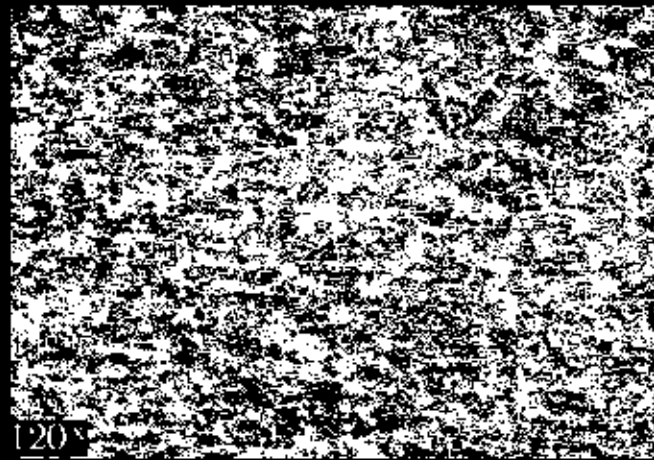
3



4



5



6

Рис.Е.36. Мікроструктури.

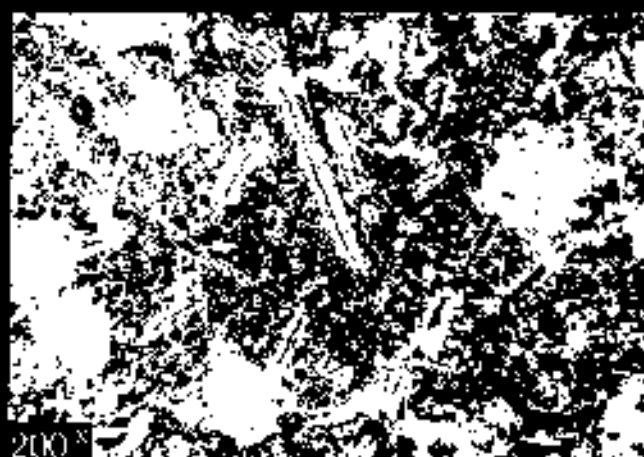
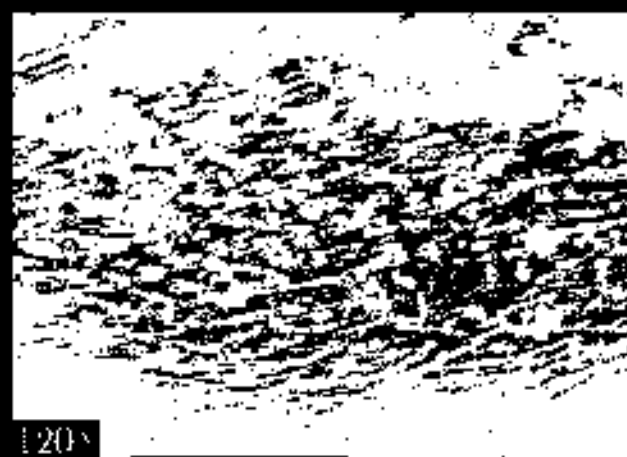
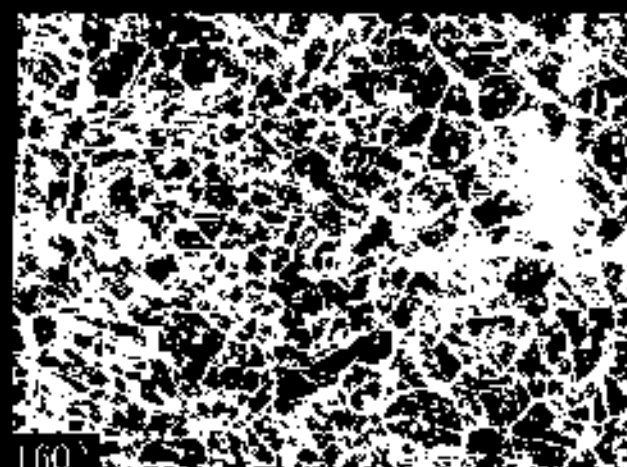
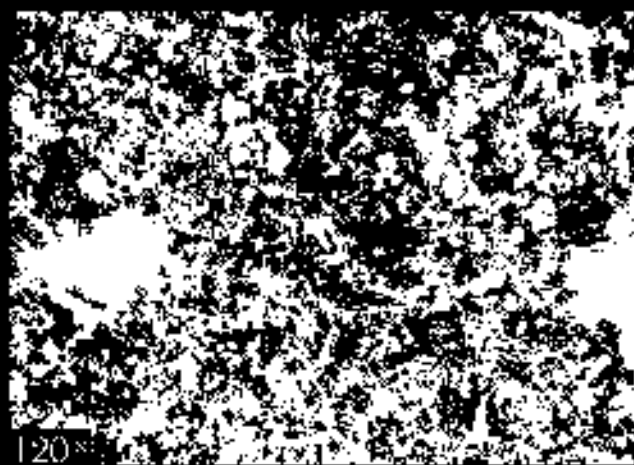


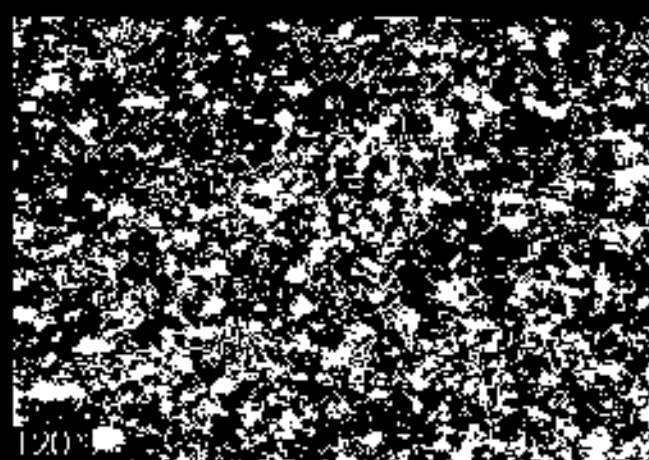
Рис. 37. М/спецтипсы.



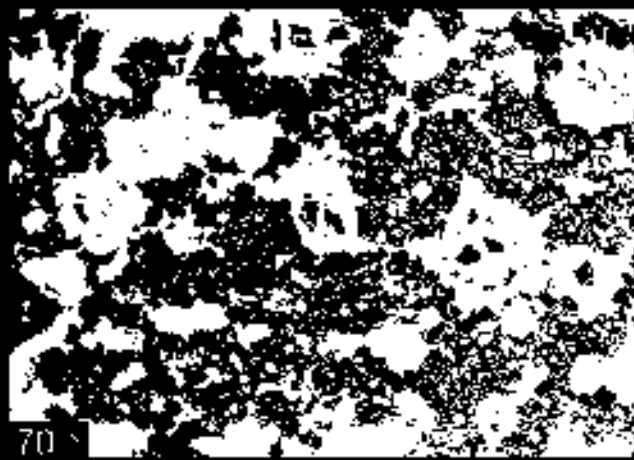
1



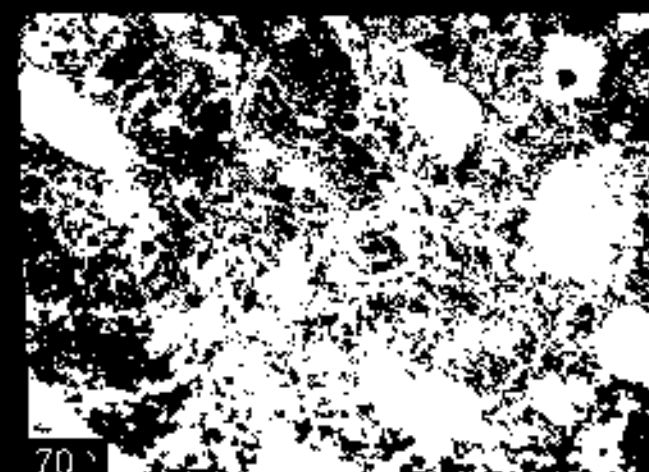
2



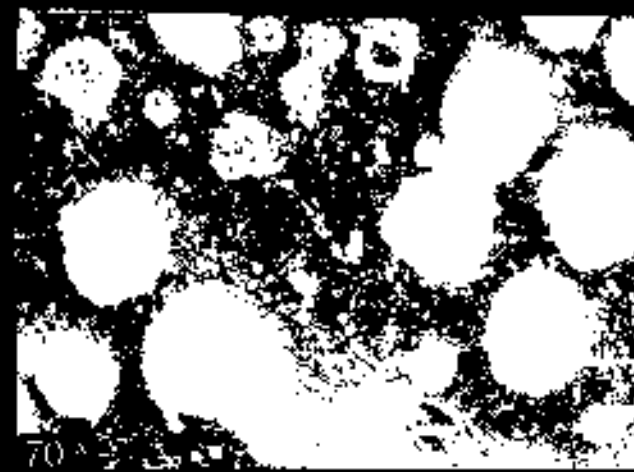
3



4



5



6

Рис. 1.38. Микроструктура.

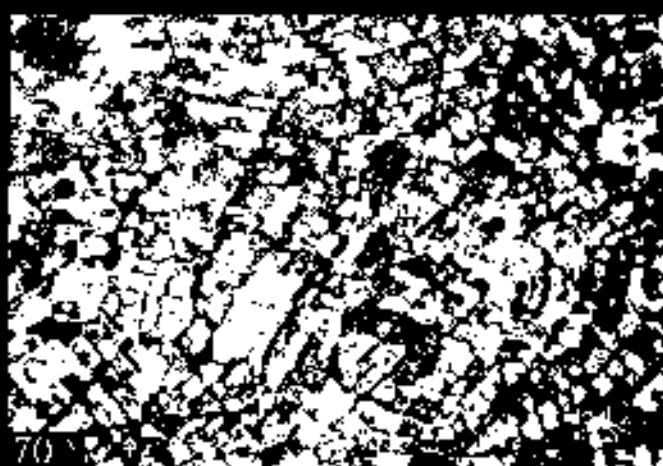


Рис.11.39. мікроструктури.

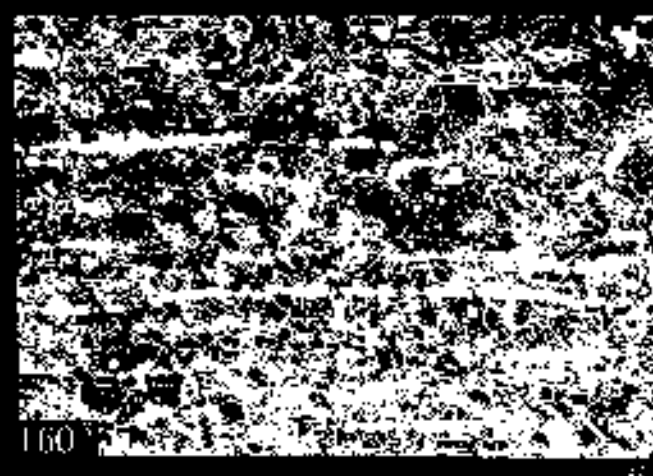
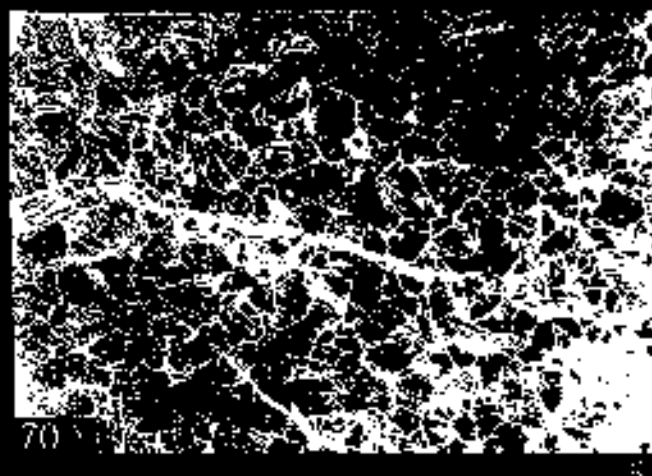
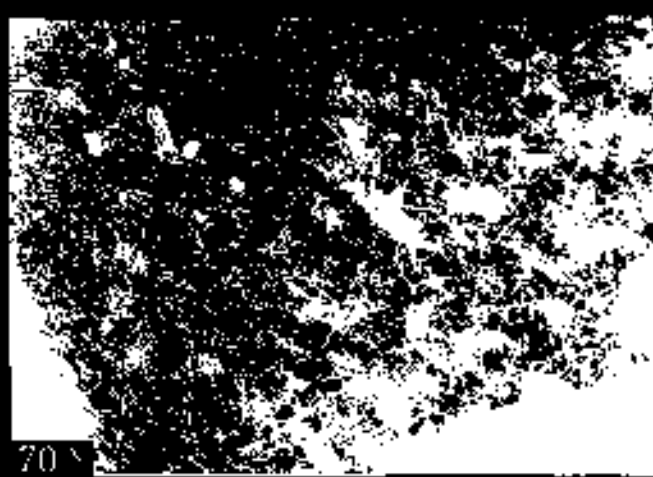
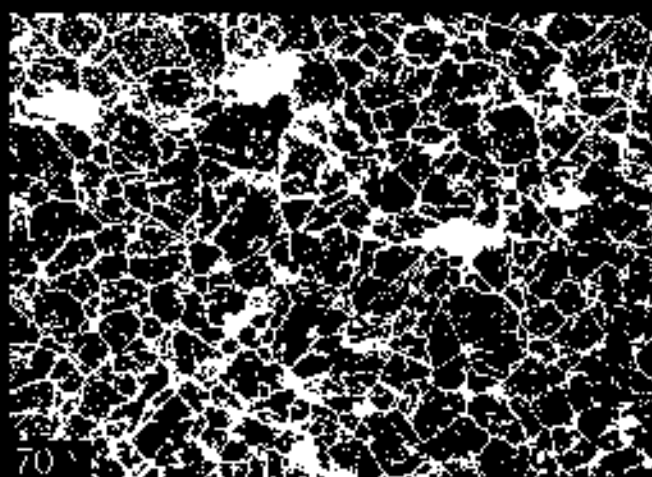
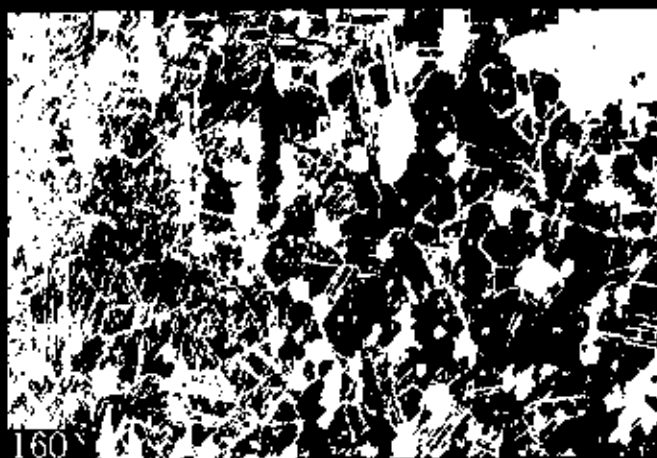
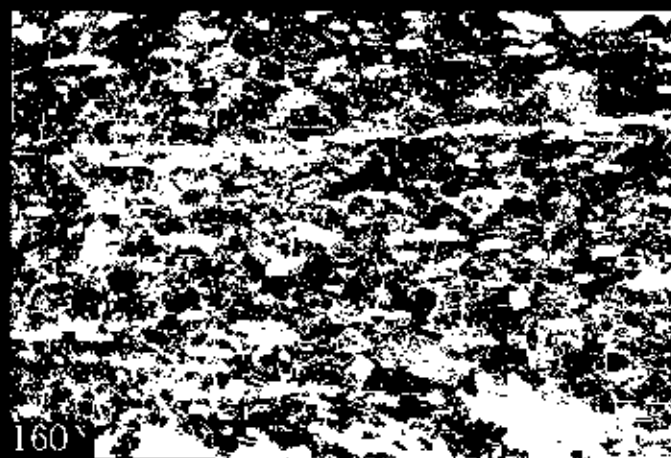


Рис.Е.40. Мікродиверзи.



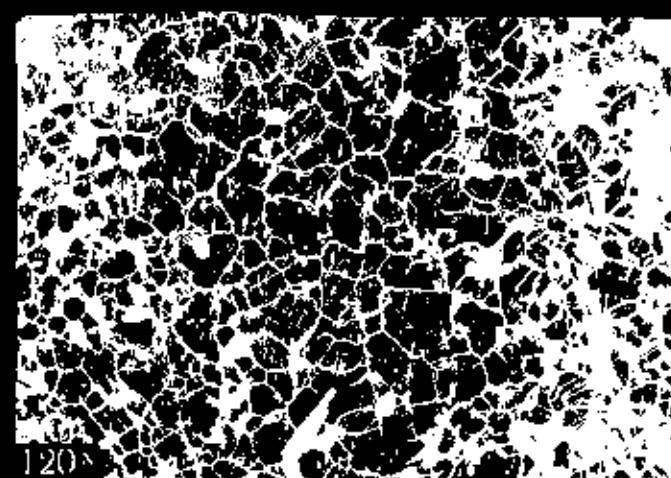
1



2



3



4



5



6

Рис. Е.41. Мікроструктури.

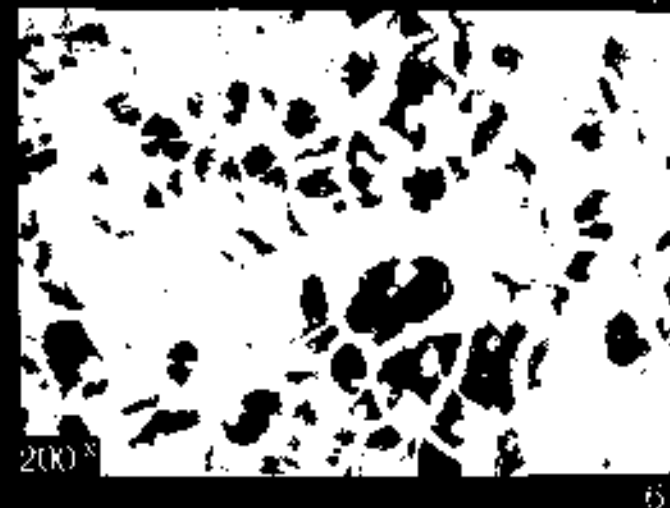
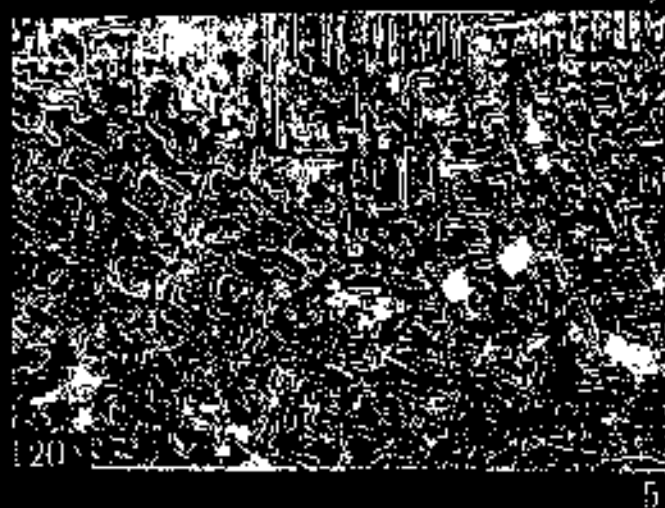
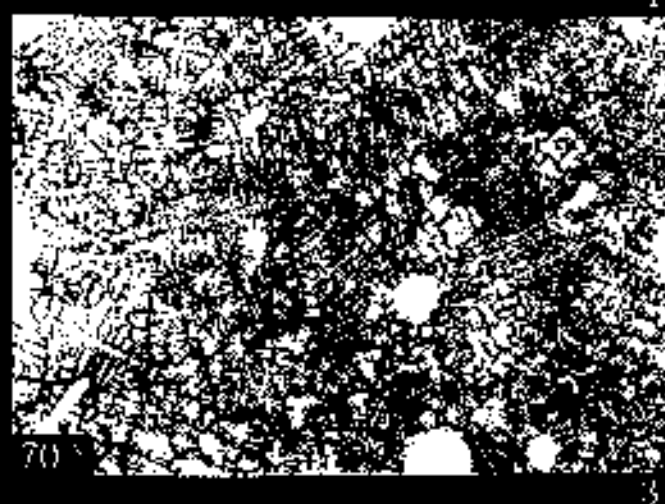
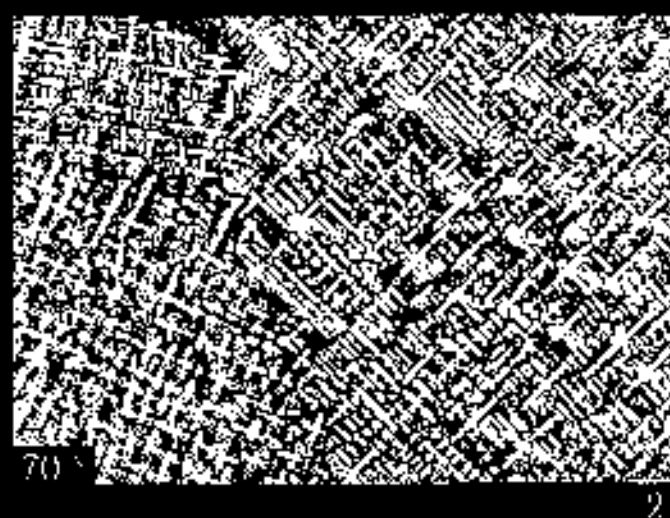
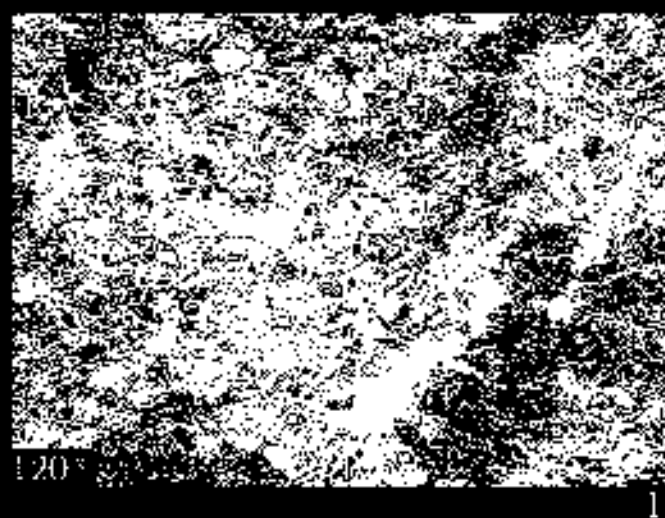


Рис. 1.42. Микроструктура.

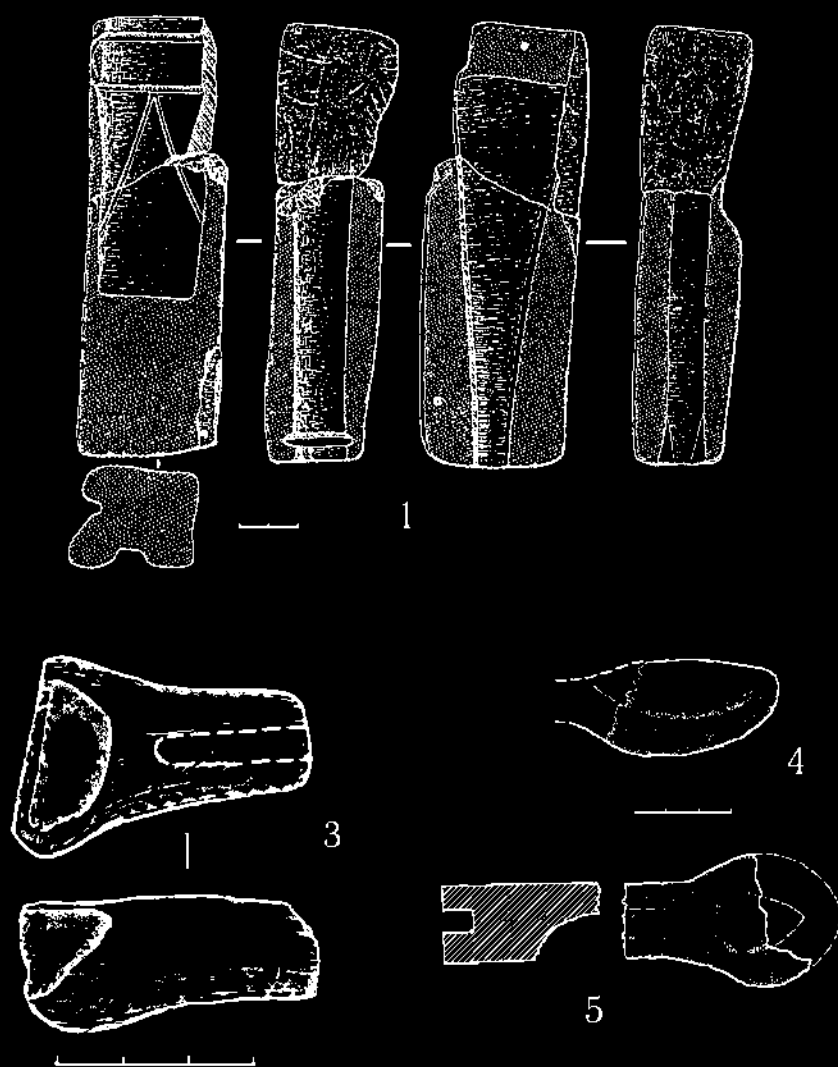


Рис. Е. 8. Ливарна форма та ложки-лячки (?)
тшинецько-комарівської КІС:

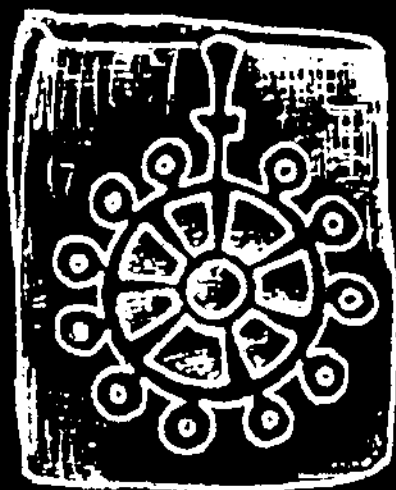
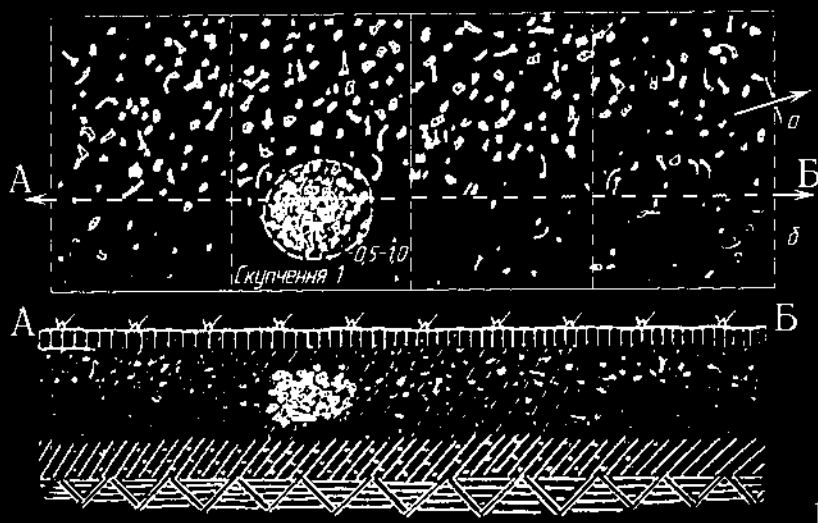


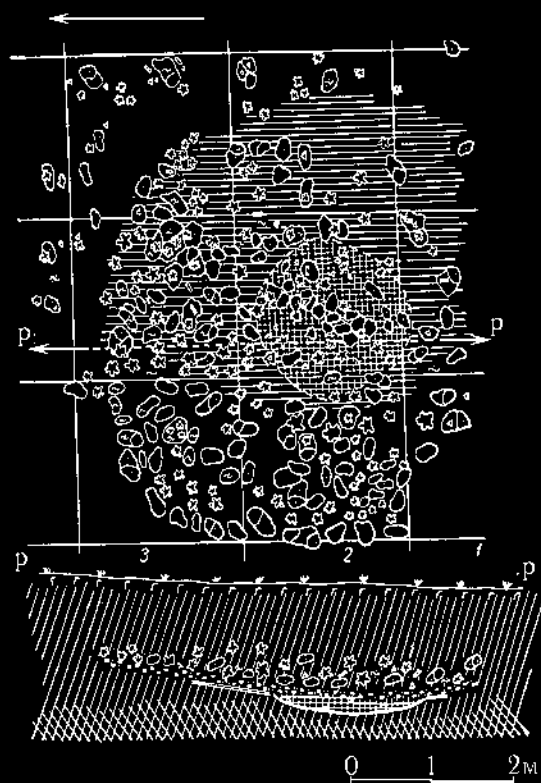
Рис.Е.11. Ливарна форма
з Почапів.



Умовні позначення

(Стецівка I):

- фрагменти кераміки
- кістки
- обмазка
- контур ями



Умовні позначення

(Острівець):

- сліди вогню
- вогнище з прошарками вугля і попелу
- черінь
- куски глиняної обмазки
- сильно ошлакована обмазка
разом із попелом
- фрагменти кераміки
- твердий прошарок чорнозему,
перемішаний з попелом
- кістки тварин

Рис.Е.12. Мідеплавильні ями культури Ноа.

1- Стецівка I; 2 - Острівець.

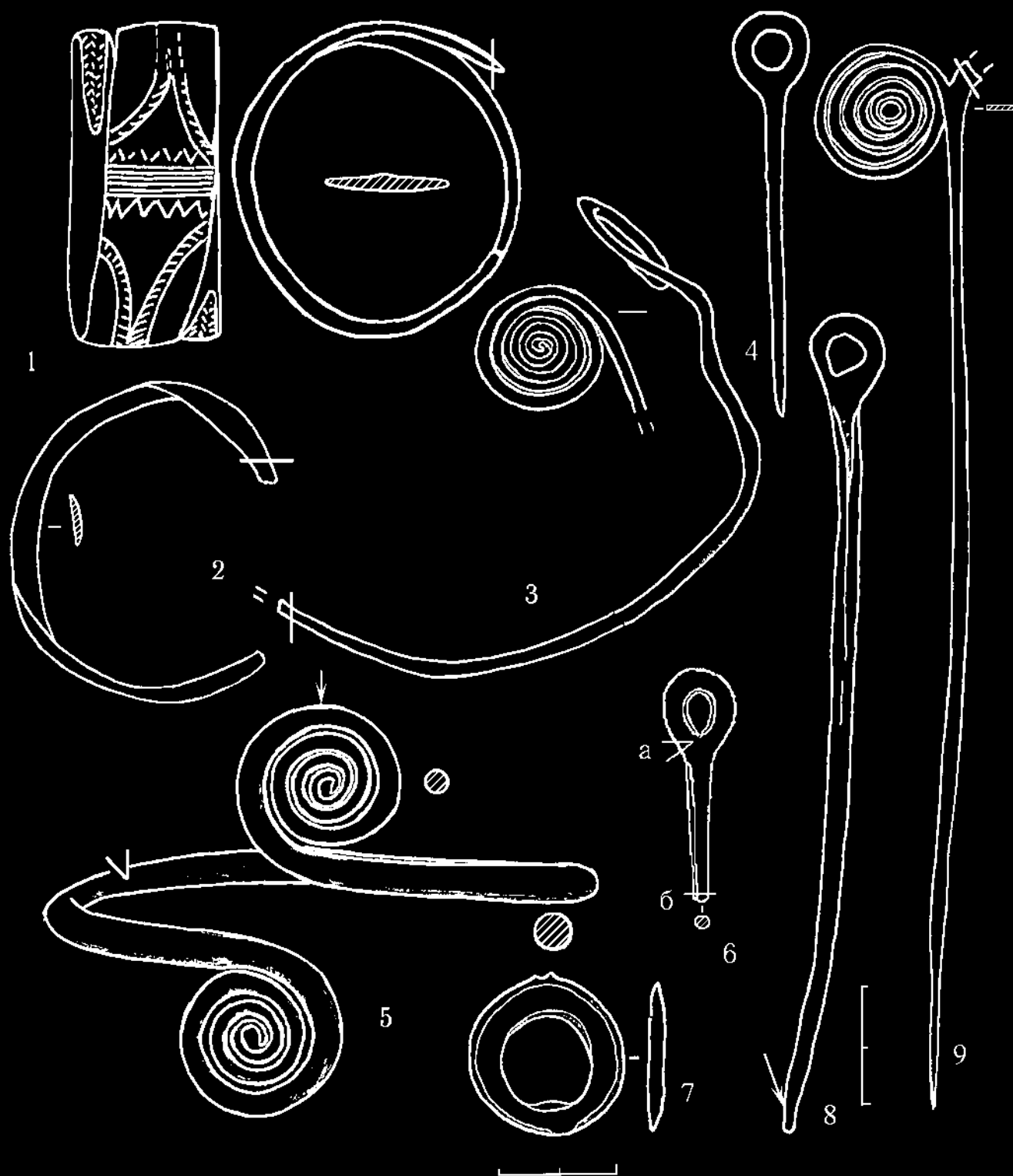


Рис. Е.13. Досліджені вироби тшинецько-комарівської КІС та білогрудівського часу з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

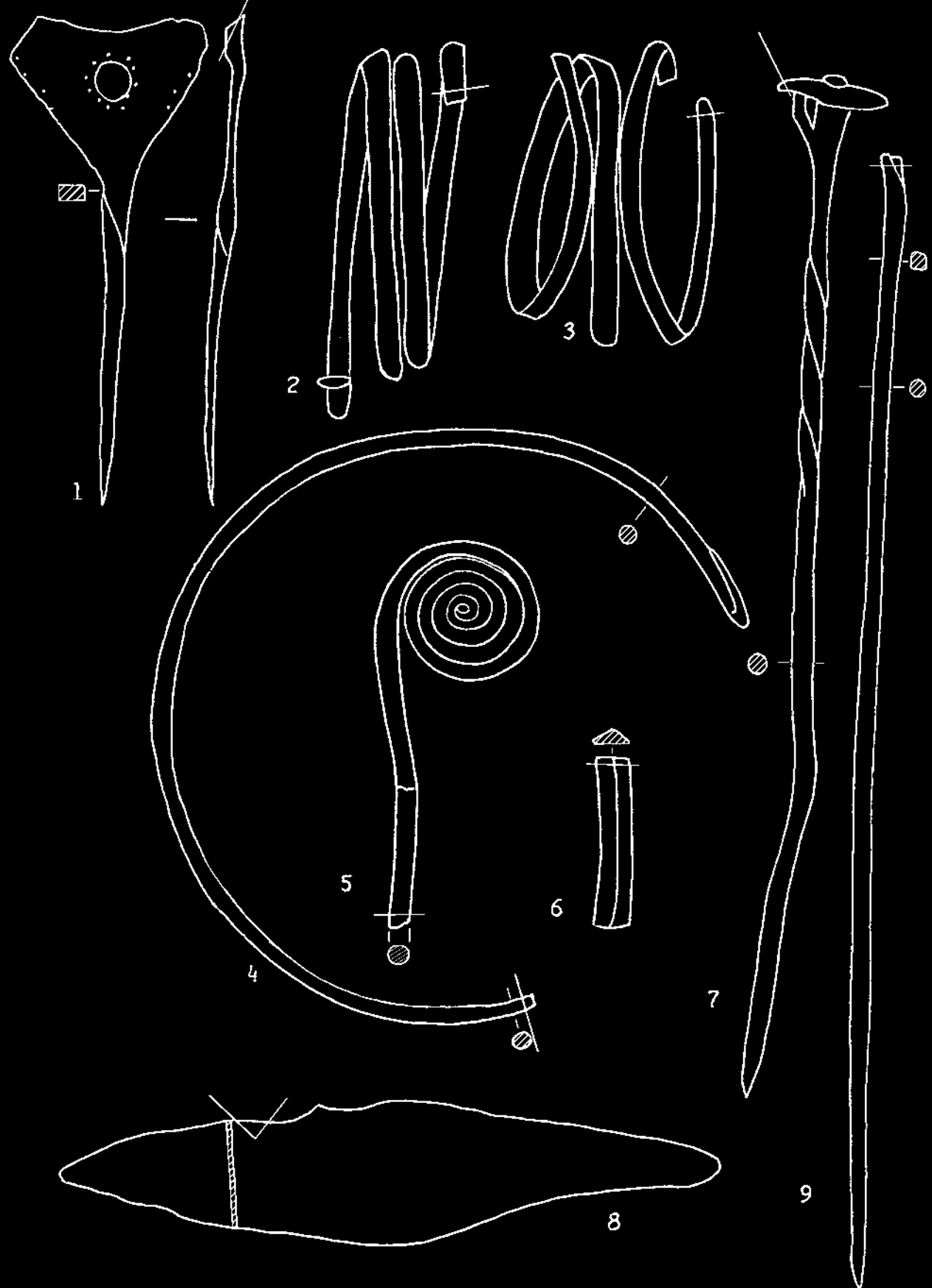


Рис. Е. 14. Металеві вироби з Малополовецького-3.

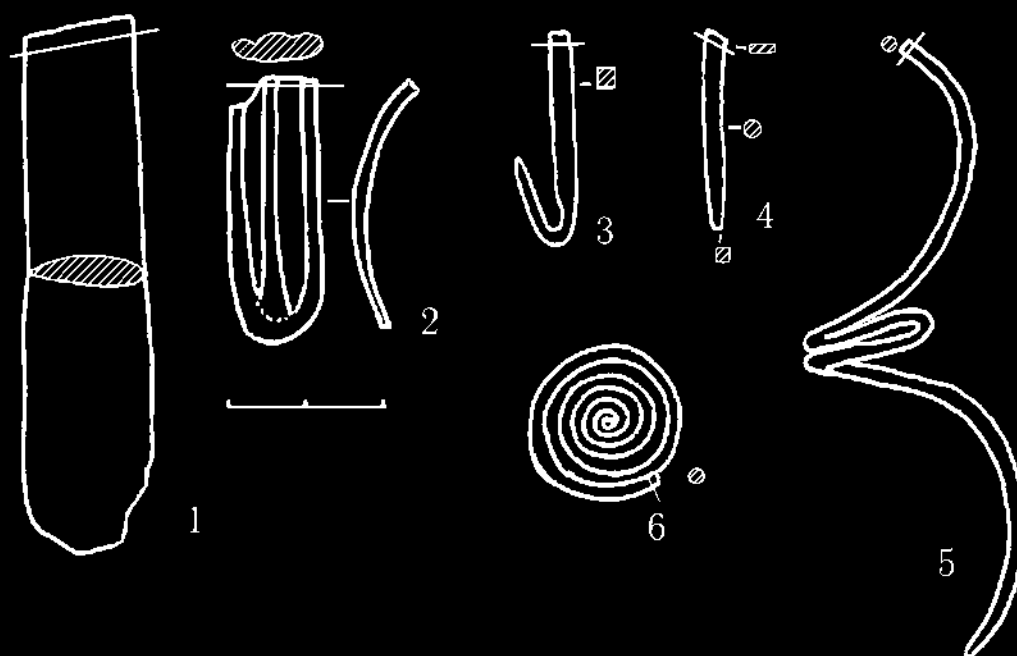


Рис. Е.16. Досліджені вироби культури Ноа
з позначеними місцями вирізаних проб для
аналізу.

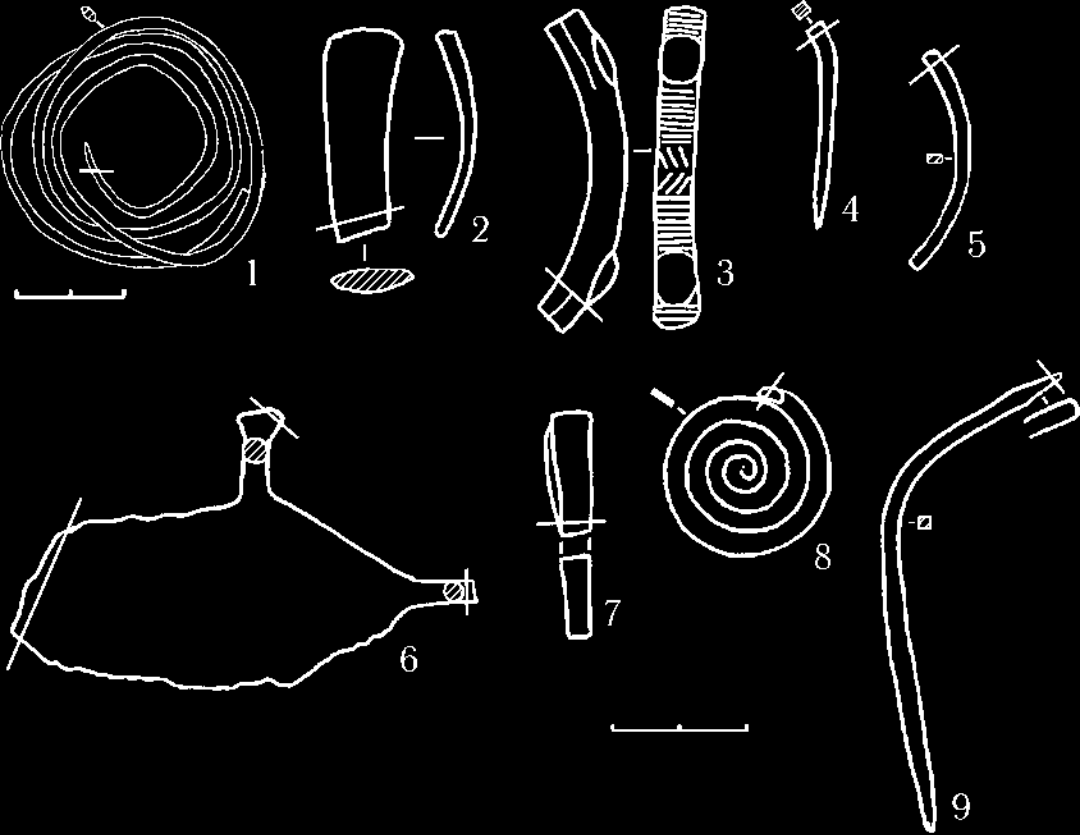


Рис. Е.17. Досліджені вироби висоцької культури з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

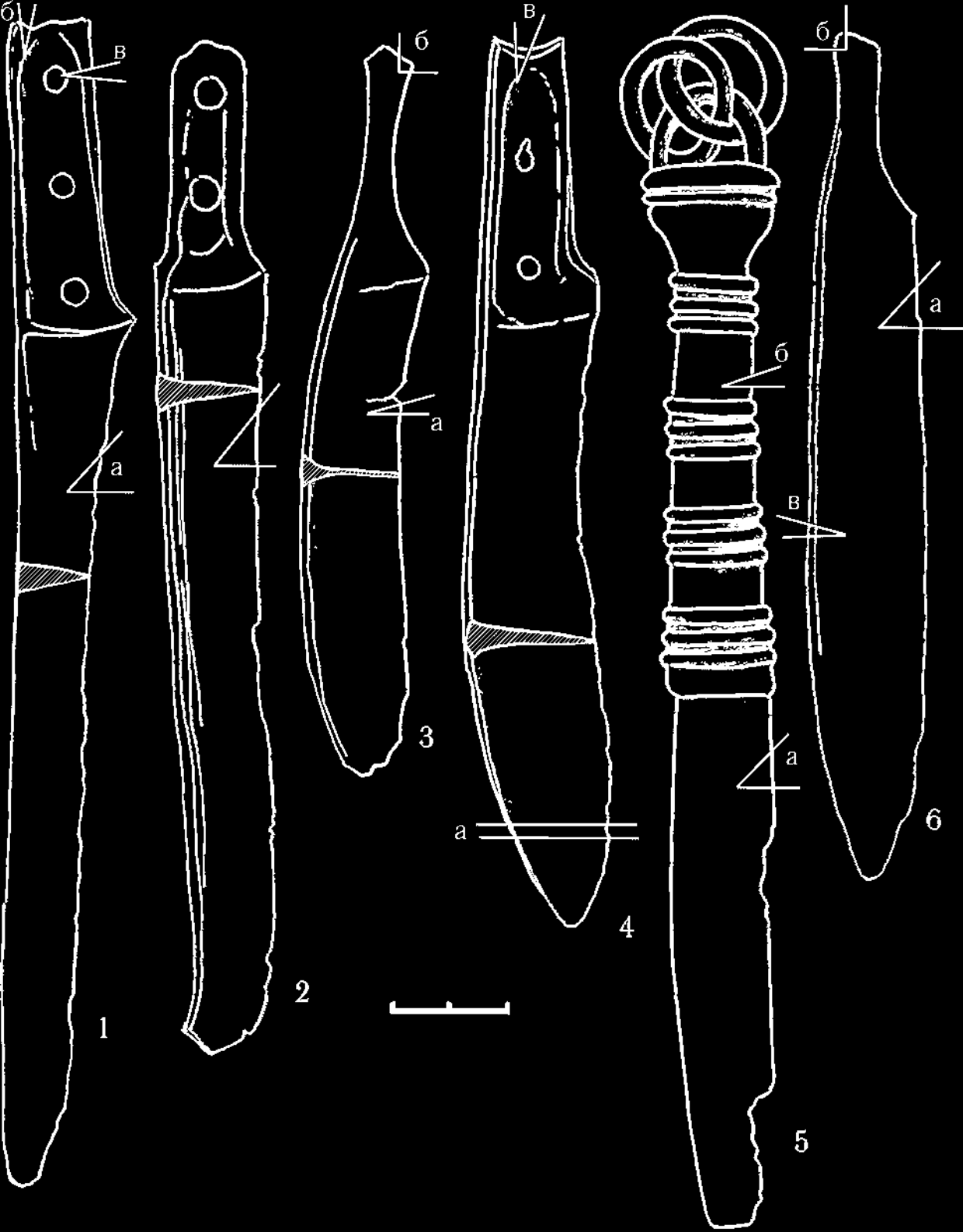


Рис.Е.18. Досліджені ножі з Гордіївки з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

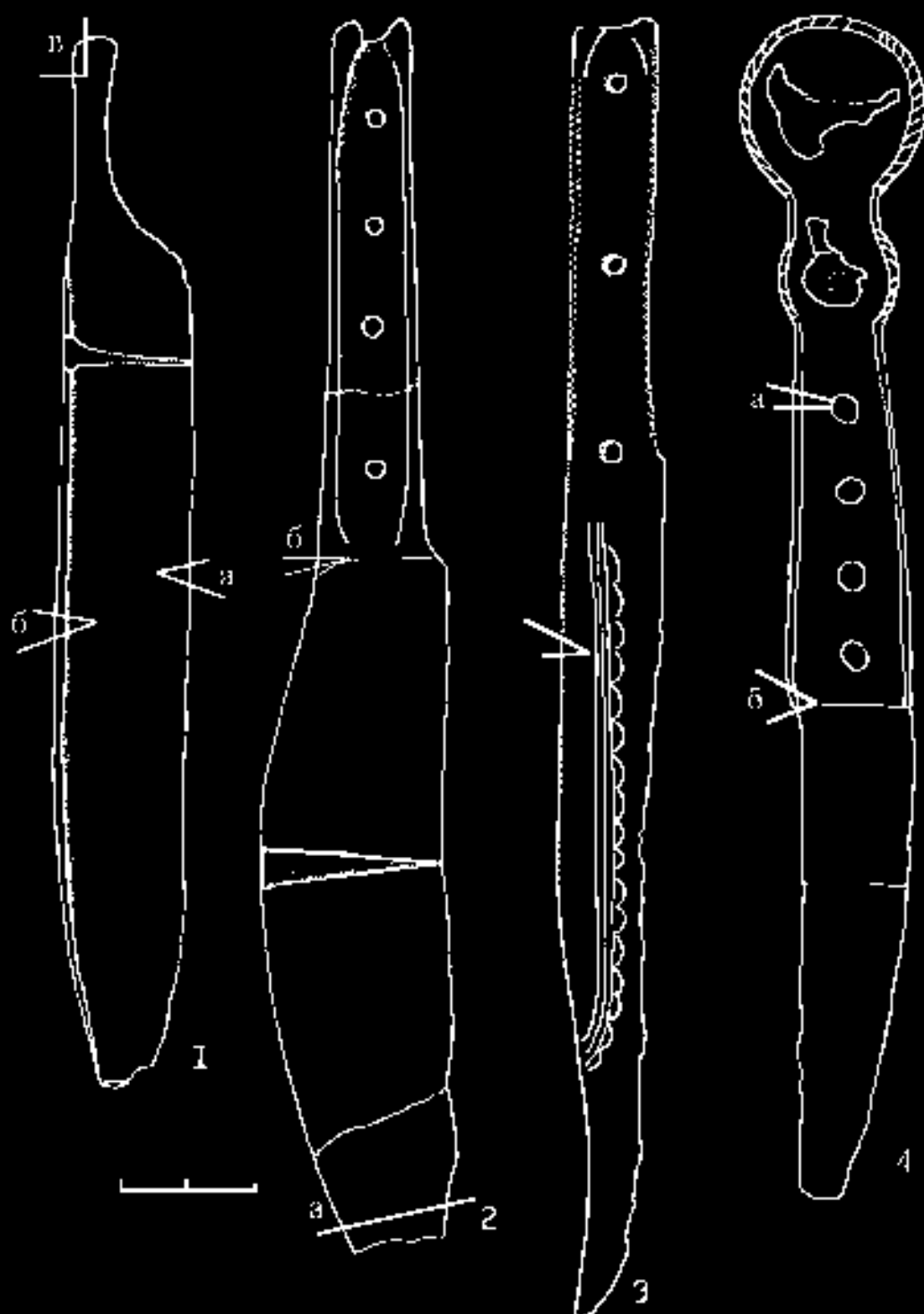


Рис. Р.19. Досліджені ножі з Голішівки з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

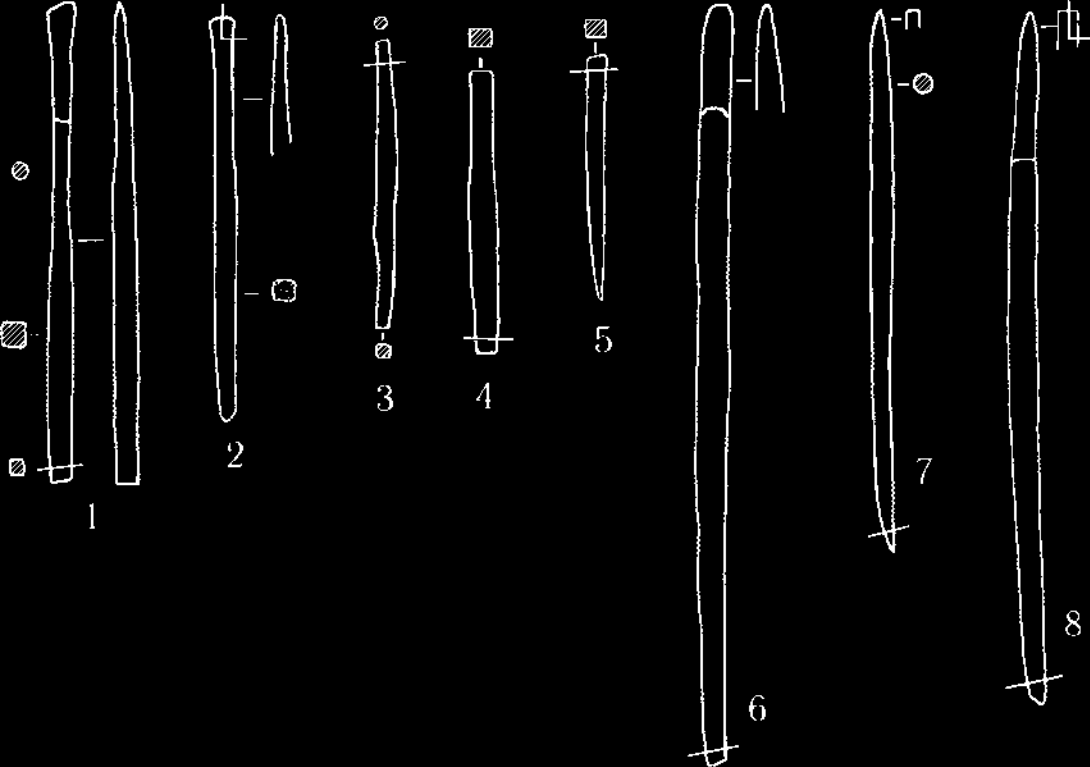


Рис. Е.20. Досліджені проколки та долотця з Гордіївки з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

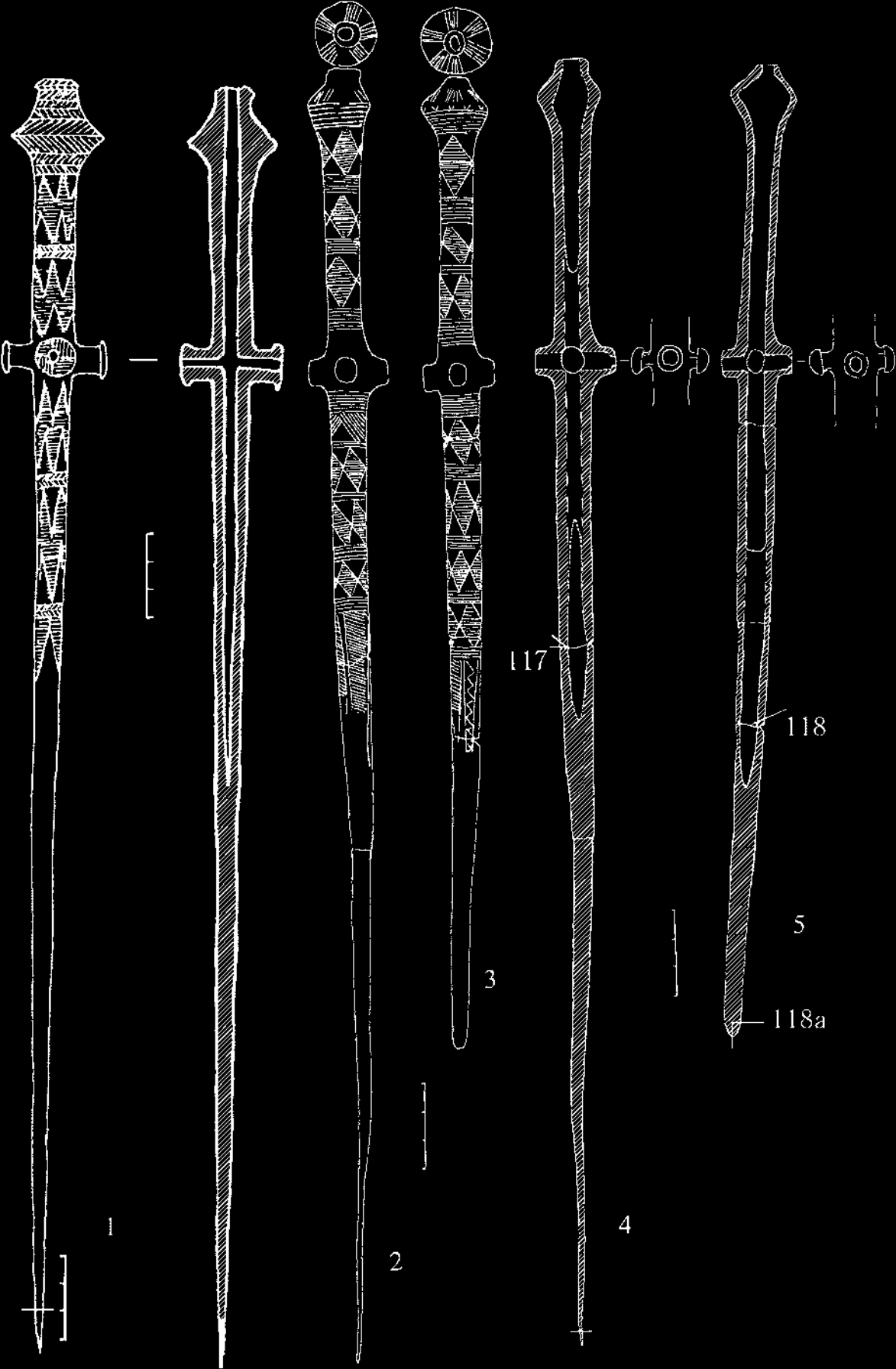


Рис. Е.21. Стилети з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

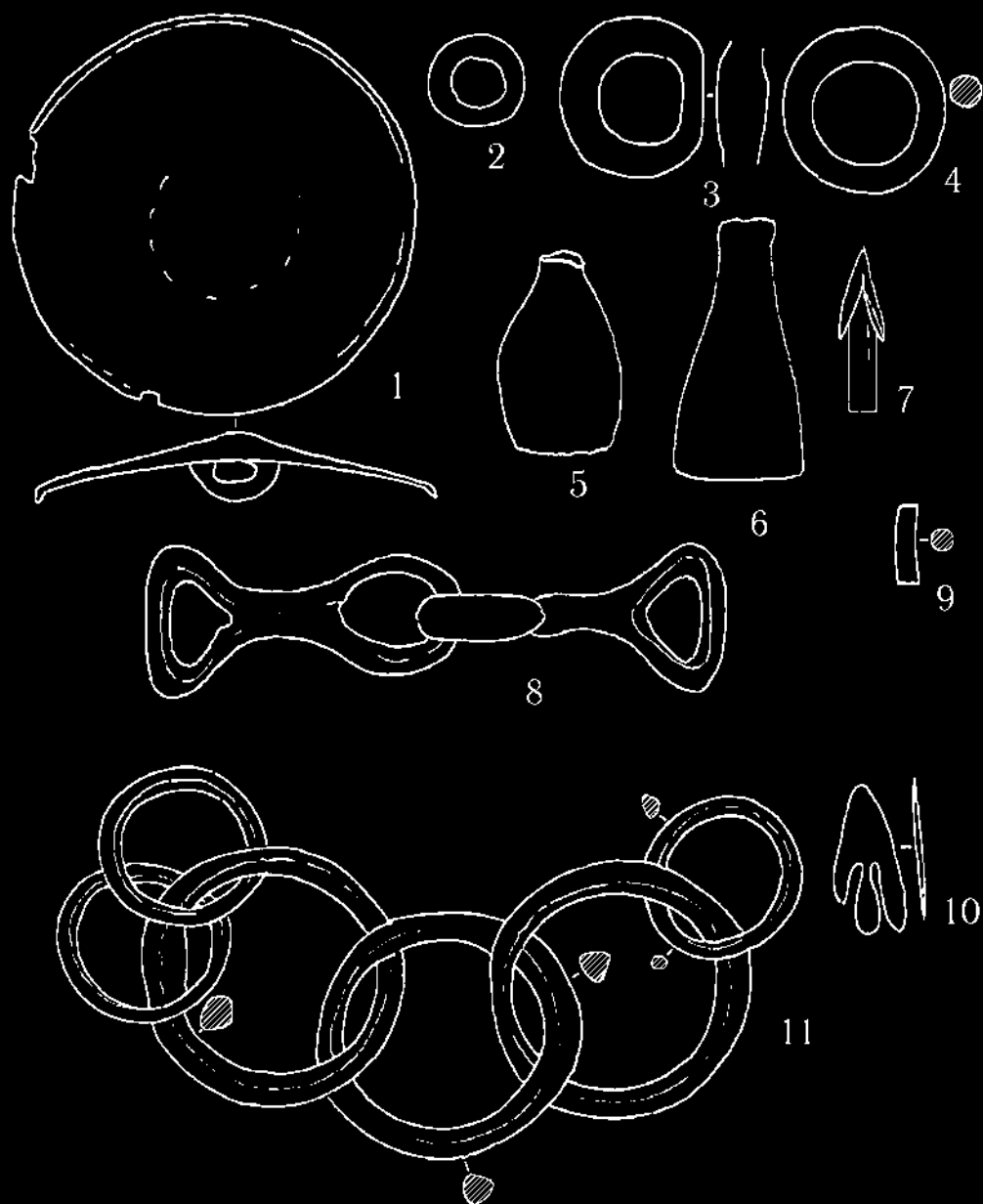


Рис. Е.22. Предмети озброєння та кінського спорядження з Гордіївки з позначеними місцями вирізаних проб для аналізу.

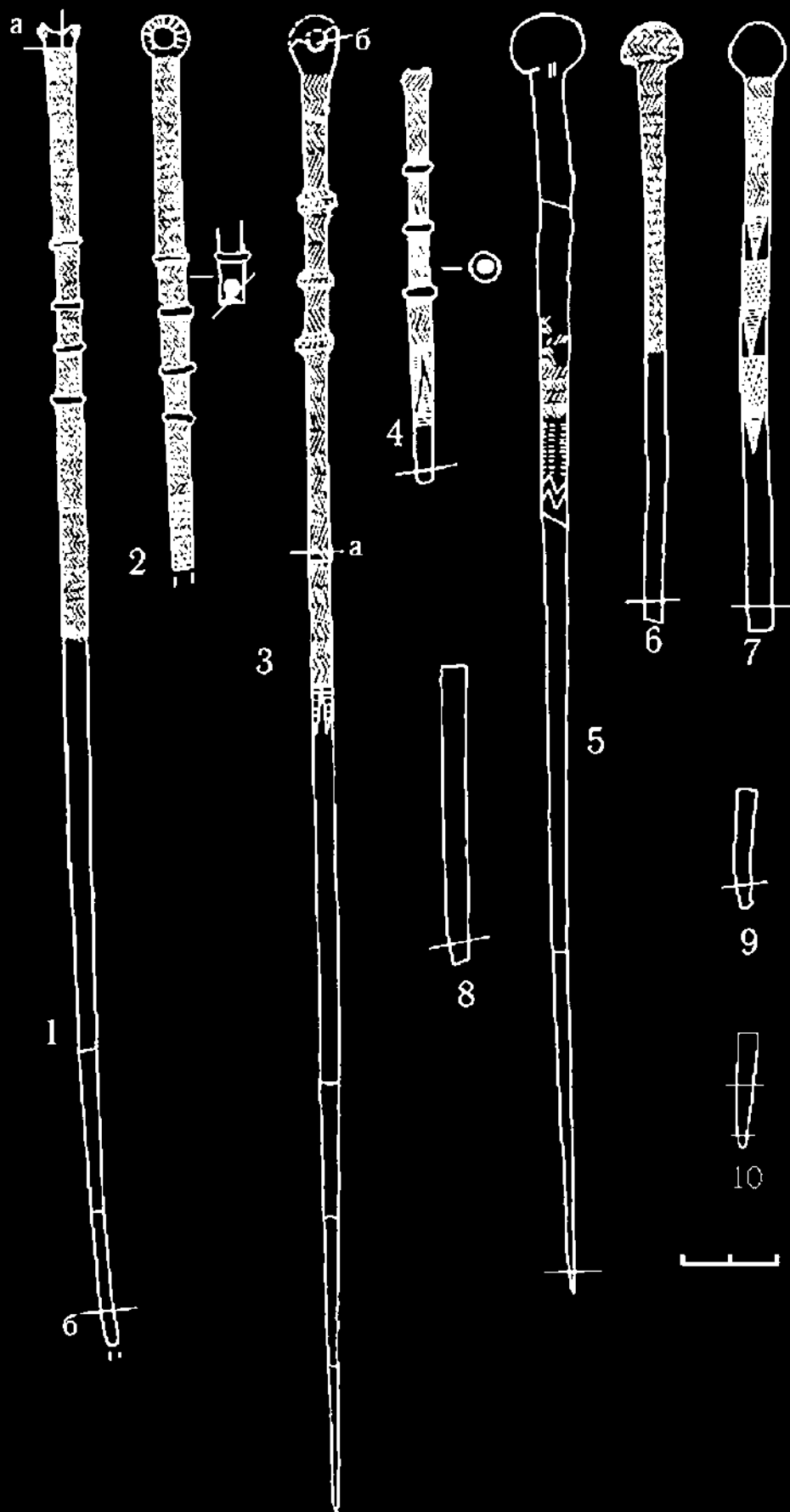


Рис. Е 24. Досліджені шпильки з Гордівки з позначенням місця вирізаних проб для аналізу.

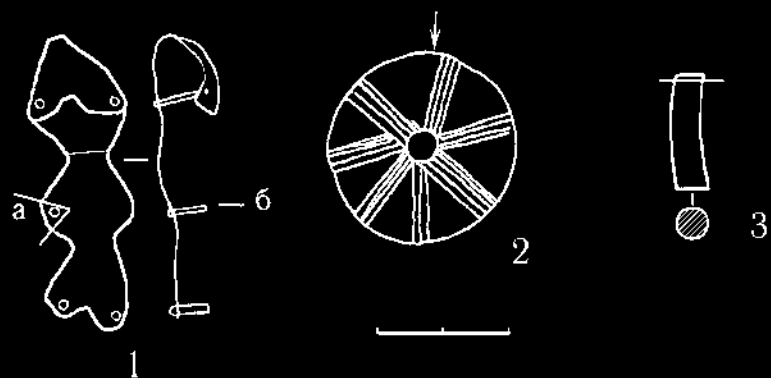


Рис. Е.25. Дрібні металеві вироби з Гордіївки.

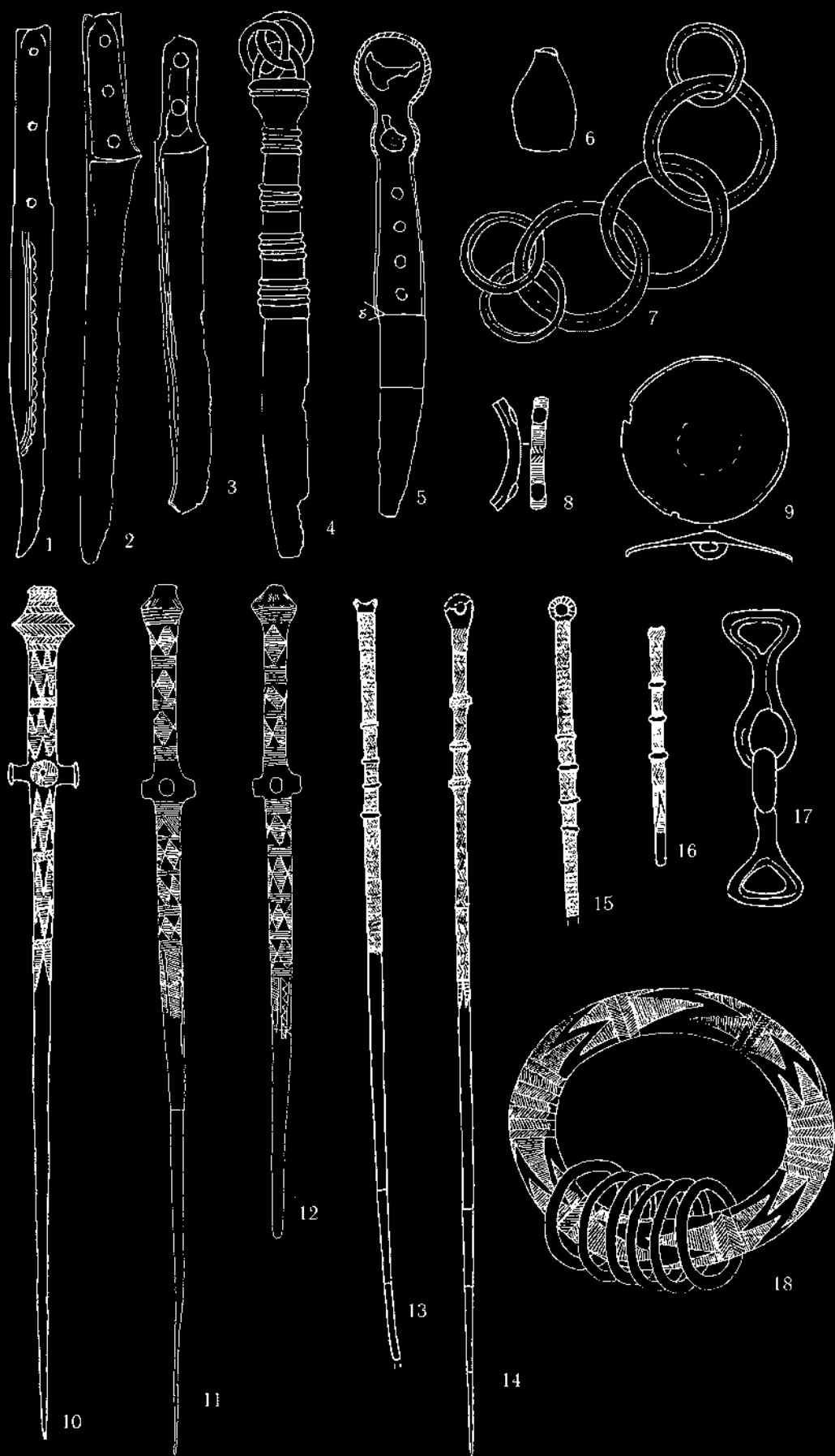


Рис. Е.27. Вироби вилиті за восковою моделлю

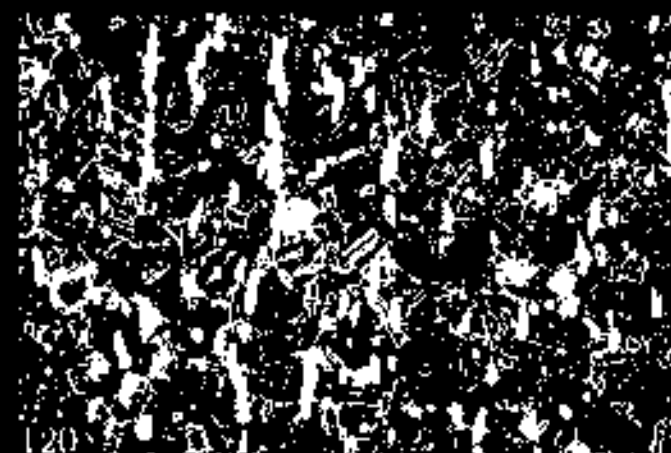
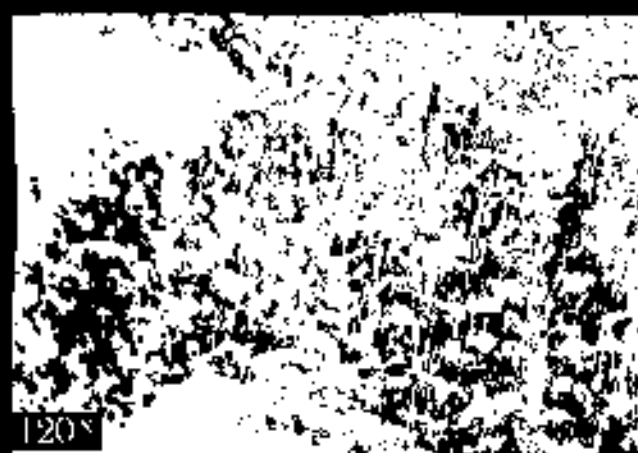
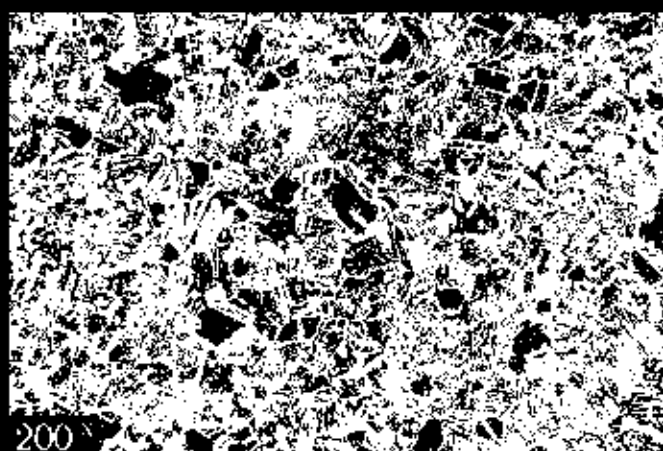
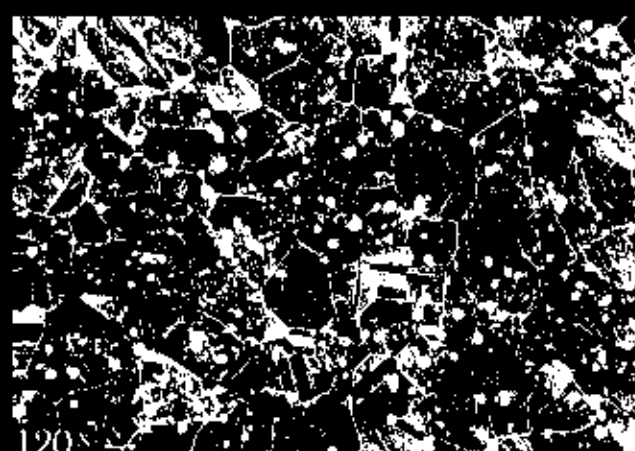


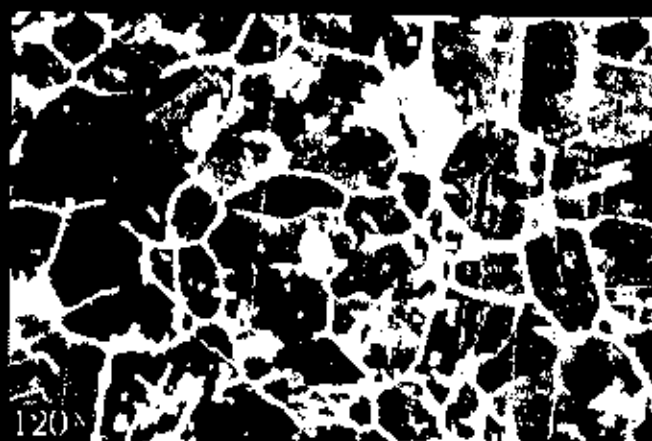
Рис. 2.43. Мікроструктури.



1



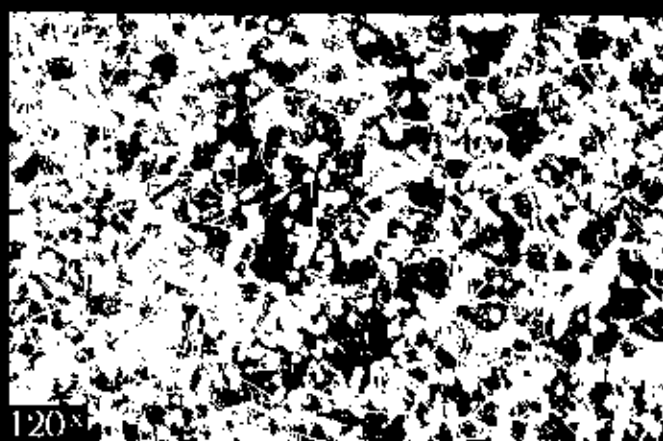
2



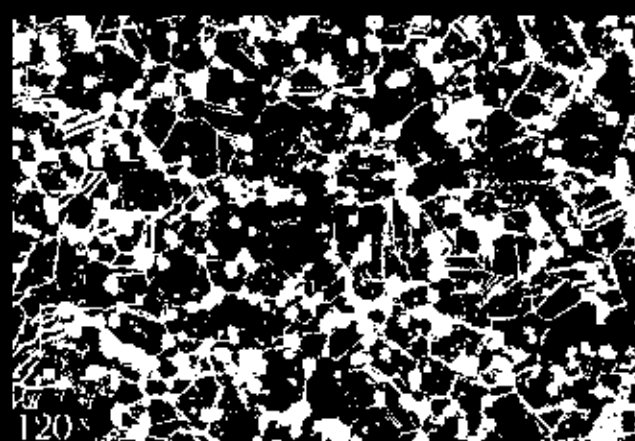
3



4



5

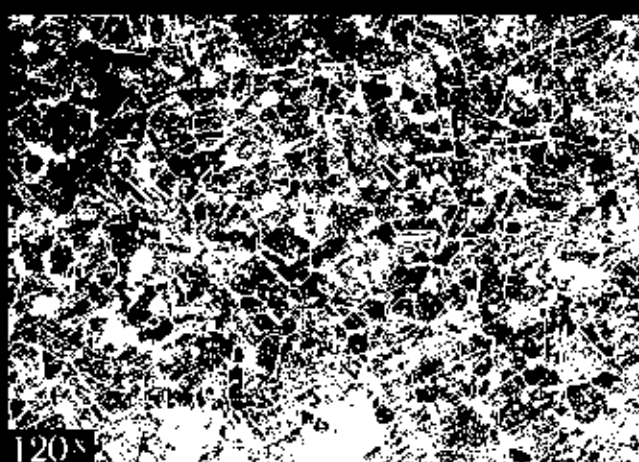


6

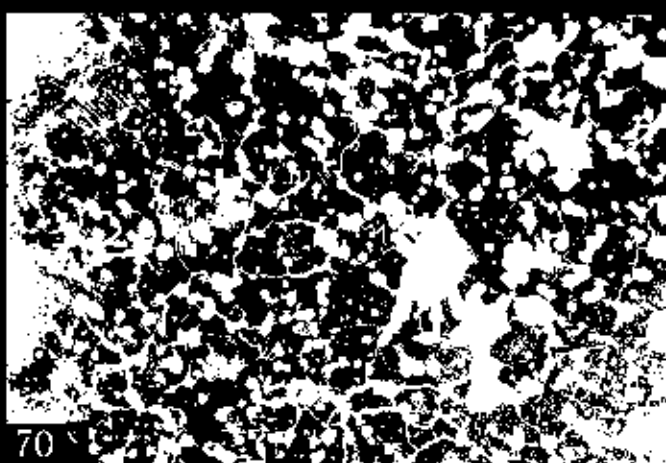
Рис. Е.44. Мікроструктури.



1



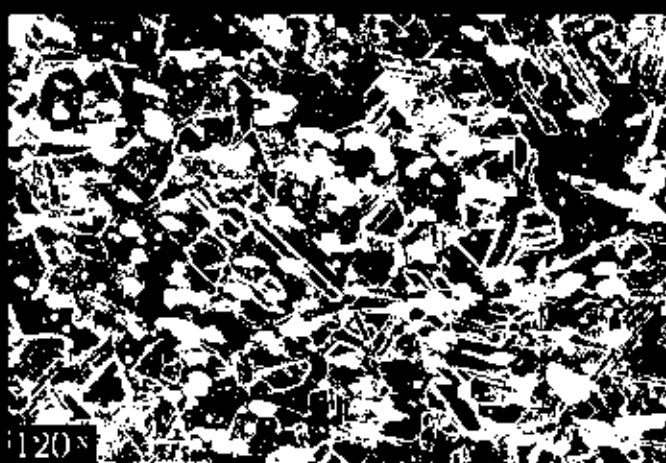
2



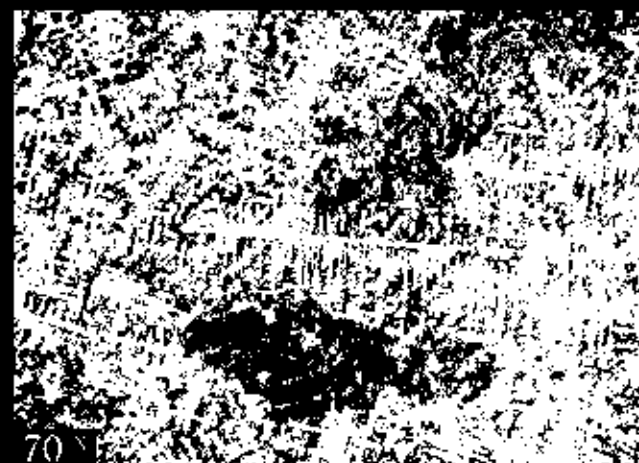
3



4



5



6

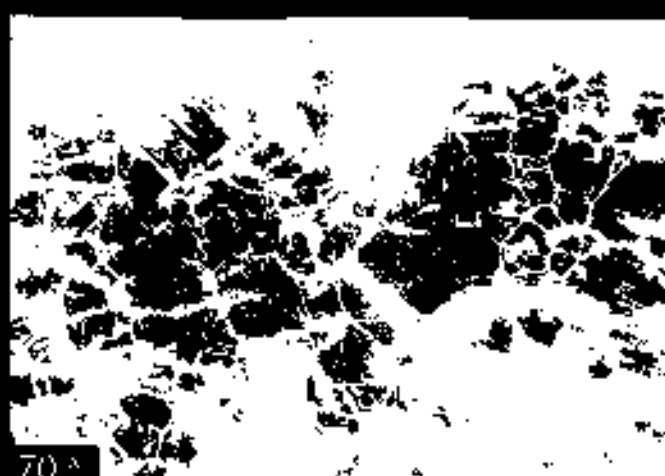
Рис. Е.45. Мікроструктури.



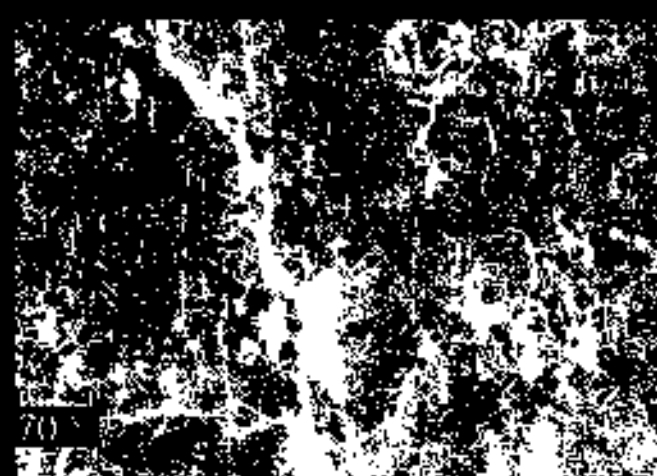
1



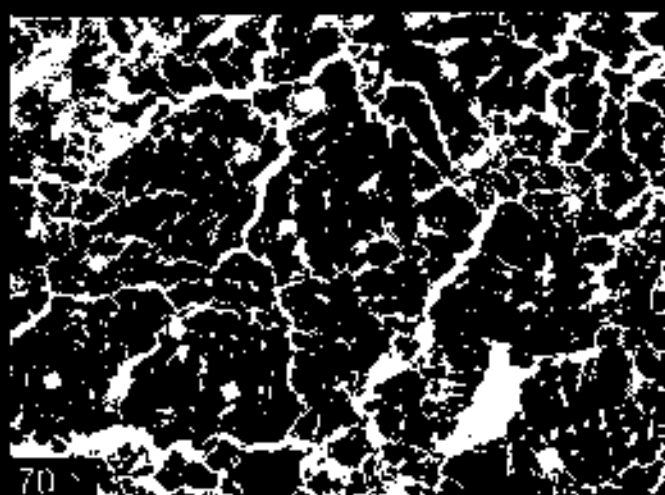
2



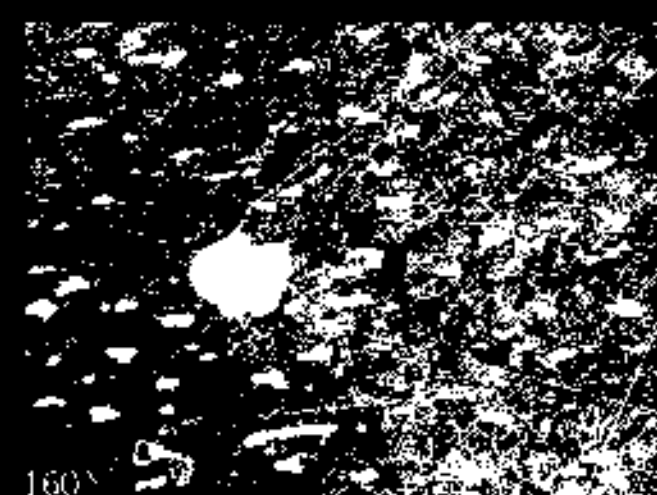
3



4

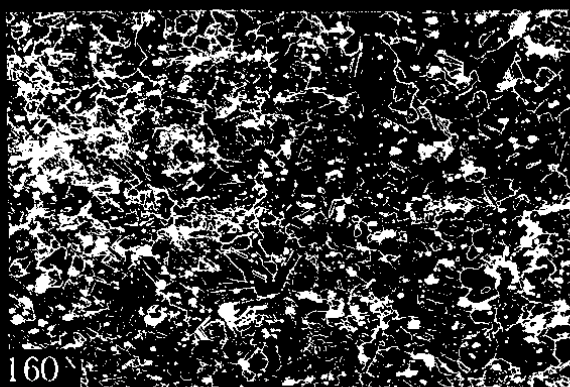


5

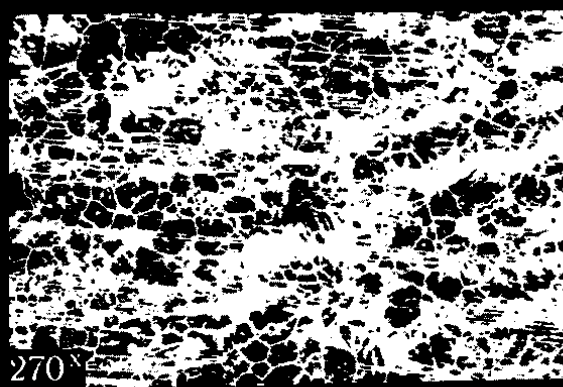


6

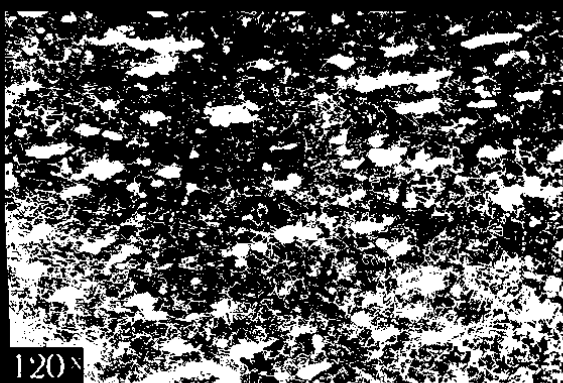
Рис. 1.45. Микроструктура.



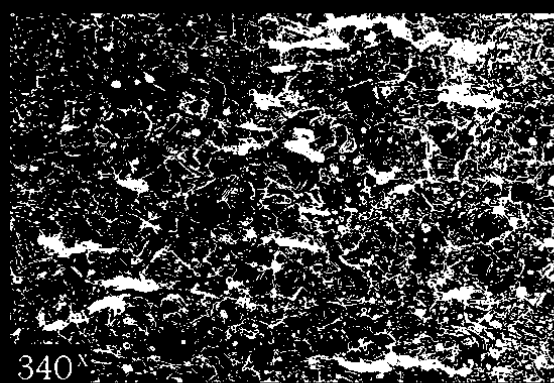
1



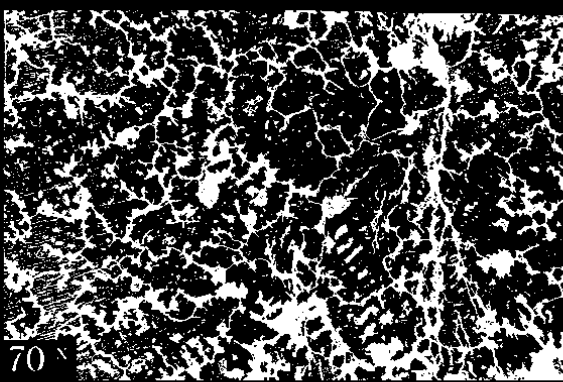
2



3



4



5

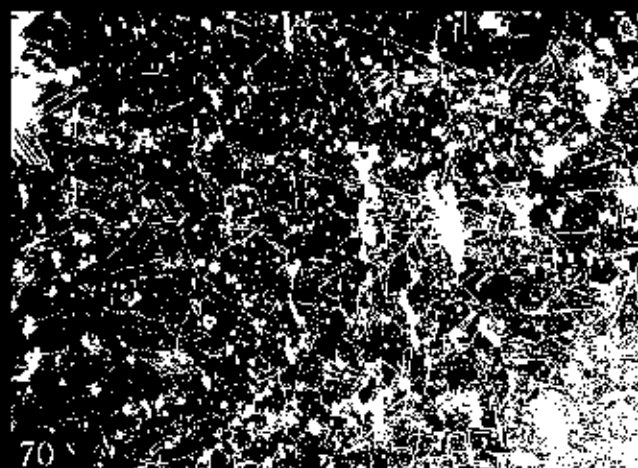


6

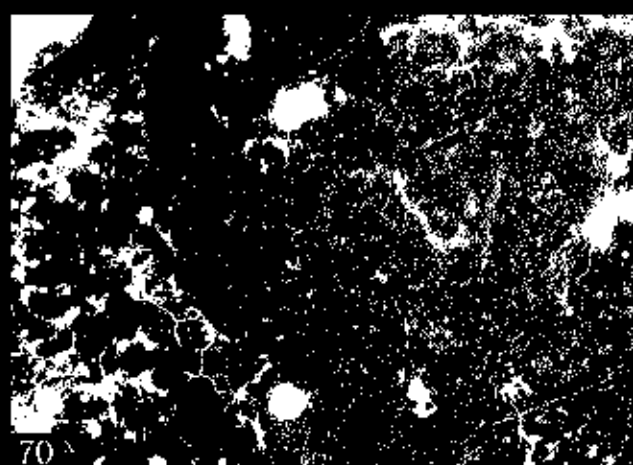
Рис. Е.47. Мікроструктури.



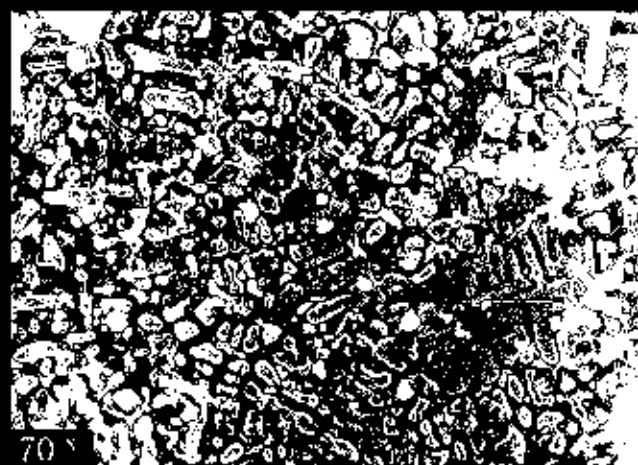
1



2



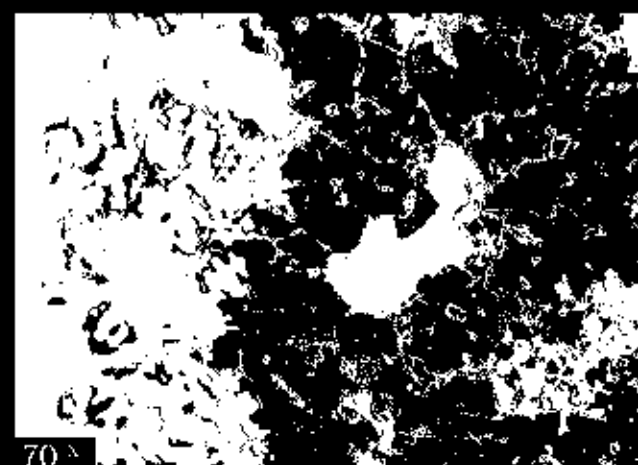
3



4

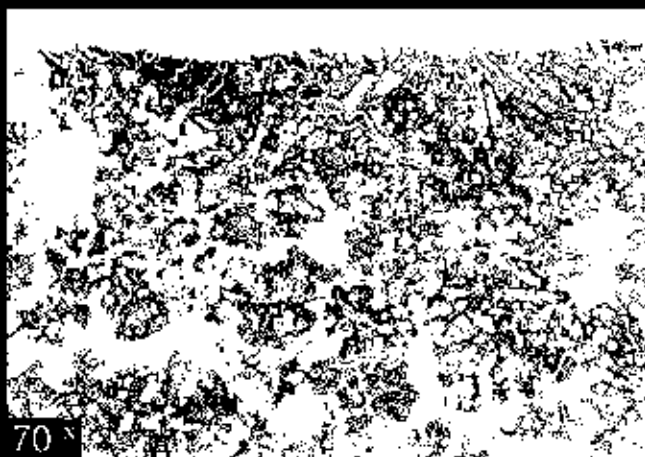


5

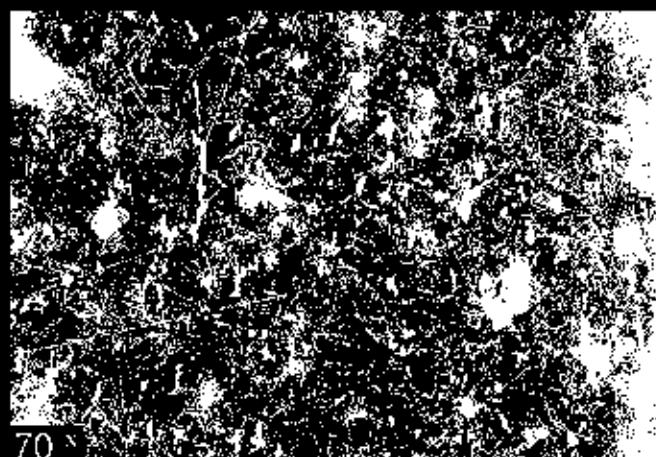


6

Рис. Е.48. Мікроструктури.



1



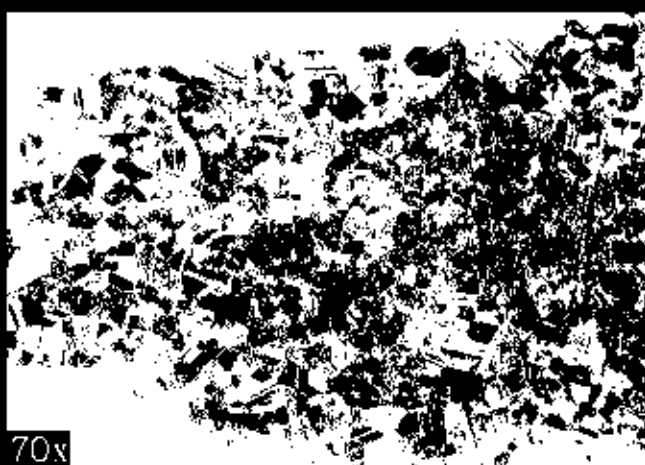
2



3



4



5

Рис. Е. 49. Мікроструктури.

Табл. ZZZZ

Розподілення категорій металевих виробів за технологічними схемами

Категорії металевих виробів	Технологічна схема									Не визн.	Всього виробів	Всього схем
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX			
Предмети побуту	5	3	6			4	4		3		25	6
Зброя				2		1					3	2
Деталі кінської вузди	3			7			1				11	3
Прикраси великі	1	1	13	11		4	7	2	2	4	45	8
Прикраси дрібні			2		4	1				1	8	4
Дрібні вироби			5	1			2				8	3
Всього	24	4	26	31	4	10	14	2	5	5	125	

Додати Бобрицю шпильки 2 шт.? - всього 24 із Бобр

Продовження

Гордіївка I – III (Вінницька обл.)

[illegible]

Гордіївка IV (Вінницька обл.)

%	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co
> 1										
0,1										
0,01										
0,001										

Лозівський скарб (Молдавія) [Черных, 1976]

%	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co
> 1										
0,1										
0,01										
0,001										

Новотроянівський скарб (Одеська обл.) [Черных, 1976]

%	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co
> 1										
0,1										
0,01										
0,001										

Продовження

Бецилівський скарб (Одеська обл.) [Черных, 1976]

[illegible]

Валя Русулуй (Молдавія) [Черных, 1976]

%	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co
> 1										
0,1										
0,01										
0,001										

Польща [Dąbrowski, Hensel, 2005. Хімічні групи Od, Oe]

[illegible]

Velem - Угорщина [Szabó, 1998, s. 169 - 172]

%	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co
> 1										
0,1										
0,01										
0,001										

Умовні позначення

Вміст: $> 1\%$ – цілі
0,1 – десяти долі %
0,01 – соті долі %
0,001 – тисячні долі %

Частота, з якою присутній хімічний елемент в групі металу



Переважає більшість



Мало



Рідко

Додаток Б

Характеристика технологічних схем

Таблиця Б.1.

Технологічні схеми

Схема	Технологічні параметри	Кількість
I	Відливання	24
II	Відливання + Холодне кування, деформація 20 - 40%, 60%	4
III	Відливання + Неповне гаряче кування, t° 400 - 500°C, деформ. 20-40%, 60-80%	27
IV	Відливання + Гаряче кування, t° 500-600°C, деформ. 40-60%; до 100%	31
V	Відливання + Гаряче кування, t° 600-700°C, деформ. 80-100%	4
VI	Відливання + Кування при передплавиль. t° 700°C, деформ. 60-80%	10
VII	Відливання + Холодне кування з відпалюванням, , t° 500-600, 700°C, деформ. 20-40%, 40-60%, 60-80%, 100%	14
VIII	Відливання + Високотемпературне відпалювання + напівгаряче кув. при t° 400-430°C; гаряче кування при t° 700°C, деформ. 60-80%	2
IX	Відливання + поєднання гарячого і холодного кування на різних ділянках виробу, деформ. 20-40%, 40-60%	5
Не встановлено		5
Всього		126

Таблиця Б.2.

Ливарні форми доби пізньої бронзи

Пам'ятки	Різновиди ливарних форм					
	Одноствулкові	Двостулкові		Одноразові за восковою моделлю		
		Закриті	Зі вставним сердечником	Зі вставним сердечником	Пустотіла	Воскова модель
Тшинецько- комарівські		2	1			
Ноа	1	1		1		1
Білогруд. часу Сер. Подніпр.	1	5				
висоцькі		2				1
НМІУ				2		
Гордіївка-I		2			1	3
Гордіївка-II				1		6
Гордіївка-III		1				1
Гордіївка-IV		1	1			4

Таблиця Б.4.

Розподілення знахідок, що пройшли металографічне дослідження за категоріями і пам'ятками

Пам'ятки	Категорії виробів						Всього
	П	Пв	Пд	В	З	Дв	
Войцехівка		1					1
Малополовецьке-3	1	8					9
Нетішин		3	2		1	1	7
Кормин		1					1
Воля-IV	2	1	1			2	6
Острівець	5	15	1			5	26
Петриків	2	4	2			1	9
Смордва		2					2
Вітачів		1					1
Литвинівка-1		1					1
Бобриця		2				3	5
Гордіївка	18	20	3	7	3	5	56
НМІУ					2		2
Всього							126

Таблиця Б.6

Частотна характеристика технологічних схем по Гордіївці

Хронологічні етапи	Технологічні параметри									Всього схем
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Гордіївка - I	3	1		5		3	3	1	1	6
Гордіївка - II	2	1	2	10		4	3	1	2	8
Гордіївка - III	2	1	1	1		1	1			6
Гордіївка - IV	4			2			1			3

Таблиця Б.7.

Частотна характеристика технологічних схем у часі

Хронологічні етапи	Технологічні параметри									Всього схем
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Тшинецько-комаровський	1		2	6	2	1	3		2	7
Гордіївка - I	3	1		5		3	3	1	1	6
Ноа	6	1	18	2	1		1			6
Гордіївка - II	2	1	2	10		4	3	1	2	8
НМІУ				2						1
Білогруд. час Полісся та Середнього Подніпров'я	3		3	1		1	1			5
Гордіївка - III	2		1	1		1	1			6
Висоцька	3		2	2	1		1			5
Гордіївка - IV	4			2			1			3

Таблиця Б.5.

Частотна характеристика технологічних схем

Пам'ятки	Технологічні параметри									Всього схем
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Тшинецько-комаровські	1		2	6	2	1	3		2	7
Ноа	6	1	18	2	1		1			5
Білогруд. час Полісся та Середнього Подніпров'я	3		3	1		1	1			5
Висоцькі	3		2	2	1		1			5
Гордіївка	11	3	3	18		8	8	2	3	8
НМІУ				2						1

Таблиця Б.8.

Розподілення категорій металевого інвентарю за варіантами кування з різними температурними умовами

Температурні умови обробки	Категорії виробів						Всього
	П	Пв	Пд	В	З	Дв	
Холодне кування	3	1					4
Неповне гаряче кування, t° 400 - 500°C	6	14	2			5	27
Гаряче кування, t° 500 - 700°C	8	15	4		3	5	35
Режим передплавильних t° ~ 700°C	4	4	1		1		10
Холодне кування з відпалюванням, t° 500-600, 700°C,	3	7		1		3	14
Відпалювання + напівгаряче кув. при t° 400-430°C; гаряче кув. при t° 700°C,		2					2
Відпалювання + поєднання гарячого і холод. кування на різних ділянках вир.	3	2					5

Таблиця Б.9.

Розподілення виробів із слідами ковальського браку за категоріями і технологічними схемами

Технологічні схеми	Категорії виробів					
	П	Пв	Пд	В	З	Дв
I	1	4				
II						
III	1	5				
IV	2	7			3	1
V						
VI	2	1				
VII		2				
VIII		1				
IX						
не визначені		1				

ДОДАТОК В

ТАБЛИЦІ СПЕКТРАЛЬНИХ АНАЛІЗІВ

Таблиця В.1.

Метал тшинецької та комарівської культур

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
72						>0,3		0,2	11	0,8		0,6					
73						>0,3		0,5	9,6	0,5		0,4					
74			3,3			>0,3			5,7	1,0		3,0					
75	0,08		0,03	0,06	0,02	0,3	0,06	0,5	14	0,07	0,02	0,6					—
98	0,03	0,004	0,01	0,1	0,004	>1	—	0,008	2,8	0,05	0,03	0,004	0,0001	0,3	0,1	—	
99	0,4	0,003	—	0,02	—	~1	—	0,03	1,1	0,04	0,01	0,0008	0,0001	0,4	0,1	—	
100	0,1	0,003	0,01	0,03	—	0,003	—	0,01	4,2	0,04	0,003	0,002	0,0001	0,4	0,2	—	
101	0,3	0,004	0,03	0,03	0,001	0,005	0,002	0,02	1,7	0,04	0,005	0,003	0,0002	0,8	0,4	0,1	
101a	0,5	0,003	0,02	0,02	0,002	0,001	0,004	0,02	0,3	0,04	0,003	0,003	0,0001	0,005	0,5	—	
102	0,1	0,003	0,02	0,1	0,006	0,001	—	0,07	>>1	0,03	0,005	0,003	0,0001	0,3	0,4	—	
103	0,1	0,005	0,01	0,03	0,002	0,05	—	0,03	>>1	0,05	0,005	0,003	0,0001	0,4	0,3	0,8	
104	0,15	0,005	0,02	0,002	0,0003	0,03	0,003	~0,1	4,7	~0,2		0,01	0,0001	0,02			~0,1
103a	0,55	0,01	0,2	0,02	0,002	0,05	0,006	0,6	7,3	>1		~0,2	0,0004	0,03			—
105	0,6	0,005	—	0,01	0,002	0,006	~0,01	0,6	9,0	>1		~0,01	0,0001	0,04			0,8
106	0,3	0,003	0,03	0,005	0,0003	0,003	0,005	0,15	9,1	0,5		0,02	0,0001	0,015			<0,1
107	0,01	0,02	0,5	0,003	~0,04	0,01	0,006	0,04	20,5	~1		0,15	0,0005	~0,1			0,6
108	0,01	0,01	0,015	0,03	0,0004	0,005	0,004	0,02	0,5	0,1		0,006	0,0003	0,015			~0,1

Закінчення табл. Б.1.

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
140	0,15	0,0002	0,005	0,03	0,01	0,015	0,02	0,6	2,624	0,543	0,003	0,6	–	0,06	0,0001		0,3
141	0,05	0,0001	–	0,02	0,02	0,03	0,005	0,4	8,545	0,787	0,0005	0,2	–	0,15	0,0001		0,6
122	124	–		0,004			0,01	0,03		0,4		0,015					
123	0,17	–		0,03	0,001		0,011	0,3	11,0	1,0		0,08					
124	0,450	–	0,07	0,035	0,005		0,03	0,63	3,8	0,8		0,25					
2460	0,13	–		0,015	–		0,003	0,30	3,50	0,20		0,035					
4519	0,3	–		0,02	0,001	–	–	0,4	6,5	0,6	0,001	0,25					
4522	0,35	–		0,004	0,0008		–	0,7	10,0	0,5	–	0,1					

Примітки. Аналізи проб № 72- 103 походять з Малополовецького; 75-з Войцехівки; 80- зі Сморгоні; аналізи проб № 104-108 – з Нетішина; 140 – 141– з Мошнів. Аналізи проб 4519, 4522- з Войцехівки; 2460- з Дитиничів; 122- 123- з Гуляй-Города; 124- Каневського повіту проведені у спектральній лабораторії РАН Е.Н. Черних.

Таблиця В.2.

Метал культури Ноа

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
92	0,02	0,01	0,03	~0,1	0,01	>3	0,001	~0,1	>3	–	0,1	0,1	–	~1	0,4	0,4	
93	0,576	0,006	0,03	0,066	0,2	0,065	–	0,701	2,950	–	0,03	0,2	–	>1	0,2	0,8	0,013
94	0,005	0,006	0,03	>1	~1	~3	–	>1	>3	–	0,03	~1	–	>1	0,1	0,8	
95	0,430	0,01	0,02	0,030	0,06	–	0,002	0,432	3,481	–	0,06	0,3	–	0,8	0,3	0,8	–
96	0,1	0,06	0,02		0,06	>>3	0,001		>3	–	>1	0,2	0,0002	>1	~1	0,7	
2012	0,5		–	0,008	?		0,02	0,45	9	0,16	–	0,055					
2008	0,3		–	0,04	0,001		0,012	1	8	0,3	–	0,03					
2010	237		–	0,04	0,007		0,015	0,19	11	0,18	–	1,0					
2006	0,8		–	0,05	0,009		0,01	0,15	15	0,08	–	0,7					
2005	0,7		0,04	0,008	0,0007		0,05	0,23	10	0,7	–	0,13					
241	0,08			0,0003			<0,003	0,16	4	0,08	–	0,004					
2011a	0,4			0,015	0,0035		0,015	0,2	9	0,2	–	0,15					
2016	0,6		–	0,002	-		0,04	0,14	7	0,22	–	0,1					
2007	0,6		–	0,005	0,0007		0,01	0,1	10	0,15	–	0,04					
2017	0,6		–	0,005	0,0007	–	0,04	0,3	5	0,3	–	0,04	–	0,003	–		
246	0,45			0,008	0,0009		0,02	0,17	6	0,3	–	0,08					
247	0,05			0,02	0,008		0,017	0,19	7,5	0,33	–	0,2					
248	0,9			0,0008			0,035	0,3	4,3	0,7	–	0,015					
2015	0,4		–	0,0035	-		0,018	1,9	3,5	0,35	–	0,004					
252	0,13		–	0,003	0,0008		0,02	0,35	9,5	0,2	–	0,04					
2018	0,6		–	0,006	?		0,025	0,23	9	0,35	–	0,045					
254	0,55		–	0,005			0,018	0,19	7,5	0,35	<0,001	0,05					

Продовження табл В.2.

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
255	0,22		–	0,035	?		0,018	0,9	4,7	0,35	–	0,04					
256	0,23		0,023	0,008	0,0017		0,14	0,4	4,3	0,7	–	0,15					
2014	0,4		–	0,0025			0,015	0,4	10	0,4	–	0,35					
258	0,55			0,004	0,003		0,01	0,13	6,5	0,17	–	0,35					
259	0,23			0,005	0,0004		0,008	0,9	9	0,4	–	0,045					
260	0,25			0,016	0,0025		0,01	0,18	4,7	0,35	–	0,13					
261	0,2			0,004	0,0008		0,012	0,65	8,0	0,24	–	0,1					
262	0,22			0,008			0,016	0,8	10	0,75	–	0,018					
264	0,2			0,004	0,0006		0,14	0,8	9,5	0,38	–	0,07					
277	0,0015		0,03	0,02	0,002		0,01		0,18	0,07	–	0,25					

Примітки. Аналізи з Острівця проведені у спектральній лабораторії РАН Е.Н. Черних [Черных, 1976].

Таблиця В.3.

Метал білогрудівського часу Полісся та Середньої Наддніпрянщини

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
97	0,1	0,003	0,02	>1	0,03	>3	–	0,08	3,3	0,06	0,05	0,004	0,0001	0,3	0,1	–	
119	0,01	–	0,04	0,006	0,003	0,3	0,05	0,1	>1	0,6	0,005	0,15	0,0001	0,01		<0,001	
142	0,496		0.008	0,143	0,003	0,06	0,005	0,299	7.609	0,298	0,0003	0,02	–	~0,01	–		0,3
143	0,004		–	0,01	0,0002	0,02	0,0003	0,01	0,15	0,2	0,0001	0,001	–	~0,01	–		–
144	0,05		–	0,01	0,001	0,01	0,001	0,3	~ 1	0,3	0,0003	0,005	–	0,04	–		0,2
145	0,08	0,0002	–	0,02	0,003	0,004	0,004	0,5	≥ 1	0,4	0,001	0,15	–	0,005	–		0,3
146	0,06	0,0002	–	0,05	0,004	0,006	0,001	1	≥ 1	0,5	0,0003	0,03	–	0,003	–		≥1
147	0,319		–	0,148	0,0004	0,01	0,002	0,123	7.442	0,225	0,0001	0,006	–	0,003	–		0,1
148	0,615		–	0,059	0,016		0,011	0,365	8,259	0,3		0,166					
149	0,1		–	0,126	–		–	0,256	2,014	1,358		–					

Закінчення табл. В.3.

158	0, 06		–	0, 09	0,001		–	0,3	0,2	–	–	0,001					
159	0,15		0,02	0,25	0,01		0,012	1	2	0,4	0,01	0,2					
160	0,15		0,025	0,05	0,008		0,01	1	3	0,1	?	0,3					
161	0,25		–	0,05	0,003		0,008	0,7	0,1	0,5		0,05					

Примітки. Аналізи 158 – 161 (Собківка); 2474- Сандраки [Черных, 1976. –С. 280, табл. 16]; аналізи 142 – 149 – Бобриця.

Таблиця В.4.

Метал висоцької культури.

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
84	0,1	0,002	0,04	>1	0,006	1	0,002	0,06	>3	—	0,01	0,1	0,0001	0,2	0,3	0,4	—
85	0,348	0,005	0,07	0,455	0,06	0,111	0,003	1,244	4,558	—	0,05	>1	0,0001	—	0,5	—	—
86	0,445	0,008	0,04	0,698	0,06	—	0,001	2,695	2,970	—	0,03	0,07	0,0001	0,3	0,4	—	—
87	—	0,003	0,07	-	0,06	0,060	0,001	0,005	10,612	—	0,05	0,1	0,0001	0,013	0,3	0,2	—
88	0,08	0,003	0,04	>>1	0,08	~1	0,001	~1	~3	—	0,05	0,1	0,0001	0,2	0,3	0,2	—
89	0,01	0,005	0,08	~1	0,003	0,3	0,004	0,5	~3	—	0,05	0,003	0,0003	0,3	0,3	0,4	—
90	0,492	0,01	—	>>1	0,08	0,052	0,004	0,910	6,632	—	0,03	0,1	0,0001	—	0,4	—	0,056
91	0,566	0,002	0,1	0,593	0,08	0,102	0,003	1,88	1,611	—	0,03	0,1	0,0001	0,003	0,4	—	—
82	0,444	0,005	—	0,957	0,1	0,027	0,001	3,279	4,024	—	0,03	0,2	0,0001	0,006	0,3	0,8	0,012
89	0,01	0,005	0,08	~1	0,003	0,3	0,004	0,5	~3	—	0,05	0,003	0,0003	0,3	0,3	0,4	
90	0,492	0,01	—	>>1	0,08	0,052	0,004	0,910	6,632	—	0,03	0,1	0,0001	—	0,4	—	0,056
91	0,566	0,002	0,1	0,593	0,08	0,102	0,003	1,88	1,611	—	0,03	0,1	0,0001	0,003	0,4	—	—
82	0,444	0,005	—	0,957	0,1	0,027	0,001	3,279	4,024	—	0,03	0,2	0,0001	0,006	0,3	0,8	0,012

Таблиця В.5.

Метал Гордіївки, 1-а група курганів (1500-1300 рр. до н. е.)

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
12	0,11		—	0,02	0,0014		0,014	0,1	13	0,36		0,081					
13	0,034		—	0,017	0,0014		~0,0069	0,1	7,1	0,32		0,05					
16	0,11		0,002	0,045	0,0017		0,017	0,1	10	0,39		0,059					
16а	0,11		—	0,055	0,0014		0,027	0,046	12	0,024		0,05					
16б	0,45		—	0,055	0,0022		0,042	0,092	15	0,32		0,059					
16в	0,41		—	0,009	0,0007		0,028	0,1	15	0,36		0,081					
18	0,038		~0,0054	0,0066	0,0077		~0,0069	0,24	13	0,43		0,35					
20	0,41		~0,0081	0,045	0,0029		0,027	0,32	11	0,39		0,17					
23	0,056		—	0,037	0,0014		0,053	0,092	8,5	0,58		0,059					
24	0,083		—	0,086	0,021		0,066	0,12	15	0,43		0,45					
28	0,28		—	0,13	0,0037		0,022	0,38	7,1	0,36		0,11					
29а	0,41		~0,0045	0,045	0,012		0,053	0,032	15	0,36		-,26					
29б	0,056		0,13	0,086	0,021		0,048	0,18	10	0,32		0,15					
31	0,11		0,26	0,11	0,019		0,014	0,092	13	0,19		0,23					
32	0,45		0,0054	0,11	0,0022		0,012	0,38	7,8	0,36		0,081					
45	0,41		—	0,086	0,0077		0,083	0,29	18	0,48		0,23					
46	0,45		—	0,055	0,021		0,059	0,51	21	0,63		0,45					
47	0,14		~0,0054	0,13	0,023		0,022	0,15	21	0,9		0,35					
48	0,12		0,01	0,045	0,017		0,014	0,12	8,5	0,52		0,35					
50	0,16		0,25	0,045	0,0037		0,024	0,15	11	0,43		0,15					
58	0,45		~0,079	~0,045	~0,54		~0,017	~0,83	~10	~0,52		1,3					

Продовження табл. В.5.

Гордіївка, 2-а група курганів (1300-1200 рр. до н. е.).

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
10	0,33		—	0,086	0,0042		0,019	0,29	15	0,43		0,13					
11	0,14		—	0,02	0,0014		0,0077	0,12	11	0,39		0,81					
14	0,22		—	0,045	~0,0009		0,042	0,2	15	0,39		0,15					
15	0,45		—	0,045	0,0025		0,027	0,26	13	0,39		0,17					
19	0,12		—	0,045	0,0033		0,022	0,24	13	0,36		0,11					
21	0,12		~0,0015	0,045	0,0069		0,017	0,2	5,4	0,36		0,2					
22	0,62		—	0,055	0,0077		0,017	0,65	13	0,52		0,2					
25	0,41		—	0,055	0,0042		0,012	0,29	13	0,36		0,81					
26	0,45		—	0,13	0,0097		0,014	0,26	15	0,36		0,3					
27	0,19		~0,0031	0,11	0,0097		0,53	0,15	13	0,36		0,23					
33	0,49		~0,0031	0,086	0,0029		0,0097	0,38	5,4	0,32		0,059					
39	0,16		~0,0081	0,13	0,017		0,022	0,68	16	0,39		0,26					
43	0,53		—	0,13	0,023		0,042	0,68	10	1,8		~0,11					
44	0,011		—	~0,0047	0,0097		~0,0054	~0,11	~7,1	~0,32		0,23					
51	~0,16		~0,0015	~0,055	0,0077		~0,038	~0,24	11	~0,39		0,17					
52	0,49		—	0,17	0,035		0,022	0,91	12	0,69		0,64					
54	0,49		—	0,037	0,023		0,017	0,24	7,8	0,39		0,55					
55	0,53		~0,0015	0,069	0,031		0,042	0,68	11	1,5		1,7					

Продовження табл. В.5.

Гордіївка , 3-я група курганів (1200-1100 рр. до н. е.)

42	0,41		~0,0031	0,086	0,0022		0,027	0,32	7,1	0,52		0,05					
49	0,12		~0,0023	0,055	0,019		0,012	0,15	15	0,48		0,55					
57	0,49		0,023	0,11	0,11		0,42	0,1	~25	0,32		0,45					
71	0,190		—	—	—		—	0,247	5,546	0,435		0,45					

Гордіївка , 4-а група курганів (1100-1000 рр. до н. е.)

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Al	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Ti	Na	P
62	—		—	0,220	—			1,782	0,468	0,219		0,421					
62a	—		—	0,007	—			0,427	5,610	0,203		0,737					
62b	0,007		—	0,932	0,039			2,177	—	0,396		—					
63a	0,6	0,0001	0,3	0,5	0,015	0,2	0,015	>1	>>1	>1	0,005	0,06	0,0006	0,03			—
63b	0,55	0,0001	0,2	>=1	0,05	0,2	0,006	1,044	5,522	>1	0,01	0,1	0,0002	0,03			—
64	0,336		-	0,539	—			1,148	4,672	0,083		0,612					
65	0,131		0,409	0,334	—			1,137	1,321	0,308		0,226					
66	-		0,372	0,685	—			1,175	5,351	0,142		0,634					
67	0,005		-	0,534	—			2,739	12,612	0,236		3,437					
68	0,138		0,564	0,04	—			0,568	3,23	0,138		0,856					

Таблиця В.6.

Київський Держ. Музей Історії України, місце знахідки невідоме.

Ан	Ni	V	Zn	Ag	Bi	Co	Sb	Sn	As	Mn	Pb	Mo	Ca	Na	P
1701	~0,2	0,0001	-	0,005	0,002	0,03	0,02	≥1	≥1	0,5	0,0003	~0,1	-	0,03	
1702	0,2	0,0005	-	0,006	0,004	0,3	0,015	≥1	≥1	0,6	0,003	0,1	-	0,04	
	0,005	0,0005	-	0,005	0,005	1,2	0,005	0,05	≥1	0,4	0,001	0,01	-	0,06	

Таблиця 3.

Схема



Додаток А
Металографічні характеристики досліджених виробів

Таблиця А.1.

Металографічні характеристики виробів тишинецько-комарівської КІС

№ Аналізу	Виріб	Паспорт	Технологія виготовлення						Місцезнаходження шліфа	Примітки
			Мікротвердість кг/мм ²	Ливарна форма	Доробка куванням	t° режим кування	Ступінь обтиску %	Нанесення орна- менту		
79	Браслет	Кормин	161,2		формува- льне	700°C			на попе- речному перетині	
75	Браслет	Войцехівка	на дроті-109,2 на щитку-116,8		формува- льне, на жолобчас- тому ковадлі	600°C	60 – 80%		на попе- речному перетині; поліров-ка на щитку	тріщини
107	Наконечн. списа	Нетішин к. VIII	221,75	роз'ємна кам'яна					на втулці	загартовано у воді
104	Шпилька	Нетішин к. VIII	149,1	двостулко ва	+				на шляпці	
105	Браслет	Нетішин к. VIII	174,5		формува- льне	невисока	до 80%		на поздов- жньому розрізі дроту	
106	Браслет	Нетішин к. VIII	226,1		формува- льне, на жолобчас- тому ковадлі	невисока	до 80%		поздовж- ньому розрізі	
108	Пронизка	Нетішин к. VIII	92,9		вільне, формува- льне	600- 800°C			на попе- речному перетині пластини	

Продовження таблиці А.1.

109	Пронизка	Нетішин к. VIII	95,6		вільне, формува- льне	600- 800°C			на попе- речному перетині пластини	
103	Виріб невідомого призна- чення	Нетішин к. VIII	175,8		вільне, формува- льне	низько- темпера- турне відпа- лювання	80%		на поздов- жньому перетині вужчого кінця	
72	Браслет	Малополо- вецьке-3 компл.1 пох.1	171,2		формува- льне, на жолобча- стому ковадлі	по нагрі- тому металу	до 80%		на поздов- жньому перетині дроту	
73	Браслет	Малополо- вецьке-3 компл.1, пох.1	152		формува- льне, на жолобча- стому ковадлі	по нагрі- тому металу	до 80%		на поздов- жньому перетині дроту	
101	Браслет	Малополо- вецьке-3 компл. 7а, пох. 68	116		формува- льне	по гаря- чому металу	значна		на поздов- жньому перетині дроту	
100	Браслет	Малополо- вецьке-3 компл. 7а, пох. 63	164,4		формува- льне, на жолобча- стому ковадлі з трикут- ним перерізом	проміжко- ві відпа- лювання до 600°C	60 – 80%		на поздов- жньому перетині дроту	тріщинки

Закінчення таблиці А.1.

99	Гривна	Малополо- вецьке-3 компл.7а, пох. 63	188,6	нагріта	вільне, форму- вальне	600°C	100%		на поздов- жньому перетині дроту	
74	Шпилька	Малополо- вецьке-3 компл.1, пох.1	158	двостул- кова	вільне, форму- вальне	600°C	20%		на голівці	тріщина "червоноламкості"
98	Шпилька	Малополовець ке-3 компл. 7а, пох. 72	208	теплопро- відна	вільне, форму- вальне	проміжко- ві відпа- лювання, не нижче за 600°C			на голівці	
102	Шпилька	Малополо- вецьке-3 компл.7а, пох.63	162,4		вільне, форму- вальне стрижня					
81	Ніж	Малополо- вецьке-3 компл.4, пох.15	110		вільне	гаряче	40%		на попе- речному перетині	

Таблиця А.2.

Металографічні характеристики виробів культури Ноа

№ Аналіза	Виріб	Паспорт	Технологія виготовлення						Місцезнаходження шліфа	Примітки
			Мікротвердість кг/мм ²	Ливарна форма	Доробка куванням	t° режим кування	Ступінь обтиску %	Нанесення орнаменту		
82	Ніж	ТКМ	на лезі - 129; у центрі - 82,7; на спинці - 115,	однобічна теплопровідна (кам'яна?)	вільне	600°C	20 - 40%		на поперечному повному перетині	
92	Браслет	Воля-IV	132,4	двобічна теплопровідна		не перевищу вала 600°C.			на поперечному перетині	нетривале нагрівання
93	Шпилька ?	Воля-IV	133,5	нетеплопровідна	вільне	проміжкові відпалювання - до 600°C			на поздовжньому перетині вістря	
94	Долотце ?	Воля-IV	174,8		вільне	до 600°C	до 60%		на поздовжньому перетині	завершення кування по остиглому металу
95	Гачок до одягу	Воля-IV	107,4		фігурне ковадло (чи волочильна дошка?)	гаряче	60-80%		на поздовжньому перетині	
96	Підвіска	Воля-IV	116,4		формує	вища за 600°C	до 80%		на поздовжньому перетині	

Таблиця А.3.

Металографічні характеристики виробів білогрудівського часу

№ Аналізу	Виріб	Паспорт	Технологія виготовлення						Місце-знаходження шліфа	Примітки
			Мікротвердість кг/мм ²	Ливарна форма	Доробка куванням	t° режим кування	Ступінь обтиску %	Нанесення орнаменту		
78	браслет	Смордва	114		формувальне, на жолобчастому ковадлі	700°C				
80	шпилька	Смордва	132,5		вільне, формувальне	по холодному у металу із проміжковим нагріванням	значний		а) на голівці б) на кінці голки	
119	браслет	Вітачів	139,3	двобічна роз'ємна	вільне, формувальне		сильно деформація		на кінці виробу	вторинне нагрівання (?)
97	шпилька	Литвинівка-1	а) 125,4 б) 127	роз'ємна кам'яна	вільне,	близько 600°C	незначний		а) в основі голівки; (б) на кінці стрижня	
142	шпилька	Бобриця	179,4	однобічна кам'яна з кришкою	вільне, формувальне	400 – 500°C	20 - 40%.		на вістрі	ковальський шов
147	шпилька	Бобриця	108,4	двобічна роз'ємна кам'яна	вільне, загострення вістря	400 – 500°C	20 – 40		на вістрі	

Таблиця А.4.

Металографічні характеристики виробів висоцької культури

№ Аналізу	Виріб	Паспорт	Технологія виготовлення						Місцезнаходження шліфа	Примітки
			Мікротвердість	Ливарна форма	добробка куванням	t° режим кування	Ступінь обтиску %	Нанесення орнаменту		
91	Шило	Петриків	від 114,3 до 180,8		формувальне	невисокий	значний		на позовжньому перетині розплеканого кінця	зміцнювальний характер деформації виробу
90	Бритва	Петриків	лезо-127,5-170,3 руків'я-10,8 шляпці-від 101,7 до 193,2	двостулкова	формувальне кування всієї робочої частини	до 600°C	значний		на поперечному перетині леза, на руків'ї, на шляпці виступу	зміцнювальний характер деформації леза
84	Браслет	Петриків	112	глиняна двоскладова	—	—	—	—	на поперечному перетині	перегрітий метал
85	Браслет	Петриків	110	глиняна	—	—	—	по нагрітому металу	на поперечному перетині	воскова модель
88	Браслет	Петриків	100,6	глиняна двоскладова	—	—	—	—	на поперечному перетині	полірована поверхня

Закінчення табл. А.4.

86	Голка фібули чи шпильки	Петриків			вільне	біля 600°C	20 - 40%		на поздо- вжньому розрізі	завершення кування по холодному металу
87	Завиток	Петриків	136,4		на жолоб- частому ковадлі	нижче 600°C	60 - 80%		на поздо- вжньому розрізі	тріщини
89	Завиток	Петриків	130			вища 600°C	60 - 80%		на поздо- вжньому розрізі	завершення кування по остигаючому металу
83	Дріт (тримач волосся)	Петриків	129,6		на жолоб- частому ковадлі з наклад- кою	при високих темпера- турах	до 80%		на поздо- вжньому розрізі	

Таблиця А.5.

Металографічні характеристики виробів із Гордіївки

№ Аналізу	Виріб	Паспорт	Технологія виготовлення						Місце-знаходження шліфа	Примітки
			Мікро-твердість кг/мм ²	Ливарна форма	Доробка куванням	t° режим кування	Ступінь обтиску %	Нанесення орнаменту		
21	Ніж	к. 13	лезо - 267 черенок - 173	глиняна		проміж-кове відпалювання	60%		лезо, черенок	
22	Ніж	к. 7	лезо - від 128,5 до 170; руків'я - 85,6; біля отвору-102,7	глиняна	+	холодне	20-40%		лезо, руків'я; отвір під заклепку	
23	Ніж	к. 6	176,5		+	~700°C	40-60%		лезо	за восковою моделлю
24	Ніж	к. 24	лезо -135,2; біля руків'я-117,9		+	проміж-кове відпалювання	незначний		лезо, перехід леза у руків'я	тріщини
25	Ніж	к. 19	лезо -87,1; спинка -116,5; черенок - 217,3	глиняна	+	~700°C - леза; холод.-спинка	на лезі-40%		лезо, спинка, черенок	у холодному стані проковано спинку та черенок
26	Ніж	к. 18	лезо-118,8- 184,5; руків'я- 144,45	глиняна	+	невисокий	20-40%-лезо	по холодному металу	лезо, руків'я	у холодному стані проковане руків'я

Продовження табл.А.5.

27	Ніж	к. 15	194		+	проміж- кове відпалю- вання	60-80%	по нагрітому металу	лезо	
28	Ніж	к. 28	лезо-100,5; спинка-85,6; черенок- 185,8		+	холодне леза	30-40% - леза; 60% - черенок		лезо, спинка, черенок	
29	Ніж	к. 26	лезо-105- 236; руків'я - 105,7		+	проміж- кове відпалю- вання	~80%		лезо, руків'я	за восковою моделлю
60	Ніж	к. 38	стик руків'я -95,8- 128 руків'я-116-160	глиняна	+		незначна	по холод. металу	лезо, черенок	біметалевий; бронзове руків'я долите
30	Проколка	к. 21	105		форму- вальне	~700°C	70-80%			
42	Проколка	к. 31	154		форму- вальне	700°C	60-80%			зміцнення холод- ним куванням із деформ. 20-40%
31	Долотце	к. 27	162,3		форму- вальне	~700°C	70-80%			зміцнення холодним куванням
32	Долотце	к. 28	135		форму- вальне	~600°C	70-80%			

Продовження табл. А.5.

33	Долотце	к. 15	181		форму- вальне	600°C	60-70%			зміцнення холод- ним куванням із деформ. 20-40%
37	Долотце	к. 18	130,3		форму- вальне	600°C	60-70%			зміцнення холодним куванням
39	Долотце	к.. 21	сплощений кінець- 197,7; загострений- 248,2		форму- вальне	~700°C	60-70%		на сплю- щеному кінці; на загостр. кінці	зміцнення холодним куванням
40	Долотце	к. 21	222		форму- вальне	~600°C	60-80%		ближче до сплю- щеного кінця	зміцнення холодним куванням
51	Стилет	к. 16	170,5	глиняна	+	700°C	60-90 %			віддита за воск. моделлю
67	Наконечн. стріли	к. 35	135	кам'яна ?					на попе- речному перетині втулки	
65	Наконечн. стріли	к. 34	172		+	600°C	20 – 40%		на поздо- вжньому розрізі шипа	дрібні тріщинки
63	Двочастинні вудила	к. 34	135	глиняна					на попе- речному перетині	

Продовження табл.А.5.

62	Трикіль-часті вудила	к. 37	60	глиняна					на попе- рчному перетині одного кільця	доливання деталей за восковою моделлю
57	Дзвоникоподі бна підвіска	к. 31	212,8	глиняна двостул- кова	—		—		на поздо- вжньому перетині нижньої частини	зі вставним сердечником
71	Дзвоникоподі бна підвіска	к. 38	174	глиняна двостул- кова	—		—		на поздо- вжньому перетині нижньої частини	за восковою моделлю
52	Кільце від упряжі	к. 5	105,3	двостул- кова		700°C			на попе- рчному перетині	неповне гомогенізаційне відпалювання
58	Кільце від упряжі		211	двостулко ву					на предметі	
64	Кільце від кінської вуздечки	к. 34	86,4	глиняна двостул- кова					на попе- рчному перетині	
66	Бляха від кінської вуздечки	к. 34	173	одноразо- ва глиняна	+	проміж- кові відпалю вання	40 – 60%			за восковою моделлю
10	Браслет	к. 16	114 - 116		форму- вальне		60 - 80%		на попе- рчному і на поздо- вж. пере- різах	стиснення пружини на щитках в холодному стані ?

Продовження табл.А.5.

11	Браслет	к. 16	155		форму- вальне	600°C	60 - 80%	по холод. металу	на поздо- вжньому перетині дроту	стиснення пружини на щитках в холодному стані
12	Браслет	к. 6	140		форму- вальне	600- 700°C	до 80%		на заго- стр. кінці дроту	стиснення пружини на щитках в холодному стані
13	Браслет	к. 6	96,1		форму- вальне	600°C	80%		на поздо- вжньому перетині дроту	
14	Браслет	к. 16	193		форму- вальне	до 600°C	60 - 80%	по холод. металу	на попе- речному перетині дроту	
15	Браслет	к. 9	112,2-128	глиняна	—	гомогені заційне відпалю вання 700°C	—	по холод. металу	на попе- речному перетині	
50	Браслет	к. 6	230		форму- вальне	600- 700°C	60 - 80%		на поз- довжн. перетині загостре- ного кін- ця дроту	стиснення пружини на щитках в холод.стані
69	Браслет	к. 38	кг/ мм ² 141		форму- вальне	гаряче	60 - 80%	по холод. металу	на поз- довжн. перетині дроту	

Продовження табл.А.5.

54	Каблучка	к. 9	193		форму- вальне	700°C	~80%		на поз- довжн. перетині дроту	
55	Каблучка	к. 9	151		форму- вальне	~600°C	~80%		на поз- довжн. перетині дроту	
18	Шпилька	к. 24			+	невисо- кий	форму- вальний			
19	Шпилька	к. 16	вістря - 178,2; вушко - 95,6	глиняна	+	гомогені заційне відпалю- вання	невис.		на поз- довжн. перетині вістря; на попе- речному перетині вушка	вилита за восковою моделлю
20	Шпилька	к. 6	189,3		+	проміж- кове відпалю- вання	70-80 %	по холод. металу	на поз- довжн. перетині	
43	Шпилька	к. 11	193,3	глиняна	+	невис.	40-60 %	по холод. металу	на поз- довжн. перетині	вилита за восковою моделлю
44	Шпилька	к. 16	144,3		+	700°C	60-70 %		на поз- довж. перетині вістря	тріщини красноламкості; зміцнення холод. куванням зі сту- пенями обтис- кання 20- 40 %.

Продовження табл.А.5.

45	Шпилька	к. 24	133,6		+	невисокий	40-60 %		на поздовжн. перетині	тріщини "червоноламкості"
46	Щпилька	к. 26			+	невисокий	60-80 %			тріщини
47	Шпилька	к. 27	145,7	глиняна	+	високий		по нагр. металу	на поздовжн. перетині	тріщини красноламкості; воск.модкль ?
48	Шпилька	к. 27	на голівці-102,2; на вістрі- 141	глиняна	+	600°С	60-80 %	по холодному мет.	на поперечному перетині голівки ; на поздовжн. перетині вістря	зміцнення вістря; тріщини красноламкості
49	Шпилька	к. 31	153,2		+	гомогенізація та проміжкове відпалювання		по холодному мет.	на поздовжн. перетині	зміцнення вістря
58	Кільце	к. 23	211	глиняна двостулкова					на предметі	
16	Кільце від "музичного" інстр.	к. 28	127	глиняна	—				на. поперечн. перетині	доливання за воск. моделлю

Закінчення табл. А.5.

56	Оббивка дерев'яної чаші	к. 21	пластина -153,3; цвяшок- 197,4		+	невисока	пластина - 20 – 40%		на пластині; на цвяшку	
59	Диск	к. 31	173	глиняна (?)				по холод- ному мет.	на предметі	
68	Стрижень	к. 35	138		формува- льне ку- вання	невисока	60 – 70%		на поз- довж. перетині	

Таблиця А.6.

Металографічні характеристики стилетів із НМІУ

№ Аналізу	Виріб	Паспорт	Технологія виготовлення						Місце- знаход- ження шліфа	Примітки
			Мікро- твердість кг/ мм ²	Ливарна форма	Доробка куванням	t° режим кування	Ступінь обтиску %	Нане- сення орна- менту		
117	стилєт	НМІУ	128,0 204,4 - на вістрі	одноразо- ва глиняна	направле- не на ви- тягуван- ня, зміц- нення вістря	500-600°C	60 – 70%	по нагріто- му металу	на попере- чному пе- ретині тулуба і на вістрі	вилито за восковою моделлю. Велика кількість Cu ₂ O та пор
118	стилєт	НМІУ	95,4 161,4 -на вістрі	одноразо- ва глиняна	направле- не на ви- тягуван- ня, зміц- нення вістря	500-600°C	40– 60 %	по нагріто- му металу	на попере- чному пе- ретині тулуба і на вістрі	вилито за восковою моделлю. Велика кількість Cu ₂ O та пор