

## АРХЕОЛОГИЯ

# МЕТАЛЛУРГИЯ И МЕТАЛЛООБРАБОТКА В ЖИЗНИ ОБИТАТЕЛЕЙ УКРЕПЛЕННОГО ПОСЕЛЕНИЯ УСТЬЕ 1<sup>1</sup>

Н.Б. Виноградов\*, А.Д. Дегтярева\*\*, С.В. Кузьминых\*\*\*

*Опубликованы материалы, полученные в процессе исследования укрепленного поселения Устье 1 рубежа III–II тыс. до н.э., связанные с металлопроизводством. На основании морфолого-типологического исследования цветного инвентаря, результатов атомно-эмиссионного спектрометрического, спектрального и металлографических анализов произведена культурная идентификация синташтинского и петровского металла. Обобщение аналитических данных позволило выявить четкую корреляцию химико-металлургических групп (сплавов) и технологических схем изготовления цветного инвентаря. Изделия, входившие в группы «чистой» меди, оловянной, частично оловянно-мышьяковой бронзы, связываемых нами с петровским металлопроизводством, получали по традиционным схемам, присущим петровским технологическим процессам. Предметы из низколегированной мышьяковой бронзы изготавливали по схемам, которые являлись индикаторными для синташтинской металлопроизводства. Приведенные данные об артефактах, обнаруженных при исследовании культурного слоя памятника, связанных с металлопроизводством, свидетельствуют об особо значимой роли металлургии и металлообработки в жизни его обитателей.*

**Эпоха бронзы, Южное Зауралье, металлопроизводство, поселение Устье 1, морфология металла, анализ состава меди и бронз, металлографический анализ.**

Среди памятников рубежа III–II тыс. до н.э. Южного Зауралья особое место принадлежит укрепленному поселению Устье 1, в процессе исследования которого в 80-е гг. XX в. обнаружены уникальные и обширные коллекции, связанные с металлургическим и металлообработывающим производством (вскрыто более 3000 м<sup>2</sup> [Виноградов, 2011, с. 25–26]). Автор раскопок памятника считает, что именно уральские рудные источники были одним из решающих факторов локализации укрепленных поселений синташтинской и петровской археологических культур, поскольку металлопроизводство, наряду со скотоводством, играло ведущую роль в хозяйственной деятельности населения этих культур. Состав находок в культурном слое поселения Устье 1 подтверждает этот важный вывод.

На памятнике открыты медеплавильные комплексы, найдено свыше 1200 предметов, связанных с синташтинским и петровским металлопроизводством (металлургические шлаки, куски руды, тигли, льячки, сопла, изделия из цветного металла — слитки, сплески, орудия труда, украшения, прутковые и полосовые заготовки) [Там же, с. 86]. В ходе полевых работ была исследована серия остатков по меньшей мере двух типов теплотехнических сооружений, безусловно связанных с выплавкой и плавкой металла. Это либо небольшие углубления, в одном случае с отходящей от них канавкой (дымоходом), заполненной специфической сажей — «крупкой» (котлован петровского помещения 3), либо каменные выкладки, устойчиво располагающиеся рядом с колодцами. Наиболее интересное сооружение выявлено в котловане петровского помещения 10.

Всего в ходе раскопок экспедицией ЧГПИ исследованы остатки 16 каменных выкладок. Восемь из них — овальные в плане; семь — округлые; одна (участки П, Р/20) имеет подтреугольную форму. Размеры овальных выкладок колеблются от 0,85×0,6 м до 1,4×1,0 м; округлых — 0,35–1,25 м в диаметре. Общим для всех выкладок является то, что камни лежат в один слой. Все имеют явные следы растрескивания от действия высоких температур. Два теплотехнических сооружения находятся на площади, некогда перекрытой стеной петровского периода истории Устья, и, безусловно, функционировали в синташтинское время. Другие, локализованные в северной части котлована петровского помещения 3, скорее всего, как предполагает автор раскопок, также относятся к синташтинскому поселку. Каменные выкладки, находившиеся рядом с петровскими колодцами, связаны с производством петровского этапа. Рядом с остатками теплотехнических сооруже-

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ, проекты 11-06-00034, 11-06-00145.

ний постоянно встречались явные следы выплавки и плавки металла, в частности слитки, шлаки, капли меди, сплески, обломки керамики со следами действия высоких температур.

В ходе раскопок обнаружено свыше 130 довольно мелких кусочков медьсодержащих минералов (малахит и азурит) общим весом 620 г, кроме того — большое количество обломков рудовмещающей железосодержащей породы — бурого железняка со следами «медной помазки» (4,4 кг). Эти данные свидетельствуют о том, что либо выплавка металла из руды в теплотехнических сооружениях внутри помещений поселения не производилась совсем, либо ее масштабы были сильно ограничены. В горнах производственных помещений, вероятнее всего, осуществлялись плавка черновой меди, ее рафинирование, переплавка лома, литье готовых изделий. Тем не менее относительное (в сравнении с поселением горняков и металлургов позднего бронзового века Горный 1 в Оренбуржье) изобилие металлургического шлака в культурном слое Устья предполагает широкие масштабы металлургического производства на поселении Устье 1. Из его слоя извлечено 1146 обломков металлургического шлака общим весом 13,5 кг, причем выборка отражает как синташтинский, так и петровский периоды истории памятника.

На площади поселения в различных его частях сделаны, кроме того, разнообразные находки, связанные с процессом металлопроизводства (более 200 ед. хранения). Прежде всего, речь идет о каплях и сплесках меди (183 экз. общим весом 88 г). Из слоя памятника происходят изложницы, сопла, тигли, также связанные с процессом получения металла. Из заполнения колодца петровского периода извлечена часть лепной керамической «тарелки» на невысоком поддоне. Поверхности светло-серые, внутри — красноватые пятна с невыраженными границами. Обломок этой же ошлакованной «тарелки» обнаружен в слое на участке X/24. Определение этих фрагментов как частей изложницы подтверждено аналитическими данными, полученными с помощью портативного спектрометра исследователем археометаллургии Р. Дунаном (R. Doonan, университет Шеффилда, Великобритания), которому удалось выявить на внутренней стороне изложницы следы меди. Обнаружены также остатки двух сопл. Одно из них представляло собой слегка сужающуюся к одному из концов глиняную трубку (длина 5,5 см, внешний диаметр 2,7 см, внутренний 1,4–1,55 см), разделенную утолщением-фиксатором, позволявшим крепить сопло к горну. С двух сторон утолщение декорировано поясом полулунных вдавлений. Второе сопло в виде обломка толстостенной (около 0,8 см) глиняной трубки, декорированной несколькими поясами наклонно заштрихованных равнобедренных треугольников. Культурный слой памятника сохранил, кроме того, значительную серию фрагментов «технологической» керамической посуды. Она была отобрана по наличию характерных следов ошлаковки, т.е. морфологических изменений керамического теста вследствие воздействия высоких температур. Отобранные экземпляры предварительно определены как обломки тиглей (более 50 экз.).

Обнаруженные металлические изделия (173 экз. общим весом 1,6 кг) в основном представлены заготовками, стержнями, проволокой, в меньшей степени готовыми изделиями. В среднем в каждом из котлованов помещений поселения Устье 1 петровского периода найдено по 4–6 металлических предметов. В помещениях 3 и 5 обнаружено наибольшее количество медных и бронзовых вещей (14 и 23 экз. соответственно), что, возможно, характеризует их как мастерские по обработке металла [Виноградов, 2011, с. 125]. Однако не исключено и иное объяснение — попадание предметов в помещение в процессе перепланировок и строительных работ.

В данной статье наше внимание обращено к изделиям из цветного металла поселения Устье, которые прошли аналитическое исследование методами спектрометрического, атомно-эмиссионного (118 экз.) и металлографического анализов (75 экз.) в лабораториях естественно-научных методов ИА РАН, Института неорганической химии СО РАН, Института проблем освоения Севера СО РАН. При этом следует учитывать, что в ходе раскопок не удалось произвести однозначную культурную идентификацию артефактов. Поэтому одной из ведущих задач было уточнение культурной атрибуции медных и бронзовых изделий на основании аналитических результатов, поскольку морфология орудий труда в данной ситуации не являлась определяющей, так как типы орудий поселения Устье представлены общеевразийскими формами, присущими металлу культур I фазы ЕАМП — синташтинской, абашевской, петровской, покровско-раннесрубной.

Исследованный металлический инвентарь распределяется по основным категориям-классам следующим образом: орудия труда — 35 %, прутковые и полосовые заготовки — 30,8 %, слитки, сплески — 27,5 %, украшения — 6,7 % (рис. 1, А). Подобное соотношение металлических изделий неоднократно отмечено в поселенческих комплексах петровской культуры Южного Зауралья и Среднего Притобья, в то время как в синташтинских памятниках (преимущественно

погребальных) слитки отсутствуют или известны в небольшом количестве, преобладают орудия труда, достаточно много украшений и скоб (рис. 1, Б, В).

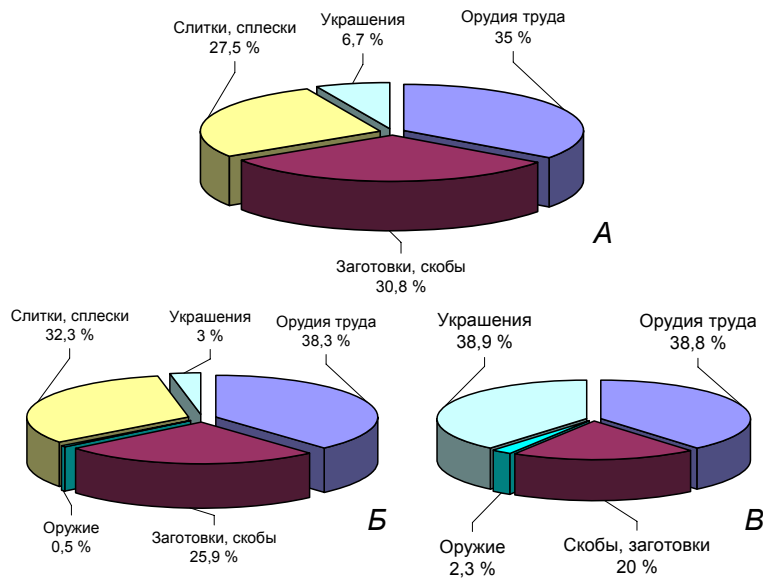


Рис. 1. Распределение медных и бронзовых изделий по категориям:

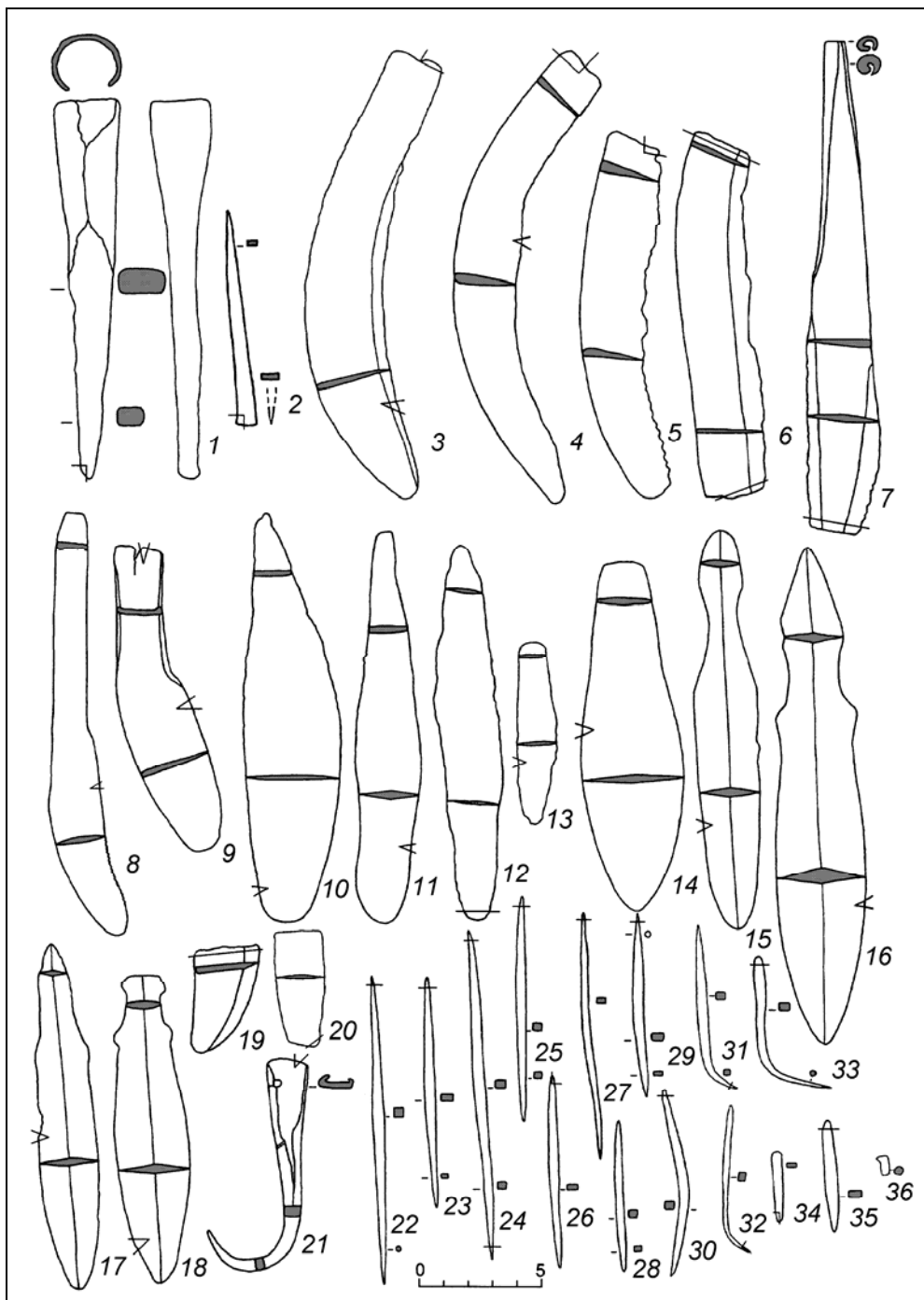
А — пос. Устье; Б — поселения петровской культуры Среднего Притоболья; В — синташтинские памятники

Орудия труда представлены долотами, серпами, ножами, крюком, шильями. **Втульчатое долото** относится к типу орудий **с разомкнутой кованой втулкой с поперечным лезвием** (длина 15,1 см, диаметр втулки 2,6 см, толщина бруска рабочей части 1 см) (рис. 2, 1). Орудия этого типа, как и долота с желобчатой и прямолезвийной рабочей частью появляются в ряде очагов Циркумпонтийской металлургической провинции, включая катакомбные (учтено более 25 экз.) [Черных, 1966, рис. 36, 475; 1978, табл. 28, 11; Chernykh, 1992, fig. 36, 6; 42, 19; 44, 34; 45, 28; 46, 3; Авилова, Черных, 1989, рис. 8; Моргунова, Кравцов, 1994, рис. 9, 4; Васильев, 1999, с. 42–43; Гак, 2005, с. 14]. Кованые долота с желобчатым, реже прямолезвийным рабочим окончанием известны также в материалах абашевских, петровских, потаповских комплексов ранней фазы ЕАМП (клады Верхнекизыльский и Куш-Тау, поселения Тюбак, Кулевчи 3, Петровка 2 (2 экз.), Новоникольское 1, могильники Бестамак, Утевка 6, Левобережный Березовский) [Bortvin, 1928, fig. 2, 12; Сальников, 1967, рис. 6, 11; 8, 6; Пряхин, Матвеев, 1988, рис. 27, 3; Горбунов, 1992, рис. 15, 15; Зданович Г.Б., 1988, рис. 10Г, 16; 1997, рис. 9, 9; Аванесова, 1991, рис. 37, 3А–4А; Кузнецов, Семенова, 2000, рис. 13, 10; Дегтярева и др., 2001, рис. 3, 4; Логвин, Шевнина, 2008, рис. 2, 1]. Еще 5 экз. происходят из синташтинских погребений могильников Большекараганский и Танаберген 2 [Боталов и др., 1996, рис. 17; Аркаим..., 2002, рис. 33, 11; Ткачев В.В., 2007, рис. 9, 2] и с культового места Шайтанское озеро II (в составе металлокомплекса сейминско-турбинского типа) [Сериков и др., 2008, рис. 1, 8; Корочкова, Стефанов, 2013, рис. 6, 6].

Производство кованых долот с прямой и желобчатой рабочей частью продолжалось на последующих этапах ЕАМП, особенно много их в срубных древностях (Новопавловский могильник, поселения Мосоловское, Отроженское, Максимовское, Шелехметь, клады Ибракаевский, Ильдеряковский, Москательникова) [Черных, 1970, рис. 52, 19, 20; Скарбовенко, 1981, рис. 4, 3; Кореневский, 1983, рис. 2, 10; Обыденнов, Обыденнова, 1992, рис. 48, 5; Пряхин, 1996, рис. 26, 1; Седова, 2000, рис. 3, 5]. На ряде поселений срубной общности (Усово озеро, Капитаново 2, Мосоловка, Липовый Овраг, Усть-Курдюм, Горный 2) найдены многочисленные глиняные литейные формы для отливки трапециевидных или прямоугольных заготовок долот этого типа [Агапов, Иванов, 1989, рис. 4, 1; Березанская, 1990, рис. 15, 26; Пряхин, 1996, рис. 21; Лопатин, Хоркин, 1997, рис. 1, 8, 9; Пряхин и др., 2000, рис. 16, 2; Кузьминых, 2004, рис. 5.9, 5.10]. Литейная форма обнаружена также на поселении ранней фазы общности культур валиковой керамики Мельгуново 3 [Екимов, 1993, с. 25]. Известны они в редких случаях в комплексах алексеевско-саргаринской культуры поселений Высокая Грива, Петровка 2, Саргары [Потемкина, 1985,

**Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1**

рис. 48, 4; Зданович Г.Б., 1988, табл. 10Г, 16; Агапов, 1990, с. 102, 103; Аванесова, 1991, рис. 37, 1Б]. К этому же времени относятся случайные находки многофигурных литейных форм с негативами заготовок для формовки подобных орудий — из станицы Кундравинская Миасского района Челябинской области и с. Зирган Мелеузовского района Башкортостана [Тихонов, 1960, табл. XX, 14; Обыденнов, 1996, рис. 1, 1, 2]. Однако в целом в эпоху поздней бронзы кованые долота, в том числе с плоской рабочей частью, вытесняются литыми орудиями с закрытой, «слепой» втулкой.



**Рис. 2.** Орудия труда поселения Устье (секущими линиями обозначены срезы на шлифы):  
 1, 2 — долота (ан. 571, 489); 3–7 — серпы (ан. 454, 459, 457, 482); 7–20 — ножи (ан. 480, 460, 461, 456, 479, 486, 587, 452, 468, 455, 462, 463, 605, 582); 21 — крюк (ан. 484); 22–35 — шилья (ан. 466, 599, 591, 593, 581, 488, 602, 598, 609, 589, 603, 608, 604); 36 — шпенок-гвоздик

Другое орудие относится к категории **узких стержневидных долот с черенковым насадом, с незначительно расширенным узким продольным прямым лезвием** (длина 10,1 см; рис. 2, 2). Аналогичные орудия появились в очагах Циркумпонтийской металлургической провинции, в частности они известны в майкопской, ямной, вольско-лбищенской, катакомбной культурах [Черных, 1966, рис. 34, 455; Chernykh, 1992, fig. 24, 1–6; Пестрикова, 1979, рис. 3, 11; Кореневский, 1983, рис. 1, 7, 8; Васильев, 1999, с. 70–71]. Эти изделия, длиной 8–20 см, были характерны для абашевского, сейминско-турбинского, синташтинского, петровского производства ранней фазы Евразийской провинции (поселения Береговское 1, Синташта, Аркаим (2 экз.), Кулевчи 3 (3 экз.), Икпень 2 (2 экз.), могильники Бестамак, Бозенген, Репьевка, Ростовка, Сейма, Юринский, Каменный Амбар 5 (2 экз.)) [Пряхин, 1976, рис. 29, 7, 8; Черных, 1970, рис. 60, 44; Черных, Кузьминых, 1989, рис. 71, 9, 10; Виноградов, 1982, рис. 3, 6; Генинг и др., 1992, рис. 41, 13; Зданович Г.Б., 1997, рис. 9, 4, 9; Дегтярева и др., 2001, рис. 3, 1–3; Епимахов, 2002, рис. 7, 4; 2005, рис. 58, 3; Соловьев, 2003, рис. 2, 17; Ткачев А.А., 2002, рис. 26, 4–5; 94, 10; Калиева, Логвин, 2008, рис. 9, 1]. Они бытовали в течение всего позднего бронзового века, но при этом заметно уменьшалась доля орудий с желобчатым рабочим окончанием. Подобные формы встречены в материалах алакульской, срубной, атабаевской, алексеевско-саргаринской культур [Черных, 1970, рис. 60, 42, 43, 46; Халиков, 1969, рис. 55, 131; Агапов, 1990, с. 88, 93]. Стержневидные долота с черенковым насадом являются реминисценцией стереотипов ЦМП и в целом распространены в большинстве культур ЕАМП, но на ранней фазе провинции сосредоточены преимущественно на Южном Урале (более 2/3 находок).

На поселении Устье обнаружены **серпы двух типов: без выделенного черенка, сравнительно узкие и длинные, со слабо изогнутыми асимметричными спинкой и лезвием** (рис. 2, 5, 6) **и с заметно изогнутыми асимметричными или симметричными спинкой и лезвием** (рис. 2, 3, 4). Длина изделий 14–18,5 см, одно из них с мелкозубчатой передней лезвийной частью (рис. 2, 5). Вполне возможно, это усиливало режущую функцию орудия, но не исключено, что оно служило и пилой. В очагах металлообработки ЦМП первые серпы появляются в Закавказье и на Северном Кавказе, хотя и не принадлежали здесь к типичной продукции; отсюда, по всей видимости, они могли проникнуть на юг Восточной Европы [Chernykh, 1992, fig. 19, 3, 4; 42, 11, 12]. Однако связь их с ранними сериями волго-уральских серпов начала ЕАМП, в число которых входят и орудия из Устья, остается проблематичной. Отметим, что серпы первого типа из Устья могут соотноситься с группой типа Береговка, а второго — с группой типа Петровка, выделенными В.А. Дергачевым и В.С. Бочкаревым в волго-уральской серии серпов Восточной Европы [2002, с. 31–41].

Серпы, аналогичные находкам из Устья, и прежде всего слабоизогнутым, характерны для абашевских памятников Южного Урала и Подонья (могильники Староябалаклинский, Метев-Тамак, поселения Малокизыльское, Баланбаш (2 экз.), Барковское, Мельгуново 3, Береговское 1 (4 экз.), Тюбьяк (3 экз.), Ивановское (2 экз.), Верхнекизыльский (6 экз.) и Красноярский клады) [Сальников, 1967, рис. 4, 2–5; 6, 1–6; Черных, 1970, рис. 55, 3–8; Пряхин, 1976, рис. 26, 1–15; Моргунова, Порохова, 1989, рис. 5, 1, 2; Горбунов, 1992, рис. 25, 54; Екимов, 2001, рис. 1, 13; Тюбьяк..., 2001, рис. 75, 1–3]. Два орудия этого типа известны в сейминско-турбинских могильниках Турбино 1 и Заосиново 4 [Черных, Кузьминых, 1989, рис. 61, 12, 14]. В поселенческих и погребальных комплексах петровской культуры Зауралья, Тоболо-Ишимья, Центрального Казахстана (13 экз.) обнаруживают аналогии орудия из Устья второго типа (с заметно изогнутыми спинкой и лезвием) (Высокая Грива, Конезавод 3, Петровка 2, Кулевчи 3 (3 экз.), Новоникольское 1, Явленка, Боголюбово 1, Семиозерное, Икпень 2, могильник Бестамак (3 экз.)) [Виноградов, 1982, рис. 3, 9–11; Аванесова, 1991, рис. 18, 19; Ткачев А.А., 2002, рис. 26, 3; Логвин, Шевнина, 2008, с. 192; Калиева, Логвин, 2008, рис. 9, 10]. Подобные же орудия выявлены в могильниках синташтинской культуры (Синташтинский 1 (2 экз.), Каменный Амбар 5 (2 экз.), у горы Березовой, а также в слоях поселений Аркаим (3 экз.), Синташта; на Аркаиме найдена створка литой формы из талька с негативами аналогичных серпов) [Генинг и др., 1992, рис. 41, 18; 148, 20; 159, 6; Зданович Г.Б., 1995, рис. 7; 1997, рис. 9, 1–3; Халяпин, 2001, рис. 2, 19; Епимахов, 2002, рис. 9, 2; 2005, рис. 89, 6]. Еще одно орудие этого типа известно в погребении потаповского типа Утевка 6 [Кузнецов, Семенова, 2000, рис. 13, 8]. Пять серпов происходят из подъемных сборов с площади поселения Шибяево I, содержащего материалы синташтинской, петровской культур [Нелин, 2004, рис. 7, 4–8]. Традиция изготовления подобных серпов продолжалась и в алакульской культуре (поселения Алкау 2, Варакосово, Кинзерское, Ушкатты 1, Ук 3, мо-

гильник Бектениз [Аванесова, 1991, рис. 18, 19; Корякова и др., 1991, рис. 14, 4, 5]. Наиболее поздним комплексом ранней фазы ЕАМП, в котором 4 экз. узких слабоизогнутых орудий сопровождаются двумя серпами с крюками, является известный Ерыклинский клад в Закамье [Смолин, 1926, фото 1–8; Археологические памятники..., 1990, № 762; Обыденнов, Обыденнова, 1992, рис. 47, 1–3]. Традиция изготовления серпов и серповидных изделий без выделенного черенка сохраняется в конце бронзового века на южной периферии азиатской зоны ЕАМП [Кузьмина Е.Е., 1966, табл. IX, 29, 30, 35; Итина, 1977, рис. 67, 6; 78, 7, 8].

Основной ареал серпов, выявленных в Устье, совпадает с Южным Уралом (свыше 57 % изделий), откуда орудия этих типов распространялись в Тоболо-Ишимье, Волго-Камье, Подонье и далее в Среднюю Азию. Находки орудий данного типа связаны прежде всего с абашевской (46,9 % изделий), затем петровской (34,7 %) и синташтинской (18,4 %) культурами.

Из орудий труда самые представительные серии — это ножи и шилья, которые по численности составляют примерно две трети этой категории. Ножи подразделяются на две группы: с обособленной рукоятью (3 экз.) и черенковые (9 экз. и 2 обломка).

В первой группе единственным экземпляром является **однолезвийный нож с длинной выделенной массивной рукоятью** (рис. 2, 9). Длина рукояти составляет примерно половину от общей длины орудия. Рукоять отделена от рабочей части выступом за счет растяжки лезвийной кромки клинка, общая длина изделия 12,4 см. Характерная изогнутость спинки и лезвия и способ формовки рукояти свидетельствуют о том, что мы имеем дело с вторичным использованием сломанного и перекованного серповидного или пластинчатого орудия, сродни известным в Устье (рис. 2, 3–6). Подобные ножи распространены достаточно широко в системе ЕАМП и во времени, и в пространстве. Они известны в материалах петровских поселений Кулевчи 3, Камышное 2, Петровка 2 (3 экз.), Конезавод 3, Новоникольское 1, Икпень 1 [Зданович Г.Б., 1983, рис. 3, 15; Евдокимов, 1983, рис. 2, 13; Виноградов, 1982, рис. 3, 12; Потемкина, 1985, рис. 33, 2; Аванесова, 1991, рис. 31, 1, 2, 4, 8, 9; Ткачев А.А., 2002, рис. 29, 7]. Аналогичное орудие найдено в насыпи могильника Синташтинский 1 [Генинг и др., 1992, рис. 41, 16]. Они обнаружены в алакульских поселениях Притоболья — Волосниково, Усть-Сурское 3, Высокая Грива [Потемкина, 1985, рис. 48, 6; 52, 2; 53, 1, 2] и в срубных Среднего Поволжья — Лебединское 10, Михайло-Овсянка и др. [Кузьминых, 1981, рис. 4, 9; Седова, 2000, рис. 3, 4]. Эта форма получила дальнейшее развитие в конце ПБВ, прежде всего в азиатской зоне ЕАМП в очагах общности культур валиковой керамики, а также в зоне ее стыка с Ирано-Афганской (Чуст, Дальверзин, Бургулюк, Джаркутан) и Центрально-азиатской (ирменская, карасукская и лугавская культуры) металлургическими провинциями [Агапов и др., 2012, с. 54–57].

**Ножи с длинной выделенной рукоятью, двулезвийные, с асимметричными раскованными спинкой и лезвием** также имеют выделенную рукоять длиной до половины от общей длины изделия (рис. 2, 7, 8). У второго из них рукоять плоская, сформована ковкой, равномерной ширины по всей длине (чуть заужена на конце), отделена уступом от клинка. У первого изначально плоская рукоять, отделенная также уступом от клинка, на конце свернута и заужена и в итоге приобрела трубчатую форму. Лезвие и спинка у обоих орудий — с режущими краями, вероятно сформованными ковкой. Заготовками для этих ножей, судя по всему, послужили пластинчатые однолезвийные слабо изогнутые (серповидные) орудия. Оба ножа отличаются достаточной массивностью — длина достигает 19,8 см. Эти орудия относятся к числу полифункциональных, использовавшихся в качестве режущих инструментов (серп, нож), а иногда и пилы (на вогнутой рабочей части второго из них пропилены абразивом зубчики).

Аналогичные орудия встречены в абашевских (Береговское 2, Сокольское, Масловское 1) и петровских поселенческих комплексах (Кулевчи 3 (2 экз.), Новоникольское 1, Петровка 2, Камышное 2, Синеглазово), в сейминско-турбинских и синташтинских могильниках (Турбинский 1, Каменный Амбар 5), в покровских (могильник Новолиповка, Ерыклинский клад) и андроновидных (могильник Черноозерье I) древностях [Пряхин, 1976, рис. 26, 16, 17; 27, 19; Бадер, 1964, рис. 77; Черных, Кузьминых, 1989, рис. 58, 12; Виноградов, 1982, рис. 3, 2; Потемкина, 1985, рис. 33, 1; Аванесова, 1991, рис. 18; Зданович Г.Б., 1988, табл. 10А, 20, 21; Дегтярева и др., 2001, рис. 2, 6; Смолин, 1926, фото 6, 7; Памятники..., 1993, табл. 14, 13, Генинг, Стефанова, 1994, рис. 23, 1; 26, 1; Епимахов, 2002, рис. 7, 10].

Оба типа ножей с массивной выделенной рукоятью следует связывать с производством петровских племен.

В коллекции Устья доминируют **двулезвийные ножи с выделенным черенком**. По характеру оформления черенка и сочленения его с клинком выделено пять типов.

Четыре ножа относятся к типу **со слабо намеченным черешком, без перехвата, с клинком листовидной, овально-листовидной и подтреугольной формы, без ребра жесткости** (рис. 2, 10–13). Изделия достигают в длину 15–16,4 см, один экземпляр небольшой, длиной 7,3 см. Обращает на себя внимание асимметричная форма клинков у большинства ножей. Наиболее широкий из них (рис. 2, 10), не исключено, выкован из серповидного орудия.

Ножи этого типа морфологически близки к стереотипам ЦМП, известное сходство обнаружено с изделиями софиевской группы памятников и некоторыми типами катакомбных ножей [Chernykh, 1992, fig. 30, 7–9; 45, 19]. Аналогичные ножи получили распространение в древностях покровских (могильники Покровский, Терновка, Скатовка, Ягодное, Натальино 2, Бородаевка), абашевских (могильники Левобережный Березовский, Малый Кугунур, Абашевский, Никифоровское лесничество, Верхнекизыльский клад), петровских (могильники Бестамак (4 экз.), Бектениз, Кулевчи 6, поселения Кулевчи 3, Конезавод 3, Талдысай), потаповских (могильник Потаповский) [Мерперт, 1954, рис. 10, 2, 3; Памятники..., 1993, табл. 1, 4; 6, 6, 8; 9, 13; 15, 17; 16, 16; Малов, 1998, рис. 1, 29; Сальников, 1967, рис. 6, 12; Евдокимов, 1983, рис. 2, 12; Виноградов, 1982, рис. 3, 5; 1984, рис. 9, 50; Пряхин, Матвеев, 1988, рис. 23, 5; Васильев и др., 1994, рис. 30, 1; Соловьев, 2000, рис. 62, 42; Калиева, Логвин, 2008, рис. 4, 12; 8, 11; 18, 22; 20, 19; Курманкулов и др., 2007, рис. 7в]. В количестве 10 экз. обнаружены на поселении Аркаим и в синташтинских погребениях могильников Синташтинский большой, Синташтинский 1, Танаберген 2, Жаман-Каргала 1 [Генинг и др., 1992, рис. 51, 13; 68, 1; 88, 5; 96, 14; 146, 1, 2; 148, 9; Зданович Г.Б., 1997, рис. 9, 13; Ткачев В.В., 2007, рис. 9, 3; 25, 18]. Орудия этого типа наиболее характерны для петровского, покровского, синташтинского и абашевского металлопроизводства и распространены преимущественно в Поволжье, на Южном Урале и в Среднем Притоболье.

Один нож относится к типу **с выделенным длинным и широким трапецевидным массивным черешком, клинком овально-листовидной формы, без ребра** (рис. 2, 14). Длина изделия 14,2 см. Данный тип ножей (НК-6 по Е.Н. Черных, С.В. Кузьминых) характерен для сейминско-турбинских древностей — 34 экз. (преимущественно в Восточной Европе) [Черных, Кузьминых, 1989, с. 93–95]. Два ножа происходят из петровского погребения могильника Степное 7, один — могильника у горы Березовой [Халыпин, 2001, рис. 3, 1; Зданович Д.Г., Куприянова, 2007, рис. 1, 4, 5]. Появление орудий данного типа, равно как и пилки из могильника у горы Березовой, в синташтинских и петровских древностях связано, вероятно, с импульсами или импортами из сейминско-турбинских производящих центров.

Нож следующего типа имеет **выделенный черенок с подромбической или закругленной пяткой, четко выделенный перехват и узкий листовидный клинок с ребром жесткости** (рис. 2, 15). Длина орудия 15,6 см. В очагах ЦМП известны единичные находки орудий подобного типа в софиевских, катакомбных, полтавкинских памятниках [Chernykh, 1992, fig. 30, 7–9; 45, 19; Васильев, 1999, рис. 28, 20]. Они широко распространены на ранней фазе ЕАМП и происходят в основном из абашевских, покровских, потаповских памятников (поселения Отроженское, Масловское, Верхнекизыльский клад, могильники Старая Тойда, Левая Россось, Левобережный Березовский (2 экз.), Алгаши, Тугай, Усатово, Ново-Мордовский 2, Покровский, Терновка, Скатовка, Ягодное, Натальино 2, Бородаевка, Вертячий, Потаповский (3 экз.) и др.) [Сальников, 1967, рис. 6, 12; Пряхин, Матвеев, 1988, рис. 23, 5; Пряхин, 1971, рис. 24, 12; 27, 4; 1976, рис. 27, 23; 28, 1–7; Халиков, 1969, рис. 57, 4; Мерперт, 1954, рис. 10, 2, 3; Сагайдак, 1979, с. 63–66; Памятники..., 1993, табл. 1, 4; 6, 6, 8; 9, 13; 15, 17; 16, 3; Васильев и др., 1994, рис. 29, 1; 31, 1; 37, 8; Малов, 1998, рис. 1, 29; Шарафутдинова, 1995, рис. 3, 18]. Более 11 орудий найдены в синташтинских погребениях могильников Кривое Озеро, Синташтинский большой, Танаберген 2, Жаман-Каргала 1, Каменный Амбар 5, Большекараганский, Обилькин луг 3 [Генинг и др., 1992, рис. 82, 13; 122, 15; Ткачев В.В., 2000, рис. 8, 4; 2007, рис. 3, 6; 25, 19; Денисов, 2001, рис. 3, 5; Епимахов, 2002, рис. 9, 1, 3; Зданович Д.Г., 2002, рис. 44, 2; Виноградов, 2003, рис. 35, 4; 68, 10]. Несколько экземпляров известно в сейминско-турбинских, петровских, а также в алакульских памятниках (могильники Ростовка, Юринский (2 экз.), Бектениз, Кулевчи 6, Жаман-Каргала 2, Близнецы, поселения Кулевчи 3, Конезавод 3) [Черных, Кузьминых, 1989, рис. 58, 1; Соловьев, 2003, рис. 1, 11; 2005, рис. 3, 25; 5, 13; Евдокимов, 1983, рис. 2, 12; Виноградов, 1982, рис. 3, 5; 1984, рис. 9, 50; Ткачев В.В., 1998, рис. 8, 54; Андроновская культура, 1966, табл. XXXVII, 15]. Всего насчитывается немногим более 40 экз. ножей этого типа из культурно-определимых ком-

плексов, сосредоточенных большей частью на территории Южного Зауралья и Поволжья и связанных преимущественно с абашевскими, синташтинскими, сейминско-турбинскими и покровскими погребениями.

Следующий нож имеет **выделенный короткий черенок с перекрестьем, перехватом и широкой пяткой черенка неясной формы** (возможно, грибовидной), длина изделия 12,4 см (рис. 2, 18). Не исключено, что пятка черенка имела изначально (до слома) форму широкого ромба. Изделия этого типа достаточно редко встречаются как в синташтинских, так и в абашевских и покровских памятниках и значительно чаще — в петровских (нуртайских) и сейминско-турбинских древностях. Аналогичные ножи, у которых пятка черешка иногда принимает грибовидные очертания, обнаружены в слое поселения Береговское 1 (2 экз.), Аркаим, могильниках Спиридоновский 2, Неприк, Сатыга 6, Икпень 2, Бозенген (2 экз.), Сатан, Синташтинский большой, культовом комплексе Шайтанское озеро II (4 экз.; металлокомплекс сопровождался керамикой коптяковского облика) [Горбунов, 1989, рис. 5, 5, 6; Генинг и др., 1992, рис. 61, 6; Зданович Г.Б., 1997, рис. 9, 11; Семенова, 2000, рис. 7, 4, 7; Ткачев А.А., 1999, рис. 4, 23, 25; 2002, рис. 94, 9, 11; Черных, Кузьминых, 1989, с. 101; Сериков и др., 2008, рис. 2, 11, 12, 18, 19]. В памятниках алакульской и срубной культур этот тип орудий продолжает бытование с известной долей модификации — удлиняется прямоугольный черенок, перехват практически не выражен, появляется нервюра на лезвии (могильники Купухты, Субботинский, Алакульский, Царев Курган в г. Кургане, поселение Убаган 1 — металлические экземпляры; створка каменной литейной формы — в материалах поселения Камышное 1, многочисленные (около 10) литейные формы из слоя поселения Мосоловка [Кузьмина Е.Е., 1994, рис. 30, 33, 43; 40, 8; Потемкина, 1985, рис. 40, 1; 47, 4; 101, 1; Пряхин, 1996, рис. 20–22].

Два орудия относятся к типу **с ромбической пяткой черенка, перекрестьем, перехватом, с ребром жесткости** (длина изделий 13,6 и 19,8 см; рис. 2, 16, 17). Вполне возможно, что к этому же типу относится и описанный выше (рис. 2, 18) (если мы предполагаем у него изначально ромбическую пятку черенка). Ножи этого типа были достаточно широко распространены в памятниках ранней фазы ЕАМП, о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 1. Всего в культурно-определимых комплексах зафиксировано не менее 128 экз. Половина орудий представлена достаточно крупными экземплярами длиной 16–19 см, длина остальных в пределах 7–14 см. Чаще всего подобные ножи обнаружены в синташтинских погребальных комплексах (44 экз.), 2 экз. — в слое поселения Устье. Они характерны для донских и уральских абашевских памятников (31 экз.), прежде всего погребальных, включая так называемые донские позднеабашевские «престижные» (по А.Д. Пряхину) захоронения с инсигниями власти. В меньшем количестве (примерно по 4–25 экз.) они обнаружены в покровских и раннесрубных (25 экз.), потаповских (4 экз.), петровских (12 экз.), сейминско-турбинских (8 экз.) памятниках. Традиция изготовления ножей этого типа сохранялась и в алакульский период.

В процессе статистической обработки выявлено распределение ножей в широтном направлении с ареалом, приуроченным к лесостепной и степной евразийской зоне от Среднего Подонья до Среднего Притоболья. Крайний северный памятник, в котором обнаружены ножи этого типа, — Турбинский могильник, южный — раннесрубное погребение у Степной, западный — Вертячий на Северском Донце, восточный — могильник Кенес в Пришимье. Основной ареал ножей этого типа — Южный Урал и Среднее Притоболье, здесь зафиксировано 66 экз., преимущественно из памятников синташтинской (46 экз.), в значительно меньшей мере — абашевской (10 экз.) и петровской (10 экз.) культур. Следующим крупным районом является Среднее Поволжье, где сосредоточено 29 орудий данного типа в памятниках потаповской, покровской и раннесрубной культур. Далее следует Среднее Подонье, где известно 23 экз., в том числе 19 экз. абашевских и 4 экз. раннесрубных ножей. Еще 10 экз. найдены в Прикамье и на территории Западного Казахстана.

В составе металлической коллекции из Устья имеется **крюк с кованой разомкнутой втулкой** с пробитым отверстием в верхней части втулки (рис. 2, 21). Длина орудия 8,8 см. Изделия этого типа были достаточно широко распространены в очагах ЦМП, особенно часто в катакомбных погребениях (37 экз.) [Chernykh, 1992, fig. 36, 7; 39, 9; 42, 7; 44, 35, 36; 45, 29; Кореневский, 1983, рис. 1, 16, 18–20; Гак, 2005, с. 15]. В эпоху поздней бронзы они встречаются реже, но все же используются как в ранних абашевской, синташтинской и петровской культурах (поселения Тюбьяк, Кулевчи 3, синташтинско-петровское Шибаево I, могильники у горы Березовой, Большекараганский, Ащису) [Горбунов, 1992, рис. 19, 38; Дегтярева и др., 2001, рис. 3, 33; Зданович Д.Г., 2002,



рис. 21, 7; Кукушкин, 2007, рис. 7; Ткачев В.В., 2007, рис. 67, 6; Нелин, 2004, рис. 8, 12], так и в более поздних памятниках сусканского типа (Моечное озеро) и общности культур валиковой керамики (Ивановское, Саргары, Павловка, Новофирсово) [Агапов, 1990, с. 161].

Таблица 1

**Распределение ножей с ромбической пяткой черенка, перекрестьем, перехватом по культурам**

Памятники	Литература
<i>Абашевские</i> (31 экз.) Поселения Береговое 1, Тюбяк 2 (2 экз.), Мало-Кизыльское, Шиловское, Мельгуново 3, погребения в Старо-Юрьевском, Большие Ясырки (2 экз.), Власовском 1, Введенском, Чуриловском, Павловском, Филатовском, Селезни 2 (5 экз.), Плясоватском (2 экз.), Староябалаклинском, Ветлянка 4, Студеновка, Нижнечуракаевском, Набережном, Русско-Тангировском, Старо-Куручевском, Чукраклинском могильниках, Верхнекизыльский клад (2 экз.)	[Сальников, 1967, рис. 6, 7, 13; Черных, 1970, рис. 57, 46; Пряхин, 1976, рис. 28, 11, 13, 14, 17, 18; 1977, рис. 7, 5; Синюк, 1996, рис. 51, 21; Горбунов, 1992, рис. 16, IX–3; 8, 2, 6; 26, 7, 30; Пряхин, Матвеев, 1988, рис. 9, 8; 15, 3; 17, 2; Тюбяк..., 2001, рис. 23, 7; 75, 6; Синюк, Козмирчук, 1995, рис. 4, 2; 9, 20; 14, 10; Пряхин и др., 1998, рис. 3, 1, 2; 6, 1, 2; 12, 1; Денисов, 2001, рис. 2, 2; Екимов, 2001, рис. 1, 12; Синюк и др., 2004, рис. 2, 2; 5, 1]
<i>Синташтинские</i> (46 экз.) Поселение Устье (2 экз.), могильники Каменный Амбар 5 (5 экз.), Синташтинский 2 (2 экз.), Танаберген 2 (10 экз.), Жаман-Каргала 1, Синташтинский большой (10 экз.), Синташтинский 1 (6 экз.), Большекараганский (5 экз.), Кривое Озеро, Герасимовский, Новокумакский, Обилькин Луг 3, Малиновский 2	[Костюков, Епимахов, 1995, рис. 20, 4, 23; Епимахов, 2002, рис. 11, 20; 58, 2; 89, 3; Генинг и др., 1992, рис. 46, 6, 7; 57, 1, 2; 61, 7; 70, 2; 75, 5; 105, 10; 126, 2, 22; 140, 1, 4; 146, 5, 10; 148, 12, 18; 184, 4, 5; Ткачев В.В., 1998, рис. 2, 1, 2; 2007, рис. 4, 1; 5, 1; 6, 7; 7, 16; 11, 11; 12, 1; 13, 7; 17, 4; 25, 15; Аркаим..., 2002, рис. 11, 6; 35, 2; 44, 2; Зданович Г.Б., Зданович Д.Г., 2005, рис. 5, 10, 11; Виноградов, 2003, рис. 103, 3; Порохова, 1992, рис. 4, 3; Смирнов, Кузьмина Е.Е., 1977, рис. 3, 5; Денисов, 2001, рис. 3, 14; Халиков, 1969, рис. 57, 3]
<i>Потаповские</i> (4 экз.) Могильники Потаповский, Утевка 6 (3 экз.)	[Васильев и др., 1994, рис. 30, 2; Кузнецов, Семенова, 2000, рис. 11, 1, 2; 12, 1]
<i>Сейминско-турбинские</i> (8 экз.) Могильники Турбино 1 (2 экз.), Мурзиха 1, Сейма (2 экз.), Юринский (3 экз.)	[Черных, 1970, рис. 57, 3; Черных, Кузьминых, 1989, рис. 58, 2–5, 9; Соловьев, 2005, рис. 3, 26; 6, 4, 5]
<i>Петровские</i> (12 экз.) Погребения в могильниках Верхняя Алабуга (3 экз.), Кенес, Жаман-Каргала 2, Кривое Озеро (2 экз.), Токанай 1, Бестамак (4 экз.)	[Потемкина, 1985, рис. 80, 11, 12; 82, 18; Зданович Г.Б., 1988, рис. 30, 1; Ткачев В.В., 1998, рис. 8, 7; Виноградов, 2003, рис. 11, 9; 103, 4; Логвин, 2005, рис. 1, 4; Калиева, Логвин, 2008, рис. 11, 13; 14, 15; 16, 14; 18, 24]
<i>Покровские</i> (16 экз.) Погребения в могильниках Горный, Скатовка, Бородаевка 2, Старицкое, Быково, Покровский (4 экз.), Бережновский 2 (2 экз.), Чулпан, Неприк, Владимировский, Вертячий, Степная	[Черных, 1970, рис. 57, 30, 32, 34–36, 38, 40, 41; Шарфутдинова, 1995, рис. 2, 9; 3, 18; Памятники..., 1993, табл. 9, 26; 14, 18; 26, 8; Семенова, 2000, рис. 7, 3, 8; Кузьмина О.В. и др., 2003, рис. 4, 2]
<i>Раннесрубные</i> (9 экз.) Погребения в Павловском, Радченском, Краснопольском, Скорняковском, Кротовском, Ново-Бахметьево, Александровском (2 экз.) могильниках, поселение Надеждино-Куракино	[Сальников, 1967, рис. 21, 1, 2; Синюк, Погорелов, 1986, рис. 2, 15; Синюк, 1996, рис. 60, 4; Черных, 1970, рис. 57, 29, 31, 33, 37; Кривцова-Гракова, 1955, рис. 12, 7]
<i>Алакульские</i> (2 экз.) Курган у г. Орска, могильник Увак	[Кузьмина Е.Е., 1994, рис. 30, 41; Андроновская культура, 1966, табл. XXXVII, 3]

В слое поселения Устье обнаружено также 14 экз. *шильев*, которые подразделяются на типы: **обоюдоострые с утолщением-упором** (рис. 2, 22, 23), **обоюдоострые без упора** (рис. 2, 24–31) и **односторонние орудия** (рис. 2, 32–35). Сечение корпуса чаще квадратное, реже прямоугольное, в единичных случаях округлое, утолщение-упор либо смещено к верхнему окончанию изделия, либо находится в середине, длина варьируется от 13,3 до 3 см.

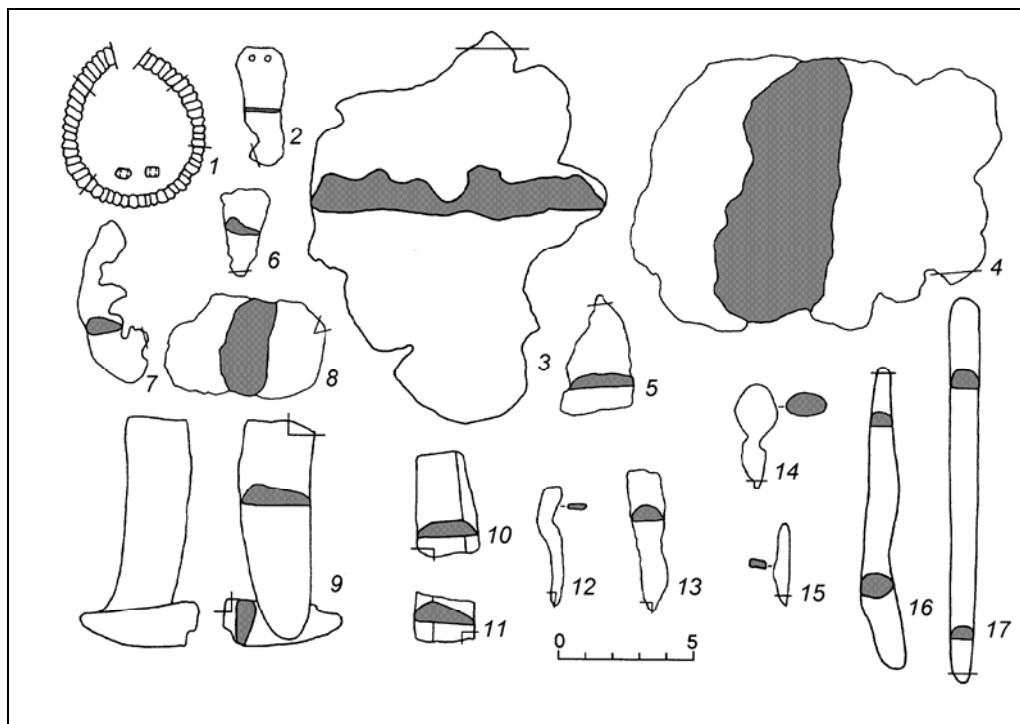
Одним экземпляром представлена **заклепка-гвоздик**, представляющая собой стержневидное изделие высотой 0,8 см, диаметром 0,4 см с уплощенной шляпкой (рис. 2, 36). Идентичные заклепки обнаружены в синташтинских материалах могильников Синташтинский большой, Кривое Озеро, Танаберген 2 [Генинг и др., 1992, рис. 79, 7; Виноградов, 2003, рис. 75, 5–10; Ткачев В.В., 2007, рис. 9, 4].

Единичны украшения — браслет и подвеска. **Браслет** диаметром 5,7 см, составлен из бусин биконической формы в количестве 50 экз. (рис. 3, 1). Подобные украшения, обнаруженные как на запястье и предплечье рук, так и на щиколотках обеих ног умерших, найдены в синташтинских погребениях могильников Синташтинский большой, Кривое Озеро и в материалах петровских и алакульских могильников — Кулевчи VI, Токанай 1, Атасу 1, Койшоки II, Чистолебяжье,

## Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1

Хрипуновский [Виноградов, 1984, рис. 9, 26–28, с. 150; 2003, рис. 43, 4; 64, 13; Кадырбаев, Курманкулов, 1992, рис. 50, 5, 6; 76, 19; Матвеев, 1998, рис. 14, 6; 41, 6; 51, 10; 54, 16, 19; Логвин, 2005, рис. 1, 11].

Морфологически невыразительна **подвеска** в виде прямоугольной пластины длиной 4,2 при ширине в верхней части 1,5 см (рис. 3, 2).

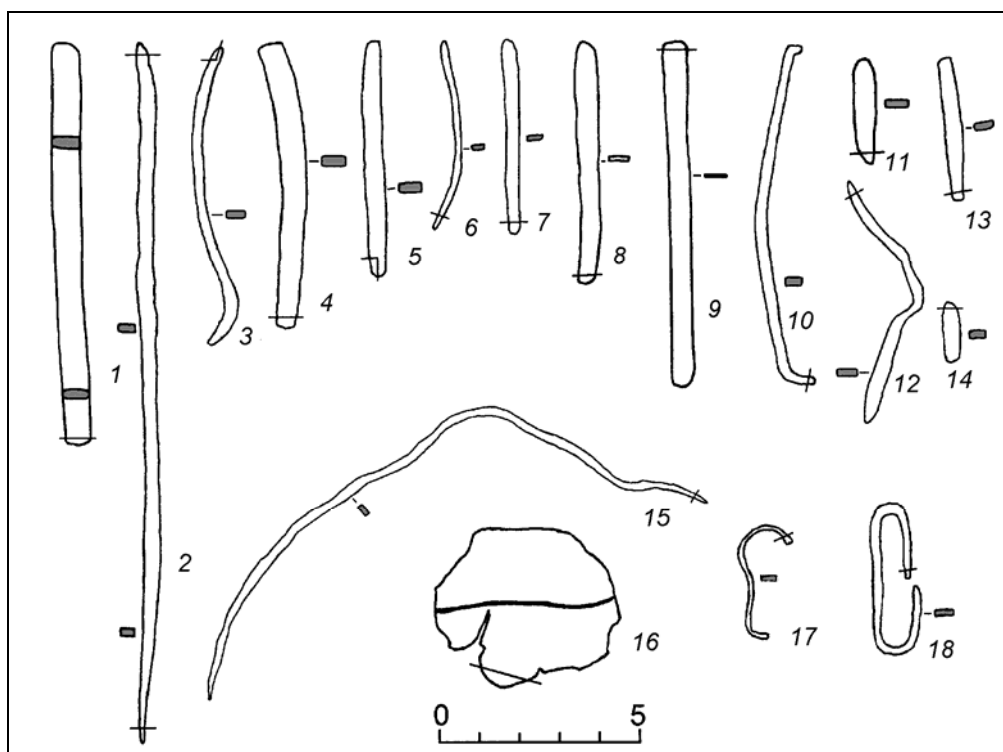


**Рис. 3.** Украшения и слитки поселения Устье (секущими линиями показаны срезы на шлифы):  
1 — браслет (ан. 574, 576–580); 2 — подвеска (ан. 597); 3–8, 14 — слитки, выплавленные в сосудах (ан. 453, 572, 583, 585, 592, 586, 596); 9–13, 16, 17 — слитки, выплавленные в формах (ан. 458, 458а, 465, 467, 594, 595, 464, 487); 15 — сплеск (ан. 616)

Для аналитического исследования было отобрано 33 экз. **слитков, сплесков**, а также 36 экз. **заготовок** в виде прутков и пластин. Самые крупные слитки из углубления в северной части котлована помещения 3 весят 680 г и 390 г. Как показало металлографическое исследование, все исследованные слитки относятся к числу рафинированных, черновые слитки не обнаружены. Они подразделяются на изделия, выплавленные на дне сосудов или же в тиглях (рис. 3, 3–8, 14), а также отлитые в односторонних литейных формах (рис. 3, 9–13, 16, 17). В поперечнике или в длину изделия достигают 3–15 см.

Заготовки-полуфабрикаты, деформированные после литья с разными степенями обжатия, представлены прутками, полосовыми заготовками, имеющими длину от 1,5 до 18 см, в сечении прямоугольные (рис. 4, 1–15). Они использовались, судя по сечению, для изготовления скоб, проколов, небольших шильев. Одна листовая заготовка в плане круглая, диаметром 4 см; по всей видимости, ковали в качестве украшения (рис. 4, 16). Кроме того, в слое поселения обнаружены две скобы, достигающие в длину 2,5 и 3,5 см (рис. 4, 17, 18). Подобные скобы использовались для ремонта как глиняных сосудов, так и изделий из дерева. Они характерны для широкого круга евразийских культур, в частности для памятников потаповского типа, позднеабашевских древностей Подонья, синташтинских, петровских и алакульских захоронений [Дегтярева, 2010, с. 138].

Статистическая обработка аналитических данных позволила выделить в металле поселения Устье четыре металлургические группы или рецепта сплавов: чистую медь, двойные сплавы — оловянную и мышьяковую бронзы, а также многокомпонентный сплав — оловянно-мышьяковую бронзу (табл. 2, 3; рис. 5).



**Рис. 4.** Заготовки-полуфабрикаты (1–16) и скобы (17–18) поселения Устье  
(секущими линиями показаны срезы на шлифы):

1 — ан. 483; 2 — ан. 590; 3 — ан. 601; 4 — ан. 610; 5 — ан. 611; 6 — ан. 613; 7 — ан. 614; 8 — ан. 584; 9 — ан. 485; 10 — ан. 575; 11 — ан. 607; 12 — ан. 606; 13 — ан. 612; 14 — ан. 615; 15 — ан. 600; 16 — ан. 481; 17 — ан. 573; 18 — ан. 588

Ведущей металлургической группой в металле поселения Устье является «чистая» медь (53,4 %). В ее составе три слитка и два шила, изготовленные из чистой окисленной меди с включениями эвтектики  $\text{Cu-Cu}_2\text{O}$ . Группа в основном представлена слитками и заготовками (71,4 %), оставшаяся треть предметов — орудия труда.

Вторая по численности группа — мышьяковая бронза или мышьяковая медь (25,4 %). Эта группа относится к категории низколегированных, у 93,3 % изделий примесь мышьяка колеблется в пределах от 0,1 до 2 %. Лишь два предмета — слиток и нож имеют концентрацию As 4–7 %. Из металла этой группы изготовлены орудия труда, украшения, заготовки, скобы, несколько слитков. Для нее характерны низкие концентрации олова в пределах тысячных долей процента и повышенные концентрации никеля, достигающие до десятых долей процента (табл. 1; рис. 6).

При выделении группы мышьяковых бронз исследователи используют в качестве границы разные пороговые величины As — от 0,1 до 1 % и даже 5 % [Eaton, Nckerrrell, 1976, p. 169–170]. Отмечая трудности, связанные с вычленением границы легирования металла мышьяком, Е.Н. Черных выявил на примере металла северокавказской культуры определенные закономерности в подборе сырья для литых украшений и кованных после отливки орудий. Литые украшения содержали более высокие концентрации As, в то время как орудия второй группы имели примеси от 0,25 до 4 %, что, по мнению исследователя, явно свидетельствовало о знании свойств медно-мышьяковых сплавов и умелом их применении в зависимости от выбора соответствующей технологии изготовления [Черных, 1966, с. 42]. Рассматривая металл синташтинских могильников, Е.Н. Черных отнес основную часть изделий могильника Синташтинский большой с повышенными концентрациями мышьяка к ранее выделенной на материалах Волго-Уралья ташказганской группе — естественных медно-мышьяковых сплавов [Черных, 1970, с. 15; Chernykh, 1992, p. 231–232]. В одной из недавних работ Е.Н. Черных использовал для обозначения группы с повышенными концентрациями мышьяка абашевской и синташтинской культур термин «мышьяковая медь», имея в виду ее естественное происхождение из руды Таш-Казганского месторождения [2007, с. 81]. По данным Л.И. Авиловой, собравшей и обработавшей огромную

## Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1

базу данных по металлу Ближнего Востока, основная масса изделий РБВ и СБВ содержит невысокие концентрации мышьяка (до 1–2 %), что связано с повышенной летучестью и потерями мышьяка при его нагревах [2008, с. 20] Для определения границы легированных мышьяковых сплавов исследователь предложила пороговую величину 0,5 %.

Таблица 2

### Результаты атомно-эмиссионных и спектральных анализов металла поселения Устье<sup>2</sup>

№	Предмет	№ рис.	№ спектр. ан.	№ структур. ан.	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Au
1	Нож	2, 14	008	452	Осн.	0,4	0,03	0,006	0,001	0,01	0,02	0,05	0,3	<0,0002	<0,001	<0,001
2	Слиток	3, 3	38564	453	Осн.	<0,0005	0,002	0,06	0,0002	0,04	<0,01	0,02	0,05	<0,0002	<0,001	<0,001
3	Серп	2, 3	010	454	Осн.	0,1	0,02	0,02	0,002	0,001	<0,01	0,04	1,4	0,001	<0,001	<0,001
4	Серп	2, 5	013	457	Осн.	0,5	0,04	0,025	0,05	0,04	0,01	0,08	0,03	0,003	<0,0001	0,001
5	Слиток	3, 9	38556	458	Осн.	0,0013	0,0001	0,0017	0,0036	0,038	—	0,0046	0,028	0,0043	0,0011	0,0002
6	Слиток	3, 9	38557	458а	Осн.	0,0016	0,0001	0,0012	0,0045	0,058	—	0,0046	0,028	0,0043	0,0011	0,0003
7	Нож	2, 8	017	460	Осн.	0,07	0,02	0,05	0,0002	0,001	<0,01	0,01	0,2	0,005	<0,001	<0,001
8	Нож	2, 9	018	461	Осн.	0,1	0,07	0,06	0,001	0,001	<0,01	<0,01	0,02	0,002	<0,001	<0,001
9	Нож	2, 18	020	463	Осн.	0,4	0,006	0,08	0,003	0,003	0,005	0,01	0,05	0,002	<0,0004	0,0002
10	Слиток	3, 16	021	464	Осн.	8	0,2	0,06	0,02	0,02	0,07	0,1	0,02	0,003	0,004	0,0004
11	Слиток	2, 10	38553	465	Осн.	0,0024	0,0041	0,0009	0,0095	0,0037	0,0008	0,0046	0,4	0,0039	0,0021	—
12	Шило	2, 22	023	466	Осн.	0,03	0,04	0,06	0,0002	0,004	<0,001	0,04	0,4	0,003	0,004	<0,001
13	Слиток	3, 11	024	467	Осн.	0,004	0,005	0,07	0,2	0,02	0,005	0,01	0,03	0,0005	0,004	0,002
14	Нож	2, 15	025	468	Осн.	0,4	0,01	0,1	0,005	0,01	0,02	0,1	0,2	0,001	0,0004	0,001
15	Нож	2, 11	026	479	Осн.	0,03	0,03	0,06	0,0002	0,002	<0,001	0,03	0,1	0,002	<0,004	<0,001
16	Нож-пила	2, 7	027	480	Осн.	0,003	0,01	0,15	0,0002	0,002	<0,01	<0,01	0,02	0,002	0,0004	<0,001
17	Заготовка	4, 16	028	481	Осн.	0,0005	0,01	0,008	0,0005	0,02	<0,001	0,07	0,06	0,004	<0,001	<0,001
18	Серп	2, 6	029	482	Осн.	0,004	0,001	0,07	0,0003	0,001	<0,001	0,02	0,4	0,01	0,004	<0,001
19	Слиток	4, 1	030	483	Осн.	0,05	0,05	0,08	0,02	0,005	0,03	0,01	0,1	0,02	0,0004	0,0006
20	Крюк	2, 21	031	484	Осн.	0,3	0,1	0,07	0,06	0,1	0,02	0,05	0,4	0,007	0,0004	<0,001
21	Заготовка	4, 9	205	485	Осн.	0,02	0,02	0,018	0,015	0,001	<0,01	0,001	0,09	0,003	<0,001	0,001
22	Нож	2, 12	032	486	Осн.	0,45	0,03	0,008	0,008	0,05	0,01	0,06	0,04	0,005	<0,001	<0,001
23	Слиток	3, 17	033	487	Осн.	0,3	0,02	0,009	0,003	0,003	0,007	<0,01	0,14	0,06	<0,001	<0,001
24	Шило	2, 27	38534	488	Осн.	—	0,037	—	—	0,0037	0,0046	—	0,017	0,0007	0,001	—
25	Долото	2, 2	035	489	Осн.	0,007	0,004	0,014	0,003	0,01	<0,01	<0,01	0,07	0,003	<0,001	<0,001
26	Долото	2, 1	206	571	Осн.	0,75	0,012	0,03	0,003	0,009	<0,01	0,18	0,15	0,006	0,003	0,001
27	Слиток	3, 4	207	572	Осн.	0,003	0,008	0,125	0,001	0,001	<0,05	0,06	0,145	0,004	0,003	0,002
28	Скоба	4, 17	38551	573	Осн.	0,013	0,011	0,0017	0,0003	0,0006	0,0008	0,01	0,35	0,0013	0,0011	—
29	Пруток	4, 10	208	575	Осн.	2,16	0,08	0,01	0,001	0,003	<0,01	0,02	0,01	0,002	0,002	0,001
30	Шило	2, 26	38525	581	Осн.	3,6	0,0025	0,0009	0,0016	0,0082	0,0016	0,0046	0,27	0,0073	0,0017	—
31	Слиток	3, 5	216	583	Осн.	<0,005	0,004	0,02	0,001	0,001	<0,01	0,03	0,58	0,004	0,02	0,001
32	Заготовка	4, 8	38537	584	Осн.	<0,005	0,01	0,08	0,002	0,01	<0,01	0,02	0,34	0,005	<0,001	0,001
33	Слиток	3, 6	218	585	Осн.	0,009	0,007	0,04	0,002	0,002	<0,01	0,01	0,12	0,004	<0,001	0,001
34	Скоба	4, 18	221	588	Осн.	<0,005	0,01	0,04	0,003	0,001	<0,01	0,01	0,03	0,003	<0,001	0,001
35	Шило	2, 32	223	589	Осн.	<0,005	0,03	0,02	0,001	0,0005	<0,01	0,01	0,07	0,002	<0,001	0,001
36	Шило	4, 2	224	590	Осн.	<0,001	0,008	0,05	0,002	0,0004	<0,01	0,0007	0,07	0,002	<0,001	0,001
37	Шило	2, 24	225	591	Осн.	<0,001	0,009	<0,002	0,001	0,001	0,14	0,06	0,01	0,01	<0,001	0,001
38	Слиток	3, 7	226	592	Осн.	0,01	0,01	0,04	0,002	0,001	<0,01	0,05	0,02	0,002	<0,001	0,001
38	Шило	2, 25	38523	593	Осн.	2,7	0,096	0,0009	0,0009	0,0094	0,0091	0,035	1,2	0,052	0,0039	0,0002
40	Слиток	3, 12	228	594	Осн.	0,03	0,003	0,03	0,001	0,001	<0,01	0,01	0,46	0,005	<0,001	0,001
41	Слиток	3, 13	229	595	Осн.	0,02	0,01	0,04	0,001	0,005	<0,01	0,03	0,34	0,014	<0,001	0,001
42	Слиток	3, 14	230	596	Осн.	4,65	0,11	0,07	0,01	0,02	<0,05	0,1	0,09	0,017	0,004	0,001
43	Заготовка	4, 3	235	601	Осн.	0,009	0,04	0,05	0,5	0,003	<0,01	0,06	0,06	0,003	0,004	<0,001
44	Шило	2, 29	236	602	Осн.	4	0,23	0,04	0,007	0,01	<0,01	0,4	0,05	0,008	0,003	<0,001
45	Шило	2, 33	38527	603	Осн.	0,075	0,0037	—	—	0,0009	—	0,0046	0,13	0,0025	0,0011	—
46	Шило	2, 35	238	604	Осн.	2,22	0,1	0,04	0,002	0,002	<0,01	0,04	0,18	0,009	0,003	<0,001
47	Нож	2, 19	239	605	Осн.	0,07	0,02	0,01	0,004	0,003	<0,01	0,01	0,01	0,001	<0,001	0,006
48	Пластина	4, 11	241	607	Осн.	3,36	0,37	0,06	0,005	0,031	<0,01	0,15	0,02	0,006	0,004	<0,001
49	Пластина	4, 4	244	610	Осн.	0,02	0,004	0,05	0,001	0,006	<0,01	0,06	0,11	0,05	0,003	<0,001
50	Стержень	4, 5	38531	611	Осн.	0,027	0,006	—	0,0026	0,0072	—	0,009	0,054	0,0039	0,0017	—
51	Стержень	4, 6	38532	613	Осн.	0,047	0,0006	—	0,0003	0,0009	—	0,0053	0,1	0,0067	0,0014	—
52	Скоба	4, 7	248	614	Осн.	0,02	0,04	0,05	0,001	0,003	<0,05	0,07	0,08	0,005	0,003	0,002
53	Нож	—	38520	—	Осн.	1,1	0,031	0,001	0,0006	0,016	0,023	0,025	0,23	0,0096	0,0017	—
54	Слиток	—	38554	—	Осн.	0,0032	0,0047	0,0009	0,17	0,032	0,0047	0,0079	0,017	0,0016	0,0011	0,001
55	Пластина	—	38560	—	Осн.	0,0055	0,0041	0,001	0,015	0,023	—	0,007	0,23	0,003	0,0014	0,0008
56	Пластина	—	38561	—	Осн.	0,0016	0,0003	0,0014	—	0,0001	—	0,0061	0,086	0,0067	0,0011	—
57	Слиток	—	38568	—	Осн.	1,9	0,0037	0,0009	0,0003	0,0025	—	0,023	0,017	0,0073	0,0014	0,0005
58	Слиток	—	38569	—	Осн.	0,014	0,006	0,0009	0,0009	0,0001	0,0019	0,013	0,008	0,0016	0,0014	0,0015
59	Слиток	—	38570	—	Осн.	0,02	0,0007	0,0008	—	0,0002	—	0,0034	0,001	0,0011	0,0011	—
60	Сплекс	—	38571	—	Осн.	0,0022	0,0006	0,001	—	0,0001	—	0,007	0,001	0,0067	0,0011	—
61	Сплекс	—	38572	—	Осн.	6,2	0,15	0,001	0,016	0,032	0,018	0,14	0,4	0,015	0,0019	0,0005
62	Сплекс	—	38573	—	Осн.	0,0097	0,031	0,0012	—	0,0001	—	0,0029	0,046	0,0039	0,0021	—
63	Сплекс	—	38574	—	Осн.	1	0,024	0,0009	0,0012	0,016	0,015	0,19	0,017	0,012	0,0011	0,0002
64	Сплекс	—	38575	—	Осн.	0,006	0,096	0,0008	—	0,0029	—	0,0046	0,001	0,0047	0,0011	—
65	Слиток	—	38563	—	Осн.	0,0009	0,0041	0,0009	—	0,011	—	0,0029	0,001	0,0096	0,0014	—
66	Слиток	—	38565	—	Осн.	0,0009	0,031	0,0009	0,0003	0,0002	—	0,0021	0,1	0,0013	0,0021	—
67	Слиток	—	38566	—	Осн.	0,0066	0,006	0,0008	0,0003	0,0003	—	0,0034	0,001	0,0008	0,0014	—
68	Пластина	—	38535	—	Осн.	0,0005	0,0022	0,0017	—	0,0001	—	0,0079	0,18	0,0017	0,0011	—
69	Пластина	—	38536	—	Осн.	0,047	0,024	0,001	0,001	0,0029	0,0027	0,009	0,086	0,0067	0,0014	—

<sup>2</sup> Анализы с трехзначными номерами произведены в лаборатории Института неорганической химии СО РАН, с пятизначными — в лаборатории естественно-научных методов Института археологии РАН.

№	Предмет	№ рис.	№ спектр. ан.	№ структур. ан.	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Au
70	Пластина	—	38539	—	Осн.	0,011	0,0012	—	0,0003	0,0009	0,0016	0,011	0,12	0,0061	0,011	—
71	Пластина	—	38544	—	Осн.	—	0,0086	0,0012	—	0,0003	0,0014	0,0021	0,02	0,0016	0,0021	—
72	Пластина	—	38546	—	Осн.	2,3	0,021	0,0017	0,0008	0,0055	0,012	0,013	0,65	0,014	0,0014	—
73	Пластина	—	38548	—	Осн.	0,001	0,0002	0,0009	0,0003	0,0042	0,0016	0,081	0,12	0,012	0,0014	—
74	Пластина	—	38549	—	Осн.	0,0009	0,016	0,001	0,0003	0,0048	—	0,007	0,18	0,0021	0,0014	—
75	Скоба	—	38550	—	Осн.	0,047	0,0007	0,0012	0,0006	0,0033	0,0008	0,0061	0,35	0,0013	0,0021	—
76	Скоба	—	38552	—	Осн.	0,0009	0,0018	0,0017	0,0004	0,0006	—	0,0061	0,086	0,0025	0,0024	—
77	Шило	—	38522	—	Осн.	0,013	0,047	0,0012	0,0003	0,0042	—	0,028	1,3	0,015	0,0024	0,0002
78	Шило	—	38528	—	Осн.	0,0066	0,006	0,0008	—	0,0014	—	0,0029	0,18	0,0027	0,0011	—
79	Шило	—	38533	—	Осн.	0,0007	0,0018	0,0012	0,0003	0,0014	—	0,0061	0,4	0,0013	0,0012	—
80	Стержень	—	38529	—	Осн.	0,005	0,024	0,0012	—	0,001	0,0019	0,0079	0,024	0,0007	0,0011	—
81	Стержень	—	38530	—	Осн.	0,0005	0,0011	—	—	0,0016	—	0,0029	0,23	0,0017	0,0011	—
82	Пластина	—	38542	—	Осн.	4,7	0,26	0,001	0,0086	0,023	0,0083	0,24	0,0005	0,0043	0,0021	—
83	Пластина	—	38559	—	Осн.	8,4	0,027	0,001	0,027	0,027	0,16	0,54	0,0032	0,024	0,0021	0,0007
84	Сплекс	—	38573	—	Осн.	0,0097	0,031	0,0012	—	0,0001	—	0,0029	0,046	0,0039	0,0021	—
85	Сплекс	—	38574	—	Осн.	1	0,024	0,0009	0,0012	0,016	0,015	0,19	0,017	0,012	0,0011	0,0002
86	Шило	2, 34	242	608	Осн.	0,0416	0,0082	0,082	0,00061	0,002	<0,05	0,046	0,1355	0,00423	0,0018	<0,001
87	Сплекс	—	38575	—	Осн.	0,006	0,096	0,0008	—	0,0029	—	0,0046	0,001	0,0047	0,0011	—
88	Нож	2, 10	012	456	Осн.	0,2	0,02	0,06	0,003	0,02	<0,01	0,4	0,2	0,002	0,0004	0,0004
89	Нож	2, 16	38521	455	Осн.	1,7	0,13	0,0017	0,0062	0,0016	0,0091	0,1	0,4	0,043	0,0039	—
90	Серп	2, 4	016	459	Осн.	0,004	0,007	0,08	0,0002	0,01	0,01	0,2	0,5	0,0002	<0,001	<0,001
91	Нож	2, 17	019	462	Осн.	0,0005	0,0004	0,1	0,0002	0,02	0,005	0,9	0,08	0,01	0,001	0,003
92	Бусина	3, 1	209	574	Осн.	0,001	0,006	0,01	0,001	0,008	<0,01	0,1	0,1	0,01	0,005	0,002
93	Бусина	3, 1	209а	576	Осн.	0,001	0,004	0,01	0,001	0,008	<0,01	0,1	0,19	0,01	0,004	0,002
94	Бусина	3, 1	210	577	Осн.	0,001	0,006	0,02	0,001	0,02	<0,01	0,3	0,35	0,025	0,002	0,001
95	Бусина	3, 1	211	578	Осн.	0,001	0,005	0,03	0,001	0,04	<0,01	0,1	0,26	0,043	0,005	0,001
96	Бусина	3, 1	212	579	Осн.	0,001	0,006	0,03	0,001	0,03	<0,01	0,1	0,26	0,037	0,004	0,001
97	Бусина	3, 1	213	580	Осн.	0,004	0,008	0,09	0,12	0,08	<0,01	0,6	0,06	0,068	0,002	0,001
98	Нож	2, 20	215	582	Осн.	0,01	0,06	0,12	0,02	0,05	<0,01	1,3	0,22	0,085	0,003	0,001
99	Слиток	3, 8	219	586	Осн.	0,02	0,005	0,01	0,16	0,004	<0,01	7	0,02	0,004	0,009	0,015
100	Нож	2, 13	220	587	Осн.	<0,001	0,003	0,02	0,003	0,004	<0,01	4	0,12	0,042	0,001	0,001
101	Подвеска	3, 2	231	597	Осн.	0,02	0,009	0,04	0,003	0,08	<0,01	0,1	0,06	0,003	0,003	0,001
102	Шило	2, 30	232	598	Осн.	<0,001	0,004	0,02	0,001	0,015	<0,01	1,2	0,07	0,017	0,004	0,001
103	Шило	2, 23	233	599	Осн.	0,01	0,007	0,04	0,001	0,02	<0,01	0,15	0,25	0,047	0,004	0,006
104	Заготовка	4, 15	234	600	Осн.	<0,001	0,003	0,04	0,001	<0,001	<0,01	0,1	0,04	0,005	0,005	0,001
105	Заготовка	4, 12	38538	606	Осн.	0,0072	0,021	0,0046	0,00029	0,089	0,05	1,2	0,35	0,047	0,0032	0,0011
106	Шило	2, 31	38536	609	Осн.	0,005	0,0002	0,001	0,0004	0,0027	0,0014	0,3	0,18	0,064	0,0036	—
107	Сплекс	3, 15	250	616	Осн.	0,068	0,0204	0,0447	0,00259	0,02	<0,05	0,2	0,2045	0,03385	0,0058	0,0013
108	Шило	—	38526	—	Осн.	0,005	0,0002	0,001	0,0004	0,0027	0,0014	0,3	0,18	0,064	0,0036	—
109	Шило	—	38524	—	Осн.	0,16	0,0047	0,0012	0,0003	0,014	0,0034	0,37	0,35	0,12	0,0017	0,0002
110	Пластина	—	38547	—	Осн.	0,002	0,0012	0,001	0,0005	0,016	0,0034	0,1	0,15	0,0096	0,0014	0,0013
111	Пластина	—	38545	—	Осн.	0,0038	0,024	—	0,0016	0,014	0,0021	0,21	0,18	0,064	0,0086	0,0002
112	Пластина	—	38543	—	Осн.	0,0011	0,0047	0,0009	0,0003	0,038	0,0027	0,17	0,18	0,0016	0,0017	—
113	Пластина	4, 13	38540	612	Осн.	—	0,0002	0,001	0,0003	0,0002	0,0001	0,1	0,02	0,017	0,0024	—
114	Пластина	4, 14	38541	615	Осн.	0,001	0,0012	0,0012	0,0003	0,43	0,0063	2,3	0,028	0,064	0,0032	0,0022
115	Пластина	—	38538	—	Осн.	0,0072	0,021	0,0046	0,0029	0,089	0,05	1,2	0,35	0,047	0,0032	0,0011
116	Слиток	—	38567	—	Осн.	0,013	0,0029	0,0012	0,27	0,0052	0,023	1,7	0,063	0,008	0,034	0,037
117	Пластина	—	38562	—	Осн.	0,0066	0,0037	0,0012	0,001	0,032	0,0016	0,33	0,13	0,018	0,0019	0,0005
118	Накладка	—	38558	—	Осн.	—	0,0025	0,0012	0,0003	0,076	0,0047	0,21	0,063	0,0073	0,0011	0,0008

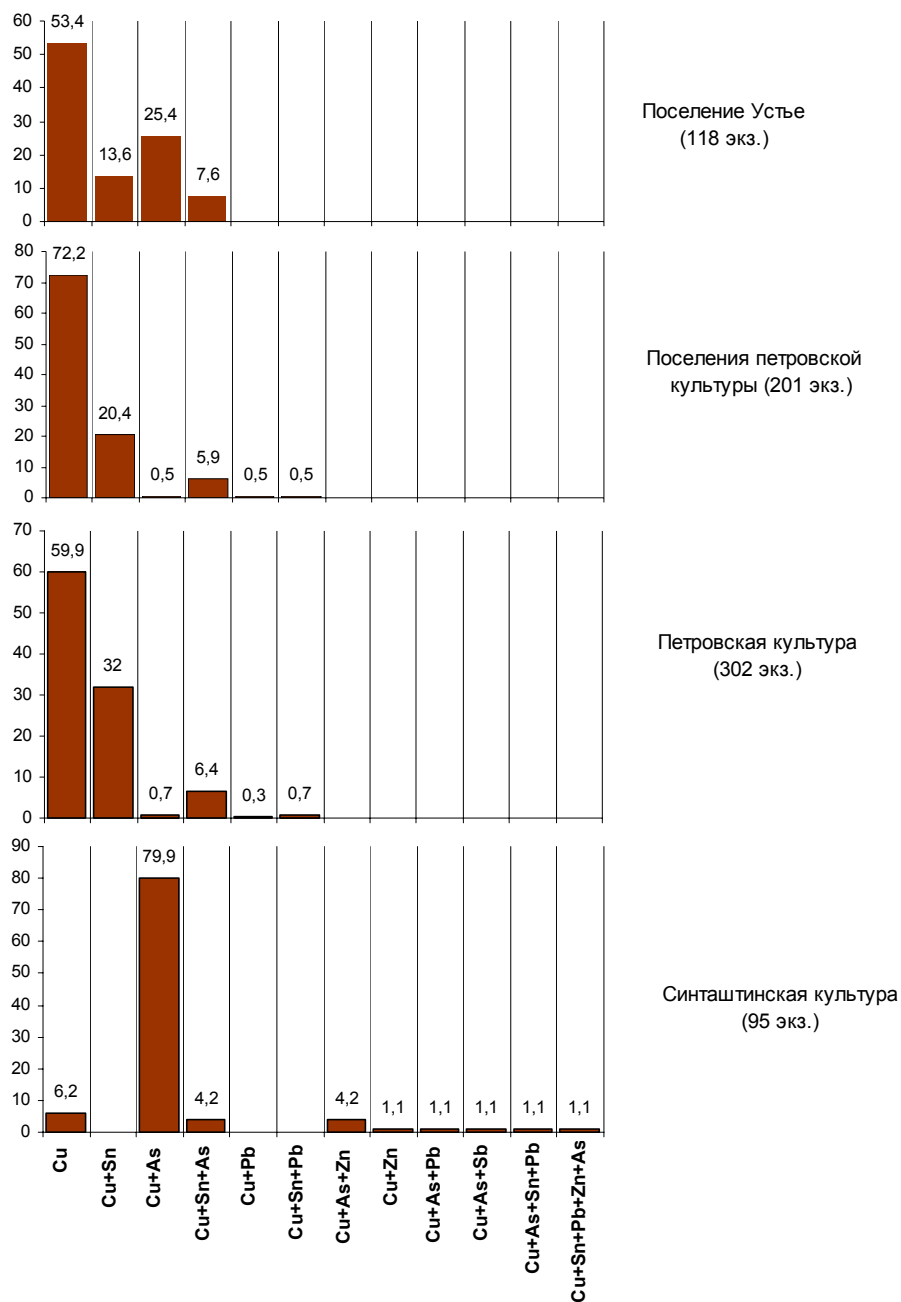
Таблица 3

## Распределение металла поселения Устье на металлургические группы

Категория	Cu	Cu + Sn	Cu + Sn + As	Cu + As	Всего
Орудия труда	18/43,9	10/24,4	3/7,3	10/24,4	41/100
Украшения	—	—	—	8/100	8/100
Слитки	23/69,7	4/12,1	3/9,1	3/9,1	33/100
Заготовки, скобы	22/61,1	2/5,6	3/8,3	9/25	36/100
<b>Итого</b>	<b>63/53,4</b>	<b>16/13,6</b>	<b>9/7,6</b>	<b>30/25,4</b>	<b>118/100</b>

Перечень точек зрения по этому вопросу, подкрепленных экспериментальными данными по выплавке металла из руды, приведен И.Г. Равич и Н.В. Рындиной [1999, с. 81–83]. Авторы отмечают, что большинство исследователей, как российских [Пазухин, 1964; Кашкай, Селимханов, 1973], так и зарубежных [Budd et al., 1992, р. 4–5; McKerrel, Tylekote, 1972, р. 212; Eaton, McKerrel, 1976, р. 177–178; Rovira, 1990], придерживаются мнения о получении мышьяковых бронз прямым сплавлением медных и мышьяковых рудных минералов, как окисленных, так и сульфидных, предварительно отоженных. При этом контролировать содержание мышьяка в конечном металле практически невозможно в силу значительной летучести окислов мышьяка и его возгонки; именно этим объясняется низкая концентрация мышьяка в сплавах. Другие авторы склоняются к гипотезе об искусственном происхождении примеси мышьяка, но при этом не приводят доказательств процесса производства бронзы [Lechtman, 1996].

## Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1



**Рис. 5.** Распределение цветного металла пос. Устье, петровской и синташтинской культур на металлургические группы (значения в %)

Экспериментальные выплавки мышьяковых бронз достаточно успешно осуществлялись В.А. Пазухиным в процессе совместного обжига окисленных медных и сульфидных руд мышьяка — реальгара, аурипигмента, арсенопирита. При этом взаимодействие компонентов происходило до начала плавления металла в процессе улетучивания мышьяка, готовый сплав содержал до 8 % мышьяка. Возгонка последнего продолжалась даже после завершения металлургического процесса при остывании печи и при каждой его последующей переработке, в том числе при ковке, сопровождаемой нагревами [Пазухин, 1964, с. 156; McKerrel, Tylecote, 1972, р. 216–217]. Поскольку на гистограмме распределения концентраций примесей As была достаточно отчетливо видна совокупность анализов с границами в интервале от 0,1 до 3 %, при этом свыше 80 % предметов имели концентрации As до 1,5 %, в качестве нижнего порога легирования

сплава мышьяком нами принята условная величина  $> 0,1\%$  (рис. 6). Для олова нами определена граница выше —  $> 0,3-0,5\%$ .

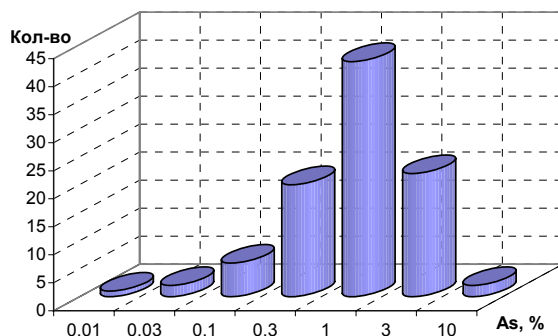


Рис. 6. Распределение концентраций примеси As в металле синташтинской культуры (95 экз.)

Доля группы оловянных бронз составляет 13,6 % от общей совокупности. В нее входят преимущественно орудия труда и слитки. Оловянные бронзы также относятся к категории низколегированных сплавов с содержанием олова в пределах 0,4–8 %.

Последняя группа представлена комплексной оловянно-мышьяковой бронзой — 9 предметов (орудия, слитки, заготовки). Концентрации олова находятся в пределах 0,3–8,4 %, мышьяка — 0,15–0,54 %.

Сопоставляя распределение сплавов в металле поселения Устье и в металлокомплексах петровской и синташтинской культур, нетрудно заметить, что по преобладанию группы «чистой» меди и наличию группы оловянной бронзы комплекс Устья сходен с поселенческим (и в целом с выборкой) петровской культуры Среднего Притоболья (рис. 5). В то же время в последних выборках доля мышьяковой бронзы не превышает 0,7 %, ниже доля и оловянно-мышьяковых бронз, присутствуют изделия из оловянно-свинцовой бронзы. В материалах синташтинской культуры лидирует группа мышьяковой бронзы, низка доля группы «чистой» меди и оловянно-мышьяковой бронзы, отсутствуют изделия из оловянной бронзы. По составу инвентаря и распределению по металлургическим группам (сплавам) металл Устья сходен с ранее исследованным металлокомплексом петровского поселения Кулевчи 3, в котором, однако, совершенно отсутствовали изделия группы мышьяковой бронзы [Дегтярева и др., 2001, с. 35–37]. Таким образом, можно сделать вывод о неоднородности коллекции поселения Устье, с преобладанием в ее составе металла петровской культуры, представленного группами «чистой» меди, оловянной бронзы, частично оловянно-мышьяковой бронзы. Синташтинский металл может быть сопоставим с группой мышьяковой бронзы и в очень небольшой части — оловянно-мышьяковой бронзы и «чистой» меди.

Сырьем для изготовления орудийного комплекса служили «чистая» медь (примерно половина изделий), в том числе окисленная, низколегированные оловянные или мышьяковые бронзы (по 24,4 % соответственно), в меньшей степени комплексные оловянно-мышьяковые бронзы (7,3 %). Так, долото с разомкнутой кованой втулкой изготовлено из низколегированной оловом бронзы (Sn 0,75 %) с примесью мышьяка 0,18 %. Предварительно была отлита заготовка орудия в виде трапециевидного бруска в односторонней литейной форме с плоской крышкой (ан. 571). Далее орудие было подвергнуто доработке ковкой, направленной на плющение и свертывание втулки на оправке округлого профиля, а также на растяжку и заострение рабочего окончания. Ковка рабочей части орудий сопровождалась незначительным обжатием 20–40 %, о чем свидетельствует расположение дендритов, практически не измененных деформирующим воздействием. Судя по измельченности рекристаллизованных участков, доработка протекала при низких температурах — в режиме неполной горячейковки 300–500 °С. Черешковое долото изготовлено из «чистой» меди с использованием только кузнечных технологий в режиме неполной горячейковки (ан. 489). Использование значительных степеней обжатия металла порядка 80–90 % привело к появлению в микроструктуре металла трещин напряжения.

Аналитически изучены четыре серпа, отлитые в двух случаях из меди, по одному — из оловянной (Sn 0,5 %) и мышьяковой бронзы (As 0,2 %). В процессе литья в односторонние литейные формы с плоскими крышками были получены качественные отливки с ровной поверхно-

стью. Лишь на одном серпе заметно явление коробления металла по продольной оси — вследствие перегрева расплава в сочетании с его заливкой в холодную непрогретую форму (ан. 457). Полученные отливки подвергались кузнечной доработке, направленной на устранение пороков литья и растяжку лезвийной части. Судя по характеру микроструктур, существенные степени обжатия порядка 70–80 % были предприняты в районе лезвийной кромки, в то время как вдали от нее деформация была минимальной, не свыше 20 %. Ковка протекала либо в горячую при температуре 800 °С (свидетельством тому наличие красноломкости металла, размеры кристаллов; ан. 457, 454), либо в режиме неполной горячейковки при температуре 250–400 °С (ан. 482). Рабочая часть двух серпов на заключительном этапе обработки была подвергнута преднамеренному упрочнению в процессе холоднойковки, показатели микротвердости металла при этом достигали 158,4 кг/мм<sup>2</sup> (ан. 454, 482). У одного серпа лезвийная кромка подпилена абразивным материалом с целью получения зубьев пилы (ан. 457). Особенности технологии изготовления четвертого серпа несколько отличны — после литья весь корпус изделия прокован с обжатием 70–80 % (ан. 459). При этом ковка протекала при температуре порядка 400–500 °С, а в заключение лезвие было упрочнено холоднойковкой.

Металлографически исследованы 14 экз. ножей, для отливки которых использовалась «чистая» медь (35,7 % изделий) либо низколегированные сплавы (64,3 %). Последние представлены оловянными (4 экз., содержание Sn 0,4–0,45 %), мышьяковыми (4 экз., содержание As 0,4–4 %), комплексными оловянно-мышьяковыми (1 экз., содержание Sn 1,7 %, As 0,1 %) бронзами. При изготовлении ножей основной была технология литья в односторонние с плоскими крышками, реже в двусторонние литейные формы. При этом зафиксировано использование как глиняных литейных форм (об этом свидетельствует наличие губчатых затеков, выщерблин на поверхности орудий), так и каменных. Лишь один нож получен в процессе формообразующейковки из пластины-заготовки (ан. 587). По данным микроструктурного исследования трех ножей отмечено невысокое качество литья, характеризующегося явлением усадочного коробления корпуса орудий с искажением конфигурации отливок и их деформированием относительно продольной оси изделий (ан. 480, 479, 486). Коробление металла сопровождалось появлением холодных литейных трещин с прямолинейными краями, возникшими при неравномерном охлаждении и появлении упругих напряжений. Подобные литейные пороки объясняются или неправильным выбором формовочных смесей с малой податливостью формы, неравномерным прогревом створок, или же ранней выбивкой отливки [Липницкий, Морозов, 1976, с. 335–337]. Другой вид литейного брака обусловлен горячими усадочными трещинами с рваными краями, возникающими при высоких температурах в результате большой скорости охлаждения в непрогретых холодных формах (ан. 461). Упомянутые литейные пороки характерны преимущественно для литья орудий петровской культуры из «чистой» меди, что подтверждается и результатами металлографического анализа орудийного комплекса поселения Кулевчи 6 [Дегтярева и др., 2001, с. 44–45].

Полученные отливки ножей дорабатывали кузнечнойковкой, направленной в основном на вытяжку и заострение лезвийной части, при 50–70%-ном обжатии металла, сам же корпус орудия практически не подвергался деформирующему воздействию. Температурные режимы кузнечных операций отличались значительной вариативностью — примерно треть орудий, отлитых из меди и оловянной бронзы, дорабатывали в режимах красного каления металла 600–800 °С (ан. 480, 460, 479, 468) или при предплавильных температурах 900 °С (ан. 486). Доработка четырех орудий производилась либо в режиме неполной горячейковки при 250–400 °С (ан. 463, 605), либо по холодному металлу (ан. 452, 461). В последнем случае после холоднойковки металл ножа отжигали с целью повышения пластичности.

Доработка орудий, изготовленных из мышьяковой бронзы, производилась более однообразно, что, впрочем, характерно для синташтинской металлообработки, и протекала с нагревами при температурах 400–500 °С (ан. 456, 587, 455, 582), в одном случае при 600–700 °С (ан. 462). Для этой серии орудий характерен более качественный уровень исполнения, без затеков металла, коробления, трещин, с чистой, ровной поверхностью. Только у трех орудий рабочая часть была преднамеренно упрочнена с помощью дополнительной холоднойковки (ан. 480, 452, 479).

В составе коллекции исследован втульчатый крюк, изготовленный из низколегированной оловянной бронзы (Sn 0,3 %) из предварительно отлитой заготовки подтреугольной формы (ан. 484). Последующая доработка орудия была направлена на заострение крюка и плющение втулки, впоследствии свернутой на оправке округлого профиля. Кузнечные операции произво-



дилься в горячую при температурах красного каления металла (600–800 °С), о чем свидетельствуют трещины красноломкости в структуре изделия в присутствии красноломких составляющих. По горячей металлу производились изгибание окончания крюка, свертывание втулки и пробивка отверстия на боковой стороне втулки.

Аналитически было исследовано 13 экз. шильев, почти половина из них (6 экз.) изготовлены из «чистой» меди, в том числе окисленной (3 экз.). Помимо чисто медных орудий, обнаружено 3 экз. шильев из оловянной (содержание Sn 2,2–3,6 %) и мышьяковой (концентрация As 0,15–1,2 %) бронзы и одно из оловянно-мышьяковой бронзы (содержание Sn 4,0 %, As 0,4 %). Все шилья, за единственным исключением (полученным в процессе сварки), изготовлены ковкой прутков-заготовок, сопровождавшейся значительными степенями обжатия металла (порядка 80–90 %). Кузнечные операции были направлены на формовку квадратного или прямоугольного в сечении корпуса орудий и заострение рабочих окончаний. При этом в основном использовался режим неполной горячейковки с низкими температурами (250–400 °С) (ан. 466, 581, 589, 603, 608) либоковка протекала в холодную с промежуточными отжигами (ан. 602, 604). В первом случае температурный интервал документирован наличием в микроструктуре незавершенной рекристаллизованной структуры с мелкими зернами диаметром 0,015–0,03 мм на фоне деформированной волокнистой матрицы, низкой долей рекристаллизованного объема в поле зрения, замерами микротвердости металла. Во втором — отсутствием трещин красноломкости в присутствии красноломких составляющих — свинца и висмута. Два шила были доработаны в режиме красного каления металла при температуре 600–800 °С, о чем свидетельствуют микроструктурные показатели — трещины красноломкости, размеры кристаллов в сочетании с замерами микротвердости (ан. 593, 488).

Одно шило из чистой окисленной меди получено способом пакетной сварки из двух полосовых заготовок (ан. 591). Судя по характеру структуры — мелкозернистости кристаллов, показателям микротвердости металла,ковка и сварка осуществлялись в режиме неполной горячейковки 250–400 °С. Сварка была достаточно качественной, в микроструктуре прослежены отдельные участки тонкого сварного шва. Операция преднамеренного упрочнения не характерна для рассмотренных орудий, в микроструктуре только трех изделий прослежены остатки наклепа с достаточно высокой твердостью металла, до 183,4 кг/мм<sup>2</sup> (ан. 466, 581, 488). Орудия, изготовленные из чистой окисленной меди, достаточно умело предохранялись от избыточного окисления, содержание кислорода в них находилось в пределах нормы — до 0,1 % (ан. 589, 603, 591).

Оставшиеся три шила, сформованные из низколегированной мышьяковой бронзы, были обработаны в двух случаях при низких температурах (400–500 °С; измельченность кристаллов на фоне волокнистых дендритов) (ан. 599, 609). Изготовление третьего шила, судя по размерам кристаллов до 0,25 мм, производилось при высоких температурах 700–800 °С (ан. 598). Использование гомогенизационных отжигов привело к выравниванию структуры, исчезновению дендритной ликвации, росту зерен с оплавлением границ кристаллов наряду с понижением до 79,8 кг/мм<sup>2</sup> микротвердости металла.

Методами металлографического анализа изучены украшения — подвеска и шесть биконических бусин, входящих в состав браслета. Изученные изделия содержат мышьяк в концентрациях 0,1–0,6 %. Подвеска изготовлена из полосовой заготовки ковкой, в процессе которой была расплющена, ей придана овальная форма, пробиты также два отверстия. Ковка сопровождалась 80–90 % обжатием металла, на что указывает форма сульфидных включений. Судя по характеру структуры,ковка протекала с нагревами 600–700 °С (ан. 597). Биконические бусины сформованы из стержневидной заготовки свободной ковкой на оправке с желобком с целью получения биконического профиля при степенях обжатия 70–80 %. На характер деформации указывают многочисленные линзовидно вытянутые сульфидные соединения (ан. 574, 576–580). Готовая проволока разрубалась на фрагменты длиной 1,5 см, концы обрезков подводились встык друг к другу на оправке округлого профиля. Бусинки из браслета на руке были прокованы при низкотемпературном режиме — 400–500 °С (ан. 436–438).

Коллекция изученных методами металлографического анализа слитков насчитывает 16 экз., из которых большинство относилось к изделиям из «чистой» меди (11 экз., в том числе 3 экз. из окисленной меди). Три слитка отлиты из оловянной (содержание Sn 0,3–8 %), 2 экз. — из мышьяковой бронзы (концентрация As 0,2–7 %).

Металл, полученный на дне сосудов, имеет бугристую неровную поверхность с крупными усадочными раковинами и порами, представляет собой рафинированные слитки чистойшей

окисленной меди (3 экз.; ан. 453, 572, 585). Остывание слитков, как правило, происходило замедленно по мере остывания печи, свидетельством чему являлись крупные размеры литых полиэдров. В одном случае произошла ускоренная кристаллизация металла, возможно при соприкосновении с водой, что привело к формированию мелкодисперсной игольчатой фазы. Содержание кислорода в слитках было как избыточным, до 0,39 %, так и умеренным, до 0,09 %. Таким образом, литейщики не всегда использовали в процессе плавки предохраняющие засыпки от окисления.

Из меди, загрязненной примесями, получено восемь слитков, два из которых отлиты в тиглях, шесть — в односторонних литейных формах в виде изделий, напоминающих серпы, а также в виде длинных прутков. Все они также относятся к категории рафинированного металла, представляют собой плотные, качественные отливки с небольшим количеством сульфидных примесей, а также мелких пор (ан. 585, 583, 458, 458а, 465, 467, 594, 595). Для них характерны практически идентичные микроструктуры — литые полиэдры с выраженной ликвацией по границам зерен. Скорость кристаллизации жидкого расплава была замедленной, по мере остывания печи, при этом полиэдры в поперечнике иногда достигали 0,3 мм. Два слитка подвергались высокотемпературному отжигу гомогенизации в печи, в результате которой произошло выравнивание структуры с образованием крупных полиэдров и сварка поверхностей изделий (ан. 458, 458а).

Слитки, отлитые из оловянной бронзы, в двух случаях были подвергнуты отжигу гомогенизации, видимо с целью достижения большей пластичности металла (ан. 596, 487). В процессе отжига произошло исчезновение дендритной ликвации и выравнивание сплава с образованием полиэдров. Металлографический анализ третьего полосового слитка с содержанием олова 8 % выявил измельченную дендритную структуру с включениями эвтектоида  $\alpha + \text{Cu}_3\text{Sn}_8$ , не нарушенную деформирующим воздействием (ан. 464).

В коллекциях поселенческого металла петровской культуры (Кулевчи 6, Убаган 1–3) найдено около 30 экз. полосовых слитков, отлитых из оловянной бронзы с концентрациями олова 0,45–14 % [Дегтярева и др., 2001, с. 48–49]. По всей видимости, лигатура для производства бронз в виде полосовых заготовок и готовых изделий с концентрацией олова 2–5 % поступала из елунинского алтайского и центрально-казахстанского нуртайского металлургических очагов. В пользу использования елунинского сырья свидетельствует и факт обнаружения на поселении Убаган 3 пруткового колечка из оловянно-свинцового сплава (содержание Sn 53,8, Pb 41,9 %), идентичного по морфологии, составу, технологии изготовления украшениям из погребений елунинской культуры [Дегтярева и др., 2010, с. 32–33].

Слитков, выплавленных из мышьяковой бронзы, 2 экз. Микроструктурное исследование одного из них обнаружило мелкодендритную структуру, не измененную деформацией (ан. 616). В структуре другого, выплавленного на дне сосуда, выявлены включения эвтектики  $\alpha$ -твердого раствора на фоне голубых соединений  $\text{Cu}_3\text{As}$  в междендритных пространствах. Судя по площади, занимаемой включениями эвтектики, содержание As в меди достигает 7 %. В отличие от материалов поселения Кулевчи 3, в Устье в ходе микроструктурного исследования не выявлены слитки, которые можно отнести к черновым. В обнаруженных слитках отсутствуют посторонние включения в большом количестве, в том числе вюстита, сульфиды содержатся в мизерном количестве [Дегтярева и др., 2001, с. 49].

Полосовые и прутковые заготовки, а также скобы аналитически изучены в количестве 18 экз. Большая часть полуфабрикатов изготовлена из «чистой» меди (12 экз.), 4 экз. — из мышьяковой бронзы (содержание As 0,1–2,3 %), 2 экз. — из оловянной бронзы (концентрация Sn 2,6–3,3 %). Практически все полуфабрикаты-заготовки после получения отливок в односторонних литейных формах с плоскими крышками были прокованы с довольно значительной степенью деформации — 70–80 %, что фиксируется по форме и расположению сульфидных включений, волокнистой деформированной матрице. Лишь две полосовые заготовки после литья подвергались незначительной ковке со степенью обжатия 20 % (ан. 483, 610).

Доработочные операции для производства полуфабрикатов мастера выполняли либо в температурных режимах красного каления металла 600–800 °С (ан. 610, 485) и даже предплавильных — 900–1000 °С (режим зафиксирован крупными размерами кристаллов — до 0,3 мм; ан. 573, 483, 614), либо в режиме неполной горячейковки 250–400 °С (мелкозернистая структура в сочетании с показателями микротвердости металла; ан. 613, 590, 588, 481). Одна заготовка была прокована по холодному металлу с промежуточными отжигами (ан. 601). Три заготовки из

мышьяковой бронзы прокованы с нагревами при низких температурах 400–500 °С (ан. 600, 606), в одном случае — при температуре 600–700 °С (ан. 612). Пять полосовых заготовок получены в процессе пакетной сварки из 2–3 полос металла. В числе этих изделий полуфабрикаты из меди (2 экз.), оловянной (2 экз.) и мышьяковой (1 экз.) бронзы. Сварка велась преимущественно при низких температурах 300–500 °С (ан. 584, 575, 615, 607). Качество сварки при этом было хорошим, неполный провар металл и разошедшиеся сварные швы фиксируются в микроструктуре двух изделий (ан. 584, 615). Один стержень получен способом пакетной сварки при предплавленных температурах 900–1000 °С, на что указывают крупные размеры полиэдров в сочетании с микротвердостью 68,6 кг/мм<sup>2</sup> (ан. 611). Использование высокой температуры позволило провести качественную сварку — тонкие швы прослежены лишь на отдельных участках.

Рассматривая особенности изготовления цветного инвентаря — орудий труда, украшений, полуфабрикатов (59 экз., литые слитки не включены), в первую очередь следует отметить многообразие использовавшихся технологических схем с различными режимами термообработки. Приведенные ниже данные свидетельствуют о том, что преобладали кузнечные схемы получения изделий (67,8 % выборки; табл. 4, рис. 7). Литых предметов, доработанных далее ковкой преимущественно со средними степенями деформирующего воздействия 50–60 %, в данной коллекции выявлено только около трети, все они входят в группу орудий труда — серпы, ножи (32,2 %). Совершенно отсутствуют орудия труда, изготовленные только в процессе литья в разъемные формы или же доработанные после получения отливок косметической ковкой с обжатием 20 %, в то время как эти технологии зафиксированы в металлопроизводстве поселения Кулевчи 6, а также по материалам синташтинской культуры. В целом же приведенные наблюдения соответствуют полученным ранее аналитическим данным по металлообработке поселения Кулевчи 6 и синташтинской культуры о преобладании формообразующейковки и меньшей доле использования литейных технологий (58 и 38,4 %; 45,1 и 25,5 % соответственно в синташтинской культуре и материалах поселения Кулевчи) [Дегтярева, 2010, с. 138; Дегтярева и др., 2001, с. 49].

В то же время орудия труда поселения Устье изготавливали в основном в процессе литья в разъемные формы, после чего следовала доработка ковкой рабочих поверхностей изделий. Способ кузнечной формообразующейковки использовался только при получении мелких орудий — шильев, стержневидных долот. Отливки получали в основном качественные, плотные, с чистой ровной поверхностью, использовались преимущественно глиняные и каменные одно-сторонние литейные формы с плоскими крышками, реже двусторонние. При изготовлении изделий из чистой окисленной меди в процессе плавки и термообработки использовали предохраняющие от чрезмерного окисления засыпки. Единичные случаи обнаружения в микроструктурах повышенных концентраций эвтектики Cu–Cu<sub>2</sub>O связаны со слитками, полученными в открытых емкостях. Дефекты, связанные с некачественным литьем — короблением металла, образованием горячих и холодных усадочных трещин, — отмечены только в четырех случаях. Подобные явления усадочного коробления корпуса орудий с искажением конфигурации отливок, происходящие под действием внутренних напряжений в связи с неравномерной усадкой остывшего расплава, обычны для петровских орудий труда поселения Кулевчи 6. Пороки объясняются неравномерным прогревом створок или ранней выбивкой отливок [Липницкий, Морозов, 1986, с. 335–337].

Полученные отливки дорабатывали ковкой, в процессе которой устраняли пороки литья, производилась вытяжка рабочих поверхностей с заострением лезвийной кромки. На лезвиях двух орудий — серпа и ножа абразивом подпилены зубчики пилы. Показатели микротвердости металла на лезвийной кромке орудий и вдали от нее были примерно одинаковыми, что, наряду с микроструктурными наблюдениями, свидетельствует об отсутствии преднамеренного упрочнения лезвий большинства орудий. Наклеп зафиксирован в микроструктурах только восьми орудий (23,5 %). Соответственно в этих случаях микротвердость металла достигала 200–206 кг/мм<sup>2</sup>.

Данные микроструктурного исследования, форма и величина кристаллов, процентное соотношение включений, замеры микротвердости позволили уточнить и температурные режимы обработки меди и бронз (рис. 8). В процессе кузнечной формовки использовались в основном низкие температуры начальной стадии рекристаллизации металла 250–400 °С (30,5 %), 400–500 °С (23,7 %) либоковка по холодному металлу или в холодную с промежуточными отжигами (10,2 %). В общей массе использование холодных или низкотемпературных режимов составля-

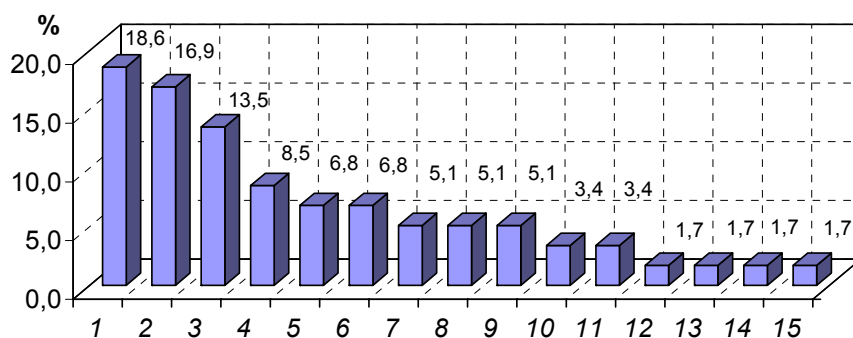
## Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1

ло 64,4 %. Режимы горячейковки (600–800 °С для оловянной бронзы — 18,6 %; 600–700 °С для мышьяковой бронзы — 8,5 %), а также предплавильные температуры 900–1000 °С (8,5 %) использовались в обработке давлением примерно трети орудий труда и полуфабрикатов (35,6 %). В единичных случаях получали орудия и заготовки способом пакетной сварки как при низких, так и при предплавильных температурах. Кстати, в последнем случае сварка была проведена качественно, о чем свидетельствует тонкий сварной шов, различимый только при увеличении на микроскопе. Кузнечные пороки в единичных случаях были связаны с краснотомкостью металла, образующегося при термообработке оловянных бронз с повышенными концентрациями свинца и висмута.

Таблица 4

Технологические схемы изготовления изделий поселения Устье

№	Схема	Кол-во изделий/%
1	Ковка с обжатием 80–90 % с нагревами 400–500 °С	11/18,6
2	Неполная горячая ковка с обжатием 80–90 % при 250–400 °С	10/16,9
3	Литье + горячая ковка с обжатием 50–60 % при 600–800 °С	8/13,5
4	Ковка + сварка при низких температурах 300–500 °С	5/8,5
5	Холодная ковка с отжигами с обжатием 80–90 %	4/6,8
6	Ковка с обжатием 80–90 % с нагревами 600–700 °С	4/6,8
7	Горячая ковка с обжатием 70–80 % при 600–800 °С	3/5,1
8	Литье + неполная горячая ковка с обжатием 50–60 % при 250–400 °С	3/5,1
9	Литье + ковка с обжатием 50–60 % с нагревами 400–500 °С	3/5,1
10	Ковка с обжатием 70–80 % при предплавильных температурах 900–1000 °С	2/2,4
11	Литье + ковка при предплавильных температурах 900–1000 °С	2/2,4
12	Литье + холодная ковка с обжатием 50–60 %	1/1,7
13	Литье + холодная ковка с отжигами с обжатием 50–60 %	1/1,7
14	Литье + ковка с обжатием 50–60 % с нагревами 600–700 °С	1/1,7
15	Ковка + сварка при предплавильных температурах 900–1000 °С	1/1,7
<i>Всего</i>		59/100



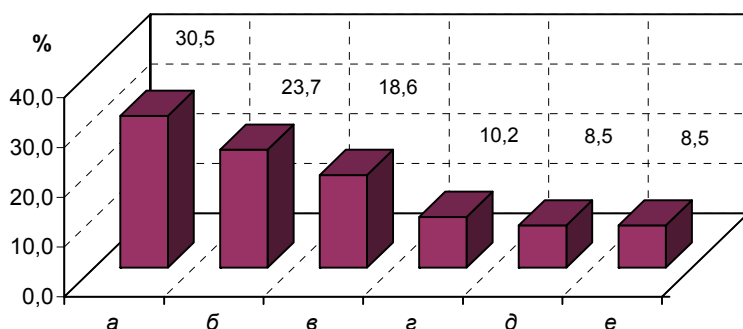
Технологические схемы

Рис. 7. Распределение цветных изделий поселения Устье по технологическим схемам:

1 — ковка с обжатием 80–90 % с нагревами 400–500 °С; 2 — неполная горячая ковка с обжатием 80–90 % при 250–400 °С; 3 — литье + горячая ковка с обжатием 50–60 % при 600–800 °С; 4 — ковка + сварка при низких температурах 300–500 °С; 5 — холодная ковка с отжигами с обжатием 80–90 %; 6 — ковка с обжатием 80–90 % с нагревами 600–700 °С; 7 — горячая ковка с обжатием 70–80 % при 600–800 °С; 8 — литье + неполная горячая ковка с обжатием 50–60 % при 250–400 °С; 9 — литье + ковка с обжатием 50–60 % с нагревами 400–500 °С; 10 — ковка с обжатием 70–80 % при предплавильных температурах 900–1000 °С; 11 — литье + ковка при предплавильных температурах 900–1000 °С; 12 — литье + холодная ковка с обжатием 50–60 %; 13 — литье + холодная ковка с отжигами с обжатием 50–60 %; 14 — литье + ковка с обжатием 50–60 % с нагревами 600–700 °С; 15 — ковка + сварка при предплавильных температурах 900–1000 °С.

Морфолого-типологическое исследование коллекции цветного металла поселения Устье 1, использование возможных современных аналитических методик с последующей статистической обработкой результатов позволили разграничить ее на синташтинскую и петровскую группы предметов. В основе критериев распределения изделий находились в первую очередь данные аналитического исследования — соотнесение с определенной металлургической группой, особенности микроструктурных показателей. Морфология орудий труда в данной ситуации не

являлась определяющей, поскольку типы орудий поселения представлены общеевразийскими формами, присущими культурам начальной фазы ЕАМП — синташтинской, абашевской, петровской, покровско-раннесрубной. К их числу относятся втульчатые кованые и стержневидные долота, серпы без выделенного черенка, ножи со слабо намеченным черенком, без перехвата, черенковые ножи с перехватом, без перекрестия, втульчатые крюки. Из специфических петровских типов следует упомянуть лишь одно- и двулезвийные ножи с длинной выделенной рукоятью. К синташтинским типам отнесены ножи с перекрестьем, перехватом и ромбическим завершением черенка, литые шпеньки-гвоздики. Более половины бронзового инвентаря (68,3 %) представлено слитками (рафинированными), полуфабрикатами-заготовками, ломом, отходами производства; группа орудий труда составляет 35 %, украшений — 6,7 %. Металл поселения разделяется на четыре металлургические группы (рецепта сплавов) — чистой меди (53,4 %), оловянной бронзы (13,6 %; содержание олова 0,4–8 %), мышьяковой бронзы (25,4 %; содержание мышьяка 0,15–7 %), комплексной оловянно-мышьяковой бронзы (7,6 %; содержание Sn 0,4–8 %, As — 0,4–1,7 %). Часть прутковых слитков содержала введенную лигатуру олова (до 8 %) и мышьяка (до 7 %).



**Рис. 8.** Распределение цветных изделий поселения Устье по видам термической обработки: а — ковка с нагревами 250–400 °С; б — ковка с нагревами 400–500 °С; в — ковка с нагревами 600–800 °С; г — холодная ковка или холодная с отжигами; д — ковка с нагревами 600–700 °С; е — ковка с нагревами 900–1000 °С

Обобщение аналитических данных позволило выявить четкую корреляцию химико-металлургических групп (сплавов) и технологических схем изготовления цветного инвентаря. Изделия, входившие в группы «чистой» меди, оловянной, частично оловянно-мышьяковой бронзы, связываемых нами с петровским металлопроизводством, получали по схемам 2, 3, 7, 8, 10, 11, 15 (табл. 4). Подобные варианты технологии сопоставимы с традиционными для петровской металлообработки вариантами технологии поселения Кулевчи 3 — формообразующей ковкой, литьем + ковкой корпуса орудий с обжатием 50–60 % в режимах неполной горячейковки, температур красного каления металла 600–800 °С, предплавленных температур 900–1000 °С [Дегтярева и др., 2001, с. 38].

Предметы из низколегированной мышьяковой бронзы изготавливали по схемам 1, 6, 9, 14, которые являются индикаторными для синташтинского металлопроизводства [Дегтярева, 2010, с. 141]. В обработке сырья с примесями мышьяка поселения Устье преобладающим был, как и в целом в синташтинской обработке цветного металла, низкотемпературный режим — 400–500 °С, диктуемый сохранением концентраций As в металле (64 % изделий в синташтинском производстве). Подобная избирательность при сопутствующих нагревах объясняется хорошей осведомленностью о высокой летучести паров мышьяка.

Технологические схемы 4, 5, 12, 13 — ковка в холодную, при низких температурах — 300–500 °С, сварка при 300–500 °С, литье + холодная ковка, литье + холодная ковка с отжигами использовались как в петровском, так и в синташтинском производстве, поэтому при культурной атрибуции предметов осуществлялся комплексный подход. Отчасти это вычленение носит условный характер, равно как и разделение изделий из оловянно-мышьяковой бронзы на петровские и синташтинские. Основная часть металлических изделий изготовлена петровскими мастерами, доля синташтинской группы не превышает 26–30 % от общей численности. В табл. 2

нами отнесены к петровской коллекции порядковые номера 1–88, к синташтинской — номера 89–118.

Приведенные данные об остатках металлопроизводства, обнаруженных при исследовании культурного слоя укрепленного поселения Устье 1, однозначно свидетельствуют об особо значимой роли металлургии и металлообработки в жизни его обитателей. Результаты аналитического исследования металла поселения Устье в основном документируют стадию переработки черновых слитков и литейно-кузнечные технологии. В то же время изучение металлургических шлаков показывает, что литейщики общины были ориентированы и на выплавку металла из руды [Григорьев, 2000, с. 460–488]. На поселении обнаружено десять однокамерных круглых печей, соединенных с колодцем каналом длиной около 15 см, а также одна канавообразная печь [Там же, с. 459–460]. В слое поселения найдено 130 кусочков руды и 1146 обломков металлургических шлаков, в том числе лепешкообразной формы. Анализ шлаков и фрагментов руды в них позволили С.А. Григорьеву сделать вывод о том, что использовались окисленные (малахит, куприт) и сульфидные (ковеллин, халькозин, халькопирит, редко теннантит, борнит) руды в серпентинитах и кварцевых жилах [Там же, с. 481–485]. Судя по приведенной автором гистограмме распределения мышьяка в шлаке и руде поселения Устье, мышьяк в руде отсутствовал, в то время как в единичных шлаках зафиксированы концентрации до 0,3 % [Там же, рис. 8, с. 502]. По мнению С.А. Григорьева, отсутствие руды с примесью мышьяка и в то же время его присутствие в шлаках объяснимо использованием лигатур и тем, что легирование производилось на стадии плавки руды, при этом вопрос происхождения мышьякосодержащих минералов пока остается открытым и рудные источники металла не ясны [Там же, с. 504–505].

Мышьякосодержащие сплески и корольки в шлаках были обнаружены также в слое поселения Аркаим (20 случаев). Результаты анализов, выполненных методом электронного микрозондирования в Институте минералогии УрО РАН, привел А.Ф. Бушмакин [Аркаим..., 2002, с. 132–144]. Сплески из печей, корольки в шлаках с этого поселения содержали мышьяк в концентрациях от 0,1 до 4 %, в одном случае — 8 %. На основании данных анализов шлаков исследователь сделал заключение о том, что легирование меди мышьяком происходило на стадии выплавки металла из руды, однако не счит возможным определить однозначно только по данным химического анализа рудные источники мышьяка (арсенопирит, блеклая руда, арсениды и т.д.). Изучение состава включений в шлаках из материалов поселений Аландское, Устье, Аркаим методами оптической и электронной микроскопии проведено В.В. Зайковым, В.А. Котляровым и Е.В. Зайковой. Большинство металлических включений представлено корольками меди и мышьяковой бронзы. В то же время примерно в трети образцов встречаются двух- и трехфазные включения, содержащие мышьяковую бронзу с каплями селенистых сульфидов, никель-мышьяковую бронзу, сплавы Cu–Ni–As, Fe–Cu–As в интерстициях, сульфиды меди [Зайков, Котляров, Зайкова, 2008, с. 400–403; Зайков, Юминов, Котляров и др., 2008, с. 403–405]. Полученные данные, по мнению исследователей, свидетельствуют о том, что древние металлурги использовали наряду с рудами из зон окисления медно-колчеданных месторождений мышьяково-никельсодержащие залежи. К последним могут быть отнесены кобальт-медноколчеданные руды, содержащие в продуктах окисления повышенные концентрации мышьяка и никеля.

В составе проанализированных предметов два слитка с содержанием As 1,7–7 %, а также 10 полосовых заготовок с меньшими концентрациями мышьяка. Подобные слитки (4 экз.) с содержанием As 0,75–15 % известны также в петровских и алакульских материалах поселений Кулевчи 6, Камышное 1, могильника Озерное 1 [Тигеева, 2013]. Введение мышьяка даже в малых количествах было технологически оправданно, поскольку таким образом уменьшалась окисляемость меди с образованием хрупких медных окислов, снижалась линейная усадка меди, повышалась жидкотекучесть расплава одновременно с понижением температуры плавки металла до 827 °С [Равич, Рындина, 1984, с. 117–120; Двойные и многокомпонентные системы..., 1979, с. 35–36]. Как показали экспериментальные данные, плавка металла завершалась при температуре 1100–1200 °С, соответственно понижалась также температура начала рекристаллизации металла до 400 °С [Равич, Рындина, 1984, с. 119–121]. Искусством выплавки меди из окисленных руд синташтинские металлурги не владели (по структурным данным синташтинских коллекций нами не зафиксировано ни одного подобного случая), в отличие от абашевских и петровских металлургов Подонья, Южного Зауралья, Центрального Казахстана, которые умели выплавлять медь подобной марки.

Литейщики Устья выплавляли также черновую медь из окисленной, сульфидной руды, производили ее рафинирование. Из оловорудных центров Рудного Алтая получали полосовые слитки с введенной лигатурой олова, а также оловянно-свинцовые сплавы (3 экз. на поселении Устье; 20 экз. на поселении Кулевчи 3; 8 экз. на поселениях Убаган 1–3; 1 оловянно-свинцовое колечко на пос. Убаган 3), которые затем разрубали и небольшими кусочками добавляли в медь при изготовлении орудийного комплекса.

Проблема выявления источников медного сырья вряд ли на современном уровне может быть решена однозначно. В непосредственной близости от поселения находятся несколько групп месторождений и рудников со следами древних разработок, хотя датирующих материалов в них не было обнаружено. На территории Южного Зауралья к числу вероятно использовавшихся в древности Е.Н. Черных причисляет месторождения *Камышлы-Узяк*, *Бакр-Узяк*, находящиеся вблизи г. Магнитогорска. Рудное тело, характеризующееся автором как колчеданное, сложено в верхней части главной линзы малахитом, купритом, азуритом. Здесь обнаружен большой карьер, из которого происходят куски медных шлаков, литейных слитков [Черных, 1970, с. 40]. Из южно-уральских особое внимание было уделено характеристике жильных месторождений *Таш-Казган* и *Никольское*, которые находятся в 5–6 км к востоку от д. Тунгатарово недалеко от притока р. Уй в Башкирии. По заключению Е.Н. Черных, обследовавшего рудники в 1960-е гг., промышленными разработками XIX в. были исчерпаны как запасы руды, так и, по всей видимости, следы древних разработок, поскольку осмотр карьеров, отвалов и шурфов результатов не дал. По мнению исследователя, ярким диагностическим признаком таш-казганской руды является присутствие повышенных концентраций мышьяка — до нескольких процентов [Там же, с. 42]. По названию этого рудника им была обозначена таш-казганская группа металла с повышенным содержанием мышьяка, в состав которой попали преимущественно орудия и украшения абашевской и синташтинской культур. К числу возможно эксплуатировавшихся в древности можно отнести месторождения *Вознесенское*, *Поляковка* и *Нарали*, находящиеся в Учалинском районе Башкирии. Сырьевые запасы этих трех рудников в настоящее время полностью выработаны. Возможно, использовались также сульфидные месторождения, содержащие арсенопирит, арсениды, блеклую руду, кобальт-медноколчеданные руды, однозначная локализация которых в настоящее время невозможна.

---

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

---

- Авилова Л.И.* Металл Ближнего Востока: Модели производства в энеолите, раннем и среднем бронзовом веке. М.: Памятники исторической мысли, 2008. 227 с.
- Авилова Л.И., Черных Е.Н.* Малая Азия в системе металлургических провинций // Естественнонаучные методы в археологии. М.: Наука, 1989. С. 31–83.
- Аванесова Н.А.* Культура пастушеских племен эпохи бронзы азиатской части СССР. Ташкент: ФАН, 1991. 200 с.
- Агалов С.А.* Металл степной зоны Евразии в конце бронзового века: Дис. ... канд. ист. наук: Рукоп. Т. 2. М., 1990. 282 с.
- Агалов С.А., Иванов А.Ю.* Металлообрабатывающий комплекс поселения Липовый Овраг // Поселения срубной общности. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. С. 133–143.
- Агалов С.А., Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В.* Металлопроизводство восточной зоны общности культур валиковой керамики // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2012. № 3 (18). С. 44–59.
- Андроновская культура* // САИ. 1966. Вып. В3-2. 64 с.
- Аркаим: Некрополь* (по материалам кургана 25 Большекараганского могильника). Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2002. 216 с.
- Археологические памятники* [Татарской АССР] бассейна р. Черемшан. Казань: ИЯЛИ, 1990. 112 с.
- Бадер О.Н.* Древнейшие металлургии Приуралья. М.: Наука, 1964. 176 с.
- Березанская С.С.* Усово озеро: Поселение срубной культуры на Северском Донце. Киев: Наук. думка, 1990. 152 с.
- Боталов С.Г., Григорьев С.А., Зданович Г.Б.* Погребальные комплексы эпохи бронзы Большекараганского могильника: (Публикация результатов археологических раскопок 1988 года) // Материалы по археологии и этнографии Южного Урала. Челябинск: Каменный пояс, 1996. С. 64–88.
- Васильев И.Б.* Поселение Лбище на Самарской Луке и некоторые проблемы бронзового века Среднего Поволжья // Вопр. археологии Урала и Поволжья. Самара: Изд-во СамГУ, 1999. С. 66–114.
- Васильев И.Б., Кузнецов П.Ф., Семенова А.П.* Потаповский курганный могильник индоиранских племен на Волге. Самара: Изд-во СамГУ, 1994. 208 с.

## Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1

- Виноградов Н.Б.* Кулевчи III — памятник петровского типа в Южном Зауралье // КСИА. 1982. Вып. 169. С. 94–100.
- Виноградов Н.Б.* Кулевчи VI — новый алакульский могильник в лесостепях Южного Зауралья // СА. 1984. № 3. С. 136–153.
- Виноградов Н.Б.* Могильник бронзового века Кривое Озеро в Южном Зауралье. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2003. 362 с.
- Виноградов Н.Б.* Степи Южного Урала и Казахстана в первые века II тыс. до н.э.: (Памятники синташтинского и петровского типа). Челябинск: Абрис, 2011. 175 с.
- Гак Е.И.* Металлообрабатывающее производство катакомбных племен степного Предкавказья, Нижнего Дона и Северского Донца: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. М., 2005. 27 с.
- Генинг В.Ф., Зданович Г.Б., Генинг В.В.* Синташта: Археологические памятники арийских племен урало-казахстанских степей. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1992. 408 с.
- Генинг В.Ф., Стефанова Н.К.* Черноозерье I — могильник эпохи бронзы среднего Прииртышья. Екатеринбург: УрГУ, 1994. 67 с.
- Горбунов В.Г.* Поселенческие памятники бронзового века в лесостепном Приуралье. Куйбышев: Куйб. пед. ин-т, 1989. 134 с.
- Горбунов В.Г.* Бронзовый век Волго-Уральской лесостепи. Уфа: Башкир. пед. ин-т, 1992. 223 с.
- Григорьев С.А.* Металлургическое производство на Южном Урале в эпоху средней бронзы // Древняя история Южного Зауралья. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. Т. 1. С. 444–523.
- Двойные* и многокомпонентные системы на основе меди. М.: Наука, 1979. 247 с.
- Дегтярева А.Д.* Древнее металлопроизводство Южного Зауралья. Новосибирск: Наука, 2010. 162 с.
- Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В., Орловская Л.Б.* Металлопроизводство петровских племен (по материалам поселения Кулевчи 3) // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2001. Вып. 3. С. 23–54.
- Дегтярева А.Д., Грушин С.П., Шайхутдинов В.М.* Металлообработка населения елунинской культуры Верхней Оби: (Предварительные результаты металлографического исследования) // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2010. № 2 (13). С. 27–35.
- Денисов И.В.* Могильники эпохи бронзы Обилькинского луга близ Соль-Илецка // Археологические памятники Оренбуржья. Оренбург: Изд-во Оренб. пед. ун-та, 2001. Вып. 5. С. 38–48.
- Дергачев В.А., Бочкарев В.С.* Металлические серпы поздней бронзы Восточной Европы. Кишинев: Вышш. Антропол. Шк., 2002. 348 с.
- Евдокимов В.В.* Хронология и периодизация памятников эпохи бронзы Кустанайского Притоболья // Бронзовый век степной полосы Урало-Иртышского междуречья. Челябинск: БашГУ, 1983. С. 35–47.
- Екимов Ю.Г.* Поселение металлургов-литейщиков постсейминского горизонта на Верхнем Дону // Проблемы взаимодействия населения лесной и лесостепной зон Восточно-Европейского региона в эпоху бронзы и раннем железном веке. Тула, 1993. С. 24–27.
- Екимов Ю.Г.* Абашевские памятники на северной периферии донской лесостепи // Бронзовый век Восточной Европы: Характеристика культур, хронология и периодизация. Самара: НТЦ, 2001. С. 413–417.
- Епимахов А.В.* Южное Зауралье в эпоху средней бронзы. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. 170 с.
- Епимахов А.В.* Ранние комплексные общества севера Центральной Евразии. Челябинск: Челяб. дом печати, 2005. 192 с.
- Зайков В.В., Котляров В.А., Зайкова Е.В.* Состав металлических включений в древних шлаках Южного Урала // Тр. II (XVIII) Всерос. археол. съезда в Суздале. М., 2008. Т. 1. С. 400–402.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Котляров В.А. и др.* Микровключения минералов в металлах и шлаках как индикаторы минерально-сырьевой базы древних обществ // Там же. С. 403–405.
- Зданович Г.Б.* Основные характеристики петровских комплексов Урало-Казахстанских степей // Бронзовый век степной полосы Урало-Иртышского междуречья. Челябинск: БашГУ, 1983. С. 156–207.
- Зданович Г.Б.* Бронзовый век Урало-Казахстанских степей. Свердловск: УрГУ, 1988. 184 с.
- Зданович Г.Б.* Аркаим: Арии на Урале, или несостоявшаяся цивилизация // Аркаим: Исследования. Поиски. Открытия. Челябинск: Каменный пояс, 1995. С. 31–42.
- Зданович Г.Б.* Аркаим — культурный комплекс эпохи средней бронзы Южного Зауралья // РА. 1997. № 2. С. 47–62.
- Зданович Г.Б., Зданович Д.Г.* Проблема освоения евразийских степей в бронзовом веке и «страна городов» Южного Зауралья // Археология Урала и Западной Сибири. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2005. С. 110–128.
- Зданович Д.Г.* Археология кургана 25 Большекараганского могильника // Аркаим: Некрополь (по материалам кургана 25 Большекараганского могильника). Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2002. С. 17–105.
- Зданович Д.Г., Куприянова Е.В.* Из опыта исследования погребальных комплексов эпохи бронзы в Южном Зауралье: Могильник Степное VII // XVII Урал. археол. совещание. Екатеринбург, 2007. С. 141–143.
- Итина М.А.* История степных племен Южного Приаралья (II — начало I тысячелетия до н.э.) // ТХАЭЭ. 1977. Т. 10. 240 с.



**Н.Б. Виноградов, А.Д. Дегтярева, С.В. Кузьминых**

- Кадырбаев М.К., Курманкулов Ж.* Культура древних скотоводов и металлургов Сары-Арки. Алма-Ата: Гылым, 1992. 247 с.
- Калиева С.С., Логвин В.Н.* Могильник у поселения Бестамак: (Предварительное сообщение) // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2008. № 9. С. 32–58.
- Кашкай М.А., Селимханов И.Р.* Из истории древней металлургии Кавказа. Баку, 1973. 223 с.
- Корнеевский С.Н.* Наследство катакомбного периода в металлообработке эпохи поздней бронзы Уральской горно-металлургической области // Культуры бронзового века Восточной Европы. Куйбышев: Куйб. пед. ин-т, 1983. С. 96–109.
- Корочкова О.Н., Стефанов В.И.* Культурный памятник эпохи бронзы на Шайтанском озере под Екатеринбургом (по материалам раскопок 2009–2010 гг.) // РА. 2013. № 1. С. 87–96.
- Корякова Л.Н., Стефанов В.И., Стефанова Н.К.* Проблемы методики исследований древних памятников и культурно-хронологическая стратиграфия поселения Ук III: Препр. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 72 с.
- Костюков В.П., Епимахов А.В., Нелин Д.В.* Новый памятник средней бронзы в Южном Зауралье // Древние индоиранские культуры Волго-Уралья (II тыс. до н.э.). Самара: Изд-во Сам. пед. ун-та, 1995. С. 156–207.
- Кривцова-Гракова О.А.* Степное Поволжье и Причерноморье в эпоху поздней бронзы // МИА. 1955. № 46. 162 с.
- Кузнецов П.Ф., Семенова А.П.* Памятники потаповского типа // История Самарского Поволжья с древнейших времен до наших дней: Бронзовый век. Самара: Изд-во Сам. НЦ РАН, 2000. С. 122–151.
- Кузьмина Е.Е.* Металлические изделия энеолита и бронзового века Средней Азии // САИ. 1966. Вып. В4–9. 150 с.
- Кузьмина Е.Е.* Откуда пришли индоарии? (Материальная культура племен андроновской общности и происхождение индоиранцев). М.: МГП «Калина» ВИНТИ РАН, 1994. 464 с.
- Кузьмина О.В., Михайлова О.В., Субботин И.П.* Раскопки Владимировского курганного могильника эпохи бронзы // Абашевская культурно-историческая общность: Истоки, развитие, наследие. Чебоксары: ЧГИГН, 2003. С. 259–270.
- Кузьминых С.В.* Металлообработка срубных племен Закамья // Об исторических памятниках по долинам Камы и Белой. Казань: КФАН СССР, 1981. С. 41–70.
- Кузьминых С.В.* Литейные формы // Каргалы. Т. 3: Селище Горный: Археологические материалы. Технология горно-металлургического производства. Археобиологические исследования. М.: Языки славянской культуры, 2004. С. 76–100.
- Кукушкин И.А.* Археологические исследования могильника Ащису: Курган 1 // Историко-культурное наследие Сарыарки. Караганда, 2007. С. 40–63.
- Курманкулов Ж., Ермолаева А.С., Калиева Ж.С.* Археологические исследования на поселении Талдысай // Историко-культурное наследие Сарыарки. Караганда, 2007. С. 93–105.
- Липницкий А.М., Морозов И.В.* Справочник рабочего-литейщика. Л.: Машиностроение, 1976. 344 с.
- Логвин В.Н.* Могильник Токанай 1 и проблема соотношения «петровских» и «синташтинских» памятников // Западная и Южная Сибирь в древности. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2005. С. 190–194.
- Логвин А.В., Шевнина И.В.* Элитное погребение синташтинско-петровского времени с могильника Бестамак // VII исторические чтения памяти М.П. Грязнова. Омск, 2008. С. 190–197.
- Лопатин В.А., Хоркин Д.А.* Керамические литейные формы с поселения срубной культуры у села Усть-Курдюм // Археологическое наследие Саратовского края: Охрана и исследования в 1996 году. Саратов, 1997. Вып. 2. С. 71–78.
- Малов Н.М.* Проблема взаимодействия поволжских, покровских и урало-казастанских племен степной зоны Евразии // Вопр. археологии Казахстана. Алматы: Гылым, 1998. Вып. 2. С. 60–63.
- Матвеев А.В.* Первые андроновцы в лесах Зауралья. Новосибирск: Наука, 1998. 417 с.
- Мерперт Н.Я.* Материалы по археологии Среднего Заволжья // МИА. 1954. № 42.
- Моргунова Н.Л., Кравцов А.Ю.* Памятники древнеямной культуры на Илеке. Екатеринбург: Наука, 1994. 152 с.
- Моргунова Н.Л., Порохова О.И.* Поселения срубной культуры в Оренбургской области // Поселения срубной общности. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. С. 160–172.
- Нелин Д.В.* Шибаво I: Поселение эпохи бронзы в Южном Зауралье // Вестн. Челяб. гос. пед. ун-та. Сер. 1. Историч. науки. 2004. № 2. С. 150–181.
- Обыденнов М.Ф.* Сведения о находках металлических изделий бронзового века на Южном Урале // Актуальные проблемы древней истории и археологии Южного Урала. Уфа: Вост. ун-т, 1996. С. 105–123.
- Обыденнов М.Ф., Обыденнова Г.Т.* Северо-восточная периферия срубной культурно-исторической общности. Самара: Изд-во СамГУ, 1992. 172 с.
- Пазухин В.А.* О происхождении древней мышьяковой меди // Изв. АН СССР. Металлургия и горное дело. 1964. № 1. С. 151–165.
- Памятники срубной культуры. Волго-Уральское междуречье // САИ. Саратов: Изд-во СГУ, 1993. Вып. VI-10, т. 1. 200 с.*

## Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1

- Пестрикова В.И.* Фатьяновский могильник на севере Саратовской области // Древняя история Поволжья. Куйбышев: Куйб. пед. ин-т, 1979. С. 99–110.
- Порохова О.И.* Герасимовский курганный могильник в Оренбургской области // Древняя история населения волго-уральских степей. Оренбург: Оренб. пед. ин-т, 1992. С. 92–107.
- Потемкина Т.М.* Бронзовый век лесостепного Притоболья. М.: Наука, 1985. 376 с.
- Пряхин А.Д.* Абашевская культура в Подонье. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1971. 214 с.
- Пряхин А.Д.* Поселения абашевской общности. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1976. 164 с.
- Пряхин А.Д.* Погребальные абашевские памятники. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1977. 168 с.
- Пряхин А.Д.* Мосоловское поселение металлургов-литейщиков эпохи поздней бронзы. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. Кн. 2. 176 с.
- Пряхин А.Д., Матвеев Ю.П.* Курганы эпохи бронзы Побитюжья. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1988. 208 с.
- Пряхин А.Д., Моисеев Н.Б., Беседин В.И.* Селезни 2: Курган доно-волжской абашевской культуры. Воронеж: ВГУ, 1998. 44 с.
- Пряхин А.Д., Отрощенко В.В., Беседин В.И., Бровендер Ю.М.* Поселение эпохи бронзы Капитаново II: (Материалы работ Украинско-Российской археологической экспедиции). Воронеж: ВГУ, 2000. 50 с.
- Равич И.Г., Рындина Н.В.* Изучение свойств и микроструктуры сплавов медь — мышьяк в связи с их использованием в древности // Художественное наследие. М.: Искусство, 1984. Вып. 9 (39). С. 114–124.
- Равич И.Г., Рындина Н.В.* Древние сплавы медь — мышьяк и проблемы их использования в бронзовом веке Северного Кавказа // Вестн. МГУ. Сер. 8. История. 1999. № 4. С. 77–98.
- Сагайдак В.И.* О двух группах погребений покровских могильников в Нижнем Поволжье // Древняя история Поволжья. Куйбышев: Куйб. пед. ин-т, 1979. С. 57–70.
- Сальников К.В.* Очерки древней истории Южного Урала. М.: Наука, 1967. 408 с.
- Седова М.С.* Поселения срубной культуры // История Самарского Поволжья с древнейших времен до наших дней: Бронзовый век. Самара: Изд-во Сам. НЦ РАН, 2000. С. 209–241.
- Семенова А.П.* Погребальные памятники срубной культуры // История Самарского Поволжья с древнейших времен до наших дней: Бронзовый век. Самара: Изд-во Сам. НЦ РАН, 2000. С. 152–208.
- Сериков Ю.Б., Корочкова О.Н., Кузьминых С.В., Стефанов В.И.* Бронзовый век Урала: Новые перспективы // Тр. II (XVIII) Всерос. археол. съезда в Суздале. М., 2008. Т. 1. С. 341–346.
- Синюк А.Т.* Бронзовый век бассейна Дона. Воронеж: Изд-во Воронеж. пед. ун-та, 1996. 352 с.
- Синюк А.Т., Березуцкий В.Д., Зацепин А.А.* Плясоватские курганы // Археологические памятники бассейна Дона. Воронеж: Воронеж. пед. ун-т, 2004. С. 162–177.
- Синюк А.Т., Козмирчук И.А.* Некоторые аспекты изучения абашевской культуры в бассейне Дона (по материалам погребений) // Древние индоиранские культуры Волго-Уралья (II тыс. до н. э.). Самара: Изд-во Сам. пед. ун-та, 1995. С. 37–72.
- Синюк А.Т., Погорелов В.И.* О раннесрубных погребениях на Среднем Дону // Археологические памятники эпохи бронзы восточно-европейской лесостепи. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. С. 78–95.
- Скарбовенко В.А.* Погребения эпохи бронзы Новопавловского курганного могильника // Древние и средневековые культуры Поволжья. Куйбышев: Куйб. ун-т, 1981. С. 5–20.
- Смирнов К.Ф., Кузьмина Е.Е.* Происхождение индоиранцев в свете новейших археологических открытий. М.: Наука, 1977. 82 с.
- Смолин В.Ф.* Археологические заметки // Вестн. науч. о-ва татароведения. Казань, 1926. № 4. С. 72–76.
- Соловьев Б.С.* Бронзовый век Марийского Поволжья. Йошкар-Ола, 2000. 264 с.
- Соловьев Б.С.* Об абашевском компоненте Юринского могильника // Абашевская культурно-историческая общность: Истоки, развитие, наследие. Чебоксары: ЧГИГН, 2003. С. 198–192.
- Соловьев Б.С.* Юринский (Усть-Ветлужский) могильник: (Итоги раскопок 2001–2004 гг.) // РА. 2005. № 4. С. 103–111.
- Тигеева Е.В.* Химико-металлургическая характеристика металла алакульской культуры Среднего Притоболья // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2013. № 3 (22). С. 31–39.
- Тихонов Б.Г.* Металлические изделия эпохи бронзы на Среднем Урале и в Приуралье // МИА. 1960. № 90. С. 5–115.
- Ткачев А.А.* Особенности нуртайских комплексов Центрального Казахстана // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: ИПОС СО РАН, 1999. Вып. 2. С. 22–29.
- Ткачев А.А.* Центральный Казахстан в эпоху бронзы. Тюмень: Тюм. гос. нефтегаз. ун-т, 2002. Ч. 1. 289 с.
- Ткачев В.В.* К проблеме происхождения петровской культуры // Археологические памятники Оренбуржья. Оренбург: Димур, 1998. Вып. 2. С. 38–56.
- Ткачев В.В.* О юго-западных связях населения Южного Урала в эпоху ранней и средней бронзы // Проблемы изучения энеолита и бронзового века Южного Урала. Орск, 2000. С. 37–65.
- Ткачев В.В.* Степи Южного Приуралья и Западного Казахстана на рубеже эпох средней и поздней бронзы. Актобе: Актюб. обл. центр истории, этнографии и археологии, 2007. 384 с.
- Тюбяк.* Поселение бронзового века на Южном Урале / М.Ф. Обыденнов, В.С. Горбунов, Л.И. Муравкина и др. Уфа: Изд-во Башкир. пед. ун-та, 2001. 159 с.

**Н.Б. Виноградов, А.Д. Дегтярева, С.В. Кузьминых**

- Халиков А.Х. Древняя история Среднего Поволжья. М.: Наука, 1969. 394 с.
- Халыпин М.В. Первый бескурганый могильник синташтинской культуры в степном Приуралье // Бронзовый век Восточной Европы: Характеристика культур, хронология и периодизация. Самара: Изд-во ООО «НТЦ», 2001. С. 417–425.
- Черных Е.Н. История древнейшей металлургии Восточной Европы // МИА. 1966. № 132. 144 с.
- Черных Е.Н. Древнейшая металлургия Урала и Поволжья // МИА. 1970. № 172. 180 с.
- Черных Е.Н. Горное дело и металлургия в древнейшей Болгарии. София: Изд-во БАН, 1978. 387 с.
- Черных Е.Н. Каргалы: Феномен и парадоксы развития. Каргалы в системе металлургических провинций. Потаенная (сакральная) жизнь архаичных горняков и металлургов // Каргалы. М.: Языки славянской культуры, 2007. Т. 5. 200 с.
- Черных Е.Н., Кузьминых С.В. Древняя металлургия Северной Евразии. М.: Наука, 1989. 320 с.
- Шарафутдинова Э.С. Начальный этап эпохи поздней бронзы в Нижнем Подонье и на Северском Донце // Донские древности. Азов: Азов. краевед. музей, 1995. Вып. 4. С. 93–116.
- Budd P., Gale D., Pollard A.M., Thomas R.G. The early Development of Metallurgy in the British Isles // Antiquity. 1992.
- Bortvin N.N. The Verkhny Kizilfind // ESA. Helsinki, 1928. Vol. 3. P. 122–131.
- Chernykh E.N. Ancient metallurgy in the USSR. Cambridge: Univ. press, 1992. 335 p.
- Eaton E.R., McKerrell H. Near Eastern alloying and some textual evidence for the early use of arsenical copper // World Archaeology. 1976. Vol. 8, N 2. P. 169–191.
- Lechtman H. Arsenic bronze: Dirty copper or choosen alloy? A view from the America // Journ. Field Archeology. 1996. N 3.
- McKerrel Y., Tylekote R.F. The Working of Copper-Arsenic Alloys // Proceeding of Prehistoric Society. L., 1972.
- Rovira S. La Metalurgia Americana: Analisis tecnologico de Materiales prehispanicos y colonials. Madrid, 1990.

\*Челябинск, ЧГПУ  
vinogradov\_n@mail.ru  
\*\*Тюмень, ИПОС СО РАН  
anna126@inbox.ru  
\*\*\*Москва, ИА РАН  
kuzminykhsv@yandex.ru

*Subject to publication being data obtained under investigation of a fortified settlement of Ustje 1 at the turn of III–II millennium B.C., connected with metal industry. Basing on a morphological-and-typological investigation of non-ferrous inventory, as well as the results of atomic-emission spectrometric, spectral and metallographic analyses, the authors undertook a cultural identification of the Sintashta and Petrovka metal. The integration of analytical findings allowed clearly correlating chemical and metallurgical groups (alloys) and technological schemes in manufacturing of the non-ferrous inventory. The articles within groups of «pure» copper, tin bronze and, partly, tin-and-arsenic bronze, associated by the authors with the Petrovka metal industry, were produced in accordance with traditional schemes typical of the Petrovka technological processes. The objects made of low alloyed arsenic bronze were manufactured in accordance with schemes typical of the Sintashta metal industry. The data on the artefacts obtained under investigation of the cultural layer of the site connected with metal industry testify to a particularly significant role of metallurgy and metalwork in the life of its inhabitants.*

**Bronze Age, South Trans Urals, metal industry, settlement of Ustje 1, morphology of metal, compositional analysis of copper and bronzes, metallographic analysis.**