

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ВЕСТНИК АРХЕОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ И ЭТНОГРАФИИ

Сетевое издание

**№ 1 (64)
2024**

ISSN 2071-0437 (online)

Выходит 4 раза в год

Главный редактор:

Зах В.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН

Редакционный совет:

Молодин В.И., председатель совета, академик РАН, д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;
Добровольская М.В., чл.-корр. РАН, д.и.н., Ин-т археологии РАН;
Бауло А.В., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;
Бороффа Н., PhD, Германский археологический ин-т, Берлин (Германия);
Епимахов А.В., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН;
Кокшаров С.Ф., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН; Кузнецов В.Д., д.и.н., Ин-т археологии РАН;
Лахельма А., PhD, ун-т Хельсинки (Финляндия); Матвеева Н.П., д.и.н., ТюмГУ;
Медникова М.Б., д.и.н., Ин-т археологии РАН; Томилов Н.А., д.и.н., Омский ун-т;
Хлагула И., Dr. hab., ун-т им. Адама Мицкевича в Познани (Польша); Хэнкс Б., PhD, ун-т Питтсбурга (США);
Чикишева Т.А., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН

Редакционная коллегия:

Дегтярева А.Д., зам. гл. ред., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Костомарова Ю.В., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН;
Пошехонова О.Е., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН; Лискевич Н.А., отв. секретарь, к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Агапов М.Г., д.и.н., ТюмГУ; Адаев В.Н., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Бейсенов А.З., к.и.н., НИЦИА Бегазы-Тасмола (Казахстан);
Валь Й., PhD, О-во охраны памятников Штутгарта (Германия); Ключева В.П., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Крийска А., PhD, ун-т Тарту (Эстония); Крубези Э., PhD, проф., ун-т Тулузы (Франция);
Кузьминых С.В., к.и.н., Ин-т археологии РАН; Перерва Е.В., к.и.н., Волгоградский ун-т;
Печенкина К., PhD, ун-т Нью-Йорка (США); Пинхаси Р., PhD, ун-т Дублина (Ирландия);
Рябогина Н.Е., к.г.-м.н., ТюмНЦ СО РАН; Слепченко С.М., к.б.н., ТюмНЦ СО РАН;
Ткачев А.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Хартанович В.И., к.и.н., МАЭ (Кунсткамера) РАН

Утвержден к печати Ученым советом ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН

Сетевое издание «Вестник археологии, антропологии и этнографии»
зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций; регистрационный номер: серия Эл № ФС77-82071 от 05 октября 2021 г.

Адрес: 625008, Червишевский тракт, д. 13, e-mail: vestnik.ipos@inbox.ru

Адрес страницы сайта: <http://www.ipdn.ru>

© ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2024

**FEDERAL STATE INSTITUTION
FEDERAL RESEARCH CENTRE
TYUMEN SCIENTIFIC CENTRE
OF SIBERIAN BRANCH
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

VESTNIK ARHEOLOGII, ANTROPOLOGII I ETNOGRAFII

ONLINE MEDIA

**№ 1 (64)
2024**

ISSN 2071-0437 (online)

There are 4 numbers a year

Editor-in-Chief

Zakh V.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Editorial Council:

Molodin V.I. (Chairman of the Editorial Council), member of the RAS, Doctor of History,
Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)

Dobrovolskaya M.V., Corresponding member of the RAS, Doctor of History,
Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)

Baulo A.V., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)

Boroffka N., PhD, Professor, Deutsches Archäologisches Institut (German Archaeological Institute) (Berlin, Germany)

Chikisheva T.A., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)

Chlachula J., Doctor hab., Professor, Adam Mickiewicz University in Poznan (Poland)

Epimakhov A.V., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)

Koksharov S.F., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)

Kuznetsov V.D., Doctor of History, Institute of Archeology of the RAS (Moscow, Russia)

Hanks B., PhD, Professor, University of Pittsburgh (Pittsburgh, USA)

Lahelma A., PhD, Professor, University of Helsinki (Helsinki, Finland)

Matveeva N.P., Doctor of History, Professor, University of Tyumen (Tyumen, Russia)

Mednikova M.B., Doctor of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)

Tomilov N.A., Doctor of History, Professor, University of Omsk

Editorial Board:

Degtyareva A.D., Vice Editor-in-Chief, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Kostomarov Yu.V., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Poshekhonova O.E., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Liskevich N.A., Assistant Editor, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Agapov M.G., Doctor of History, University of Tyumen (Tyumen, Russia)

Adaev V.N., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Beisenov A.Z., Candidate of History, NITSIA Begazy-Tasmola (Almaty, Kazakhstan),

Crubezy E., PhD, Professor, University of Toulouse (Toulouse, France)

Kluyeva V.P., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Kriiska A., PhD, Professor, University of Tartu (Tartu, Estonia)

Kuzminykh S.V., Candidate of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)

Khartanovich V.I., Candidate of History, Museum of Anthropology and Ethnography RAS Kunstkamera
(Saint Petersburg, Russia)

Pechenkina K., PhD, Professor, City University of New York (New York, USA)

Pererva E.V., Candidate of History, University of Volgograd (Volgograd, Russia)

Pinhasi R., PhD, Professor, University College Dublin (Dublin, Ireland)

Ryabogina N.Ye., Candidate of Geology, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Slepchenko S.M., Candidate of Biology, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Tkachev A.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Wahl J., PhD, Regierungspräsidium Stuttgart Landesamt für Denkmalpflege

(State Office for Cultural Heritage Management) (Stuttgart, Germany)

Address: Chervishevskiy trakt, 13, Tyumen, 625008, Russian Federation; mail: vestnik.ipos@inbox.ru

URL: <http://www.ipdn.ru>

Тигеева Е.В.

ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, ул. Червишевский тракт, 13, Тюмень, 625008
E-mail: flena84@mail.ru

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЦВЕТНОГО МЕТАЛЛА ГОРОДИЩА МАРАЙ 1 БАИТОВСКОЙ КУЛЬТУРЫ В НИЖНЕМ ПРИИШИМЬЕ

Исследуются изделия из цветного металла (28 экз.) из материалов баитовской культуры городища Марай 1. В результате металлографического анализа выявлены технологические схемы и приемы, использовавшиеся в металлопроизводстве баитовским населением. Зафиксировано применение формообразующейковки в различных температурных режимах и в меньшей степени литья с незначительной последующей доработкой. Мелкие орудия труда и украшения изготовлены из низколегированных оловом и мышьяком сплавов, преимущественно горячей ковкой в режиме красного каления металла, а также холодной доработки с отжигами. Микроструктурное исследование подтвердило применение мастерами баитовской культуры окисленной меди с характерными включениями эвтектики Cu-Cu₂O, связанной с уральскими производящими центрами. Наконечники стрел и слиток, вероятно, являлись прямым импортом из ареала иткульской культуры.

Ключевые слова: металлографический анализ, ранний железный век, баитовская культура, Западная Сибирь, рентгенофлуоресцентный анализ, технология изготовления.

Введение

Городище Марай 1, расположенное в лесостепном Приишимье, исследовалось раскопками в 2010 и 2013 гг. [Цембалюк, 2011, 2015; Еньшин, Цембалюк, 2015]. Верхний строительный горизонт маркирует поселок баитовской культуры начала раннего железного века (далее — также РЖВ), относящийся к IV–II вв. до н.э. [Цембалюк, 2011, с. 28]. Свидетельства местной цветной металлообработки, зафиксированные в слое баитовской культуры, включали очаг с многочисленными сплесками бронзы вокруг него и изделия из металла [Цембалюк, 2011, с. 28]. Металлографический анализ, выявляя технологические традиции, способствует получению сведений о контактах древних общностей, населявших Тоболо-Ишимский регион, характеризующийся активным процессом формирования разнообразных комплексов начала РЖВ [Зах, 2008, с. 55]. Ранее методами металлографического анализа исследованы изделия из меди и сплавов на основе меди журавлевской, красноозерской и иткульской (включая металл восточного варианта) культур [Дегтярева, 2011; Кузьминых, Дегтярева, 2015; Кузьминых и др., 2017; Дегтярева, Кузьминых, 2018]. Цветной инвентарь баитовской культуры исследуется металлографическим методом впервые. Подобному анализу подвергались лишь изделия из железа [Зиняков, Цембалюк, 2019]. Таким образом, целью настоящего исследования является введение в научный оборот новых данных по металлообрабатывающей деятельности баитовских племен с построением ее возможной модели развития и определения основных векторов историко-металлургических контактов.

Методика

Металлографический анализ проводился с использованием микроскопа Axio Observer D1 m (Zeiss). Изготовленные шлифы просматривались в нетравленном и травленном виде, а затем фотографировались при увеличении в 100–500 раз. Расшифровка микроструктур производилась с учетом данных эталонов литой и деформированной меди, оловянной бронзы [Равич, 1983; Равич, Рындина, 1989]. Методика металлографического исследования подробно описана [Рындина, 1998; Дегтярева, 2010].

Материалы

Морфолого-типологическая характеристика, а также результаты исследования химического состава изделий из материалов городища Марай 1 были изложены ранее [Тигеева, Цембалюк, 2022]. Исследованы структурным анализом: наконечники стрел (6 экз.), шилья (4 экз.), украшения (5 экз.), пластины, заготовки (8 экз.), скоба (1 экз.), слитки, сплески (4 экз.) — всего 28 экз. (рис. 1). (Автор выражает благодарность С.И. Цембалюк за возможность использования материалов.)

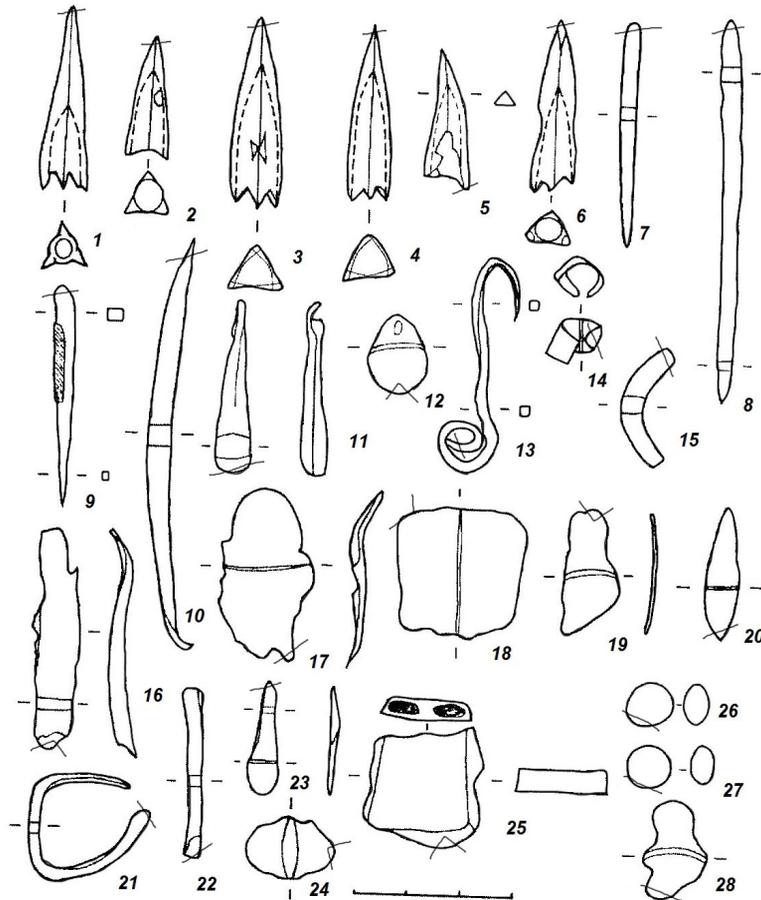


Рис. 1. Изделия из цветного металла гор. Марай 1 (секущими линиями обозначены срезы на шлифы): 1–6 — наконечники стрел (ан. 1626, 1627, 1651, 1653, 1654, 1644); 7–10 — шилья (ан. 1655, 1637, 1638, 1650); 11–15 — украшения (ан. 1629, 1636, 1639, 1641, 1645); 16–20, 22–24 — пластины, заготовки, фрагменты изделий (ан. 1625, 1649, 1642, 1635, 1647, 1646, 1634, 1628); 21 — скоба (ан. 1648); 25–28 — слитки, слески (ан. 1640, 1656, 1643, 1633).

Fig. 1. Non-ferrous metal products from the hillfort of Maray 1:

1–6 — arrowheads (an. 1626, 1627, 1651, 1653, 1654, 1644); 7–10 — awls (an. 1655, 1637, 1638, 1650); 11–15 — ornamentals (1629, 1636, 1639, 1641, 1645); 16–20, 22–24 — plates, blanks, fragments of products (an. 1625, 1649, 1642, 1635, 1647, 1646, 1634, 1628); 21 — a bracket (an. 1648); 25–28 — ingots, splashes (an. 1640, 1656, 1643, 1633).

Таким образом, коллекция цветного металла городища Марай 1 не включала крупных орудий труда или предметов вооружения, украшений, отливавшихся в формах, таких как ножи, кельты (за исключением наконечников стрел), бляшки, хотя подобные изделия известны в материалах других баитовских памятников [Таиров, 2000, рис. 9]. Подобный состав инвентарного набора, безусловно, учтен при интерпретации реконструкции технологии изготовления изделий.

Результаты

В результате металлографического исследования было выделено 8 технологических схем изготовления инвентаря (табл.). Значительная унификация приемов выявлена при производстве втульчатых трехлопастных наконечников стрел и шильев. Стрелы отливались из чистой окисленной меди в трехсоставных литейных формах со вставным вкладышем (схема VIII) (рис. 2, 1–4). Вероятно, заливка производилась в холодные формы, отражением чего стала измельченность литых кристаллов в структуре изделия, а также недолив металла по центру. Острие наконечников стрел не подвергалось доработке. Лишь шлиф, взятый в районе втулки (ан. 1654), показал наличие незначительных доработочных операций (степень обжатия не более 20–30 %), производимых в режиме неполной горячейковки при T 300–500 °С, направленных на ее проковку (схема VII). На малую степень деформации указывает микроструктура изделия, сохранившая сетчатое строение включений эвтектики Cu-Cu₂O (рис. 2, 4). Ранняя выбивка отливки из формы привела к искажению формы наконечника относительно вертикальной оси [Дегтярева, 2010, с. 8].

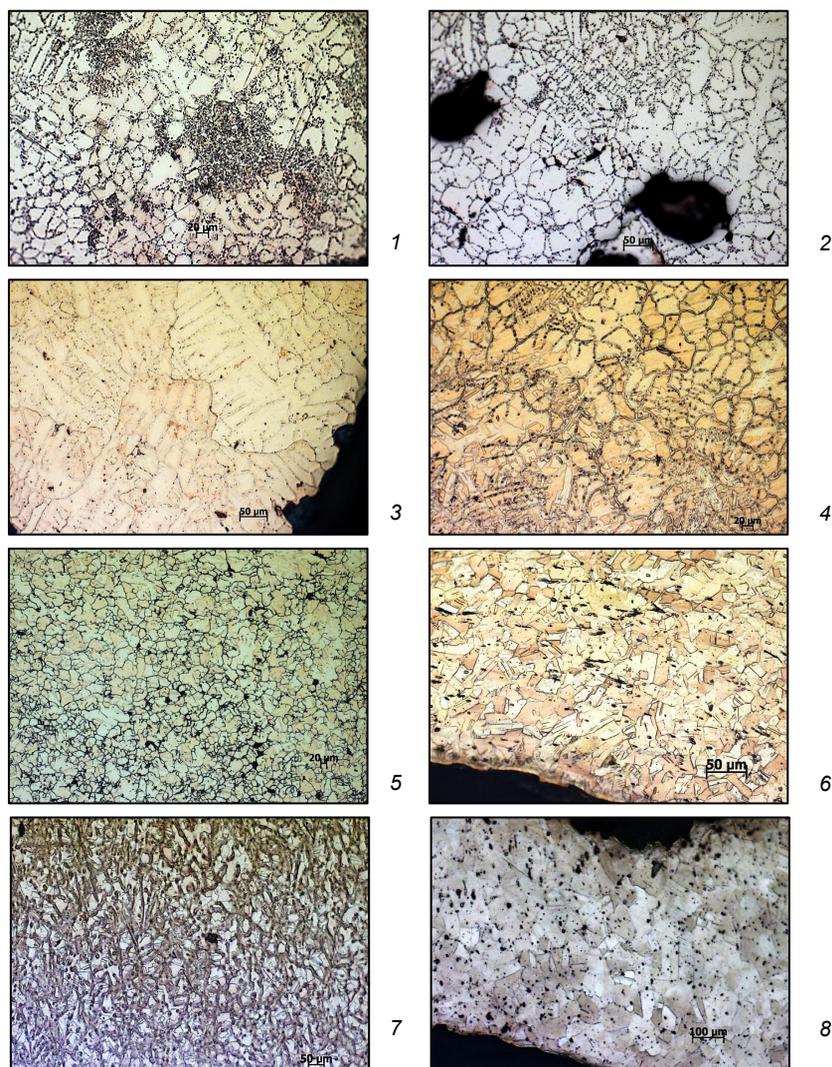


Рис. 2. Фотографии микроструктур изделий гор. Марай 1 (1–4, 6 — увел. $\times 200$; 5, 7, 8 — увел. $\times 100$): 1–4 — наконечники стрел (ан. 1626, 1627, 1651, 1654); 5–8 — шилья (ан. 1637, 1638, 1655, 1650) (1–3, 5, 6 — поперечные срезы острия; 4 — поперечный срез шипа наконечника стрелы; 7, 8 — поперечные срезы обушка).

Fig. 2. Photographs of microstructures products from the hillfort of Maray 1 (1–4, 6 — magnification $\times 200$; 5, 7, 8 — magnification $\times 100$):

1–4 — arrowheads (an. 1626, 1627, 1651, 1654); 5–8 — awls (an. 1637, 1638, 1655, 1650) (1–3, 5, 6, 8 — cross sections of the tip; 4 — cross sections of an arrowhead spike; 7 — cross sections of butt).

Шилья из гор. Марай 1 изготовлены из трех типов сплавов по трем технологическим схемам (I, II, VI). Это оловянная бронза с содержанием Sn (0,74 и 3,54 %), мышьяковая (As 0,52 %) и оловянно-мышьяковая бронза (Sn 2,78 %, As 0,42 %). Чистая медь для изготовления шильев не применялась [Тигеева, Цембалюк, 2022, с. 98]. Три экземпляра сформованы из прутков-заготовок, в одном случае — горячей ковкой при температуре красного каления металла 600–800 °С (ан. 1637; рис. 2, 5); в двух других — холодной ковкой с отжигами (ан. 1638, 1650; рис. 2, 6, 8). Кузнечные операции были направлены на создание четырехгранного в сечении корпуса, а также заострение рабочих окончаний изделий. Степени обжатия были средними — 60–70 % (ан. 1637, 1650) и высокими — 70–80 % (ан. 1638), что подтверждается конфигурацией сульфидных включений: округлой или вытянутой вдоль шлифа формой. Исследованное в районе обушка шило (ан. 1655) изготовлено по схеме VI, из литой заготовки с незначительной последующей доработкой ковкой (не более 20–30 %), производившейся по холодному металлу с низкотемпературными отжигами (рис. 2, 7).

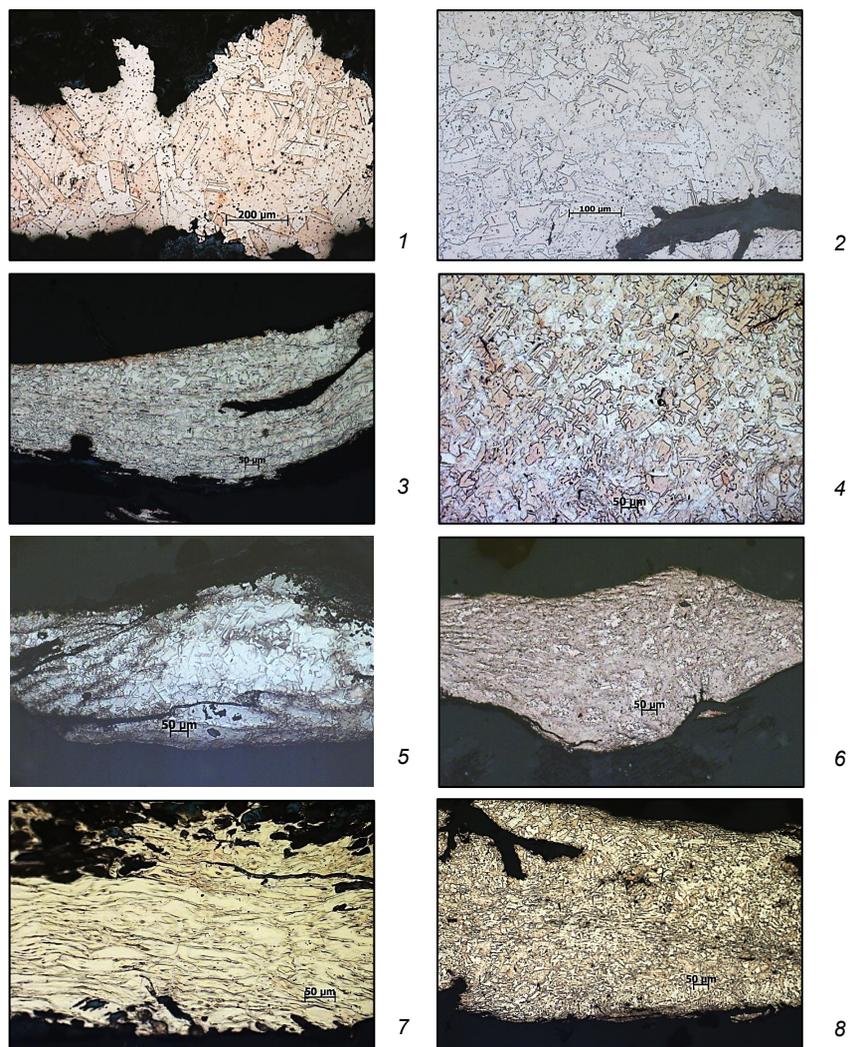


Рис. 3. Фотографии микроструктур изделий гор. Марай 1 (1, 3–6, 8 — увел. $\times 100$; 2, 7 — увел. $\times 200$):
1–4 — украшения (ан. 1629, 1639, 1641, 1645); 5–8 — пластины, заготовки (ан. 1625, 1647, 1635, 1634)
(1–8 — поперечные срезы изделий).

Fig. 3. Photographs of microstructures products from the hillfort of Maray 1 (1, 3–6, 8 — magnification $\times 100$;
7 — magnification $\times 200$):
1–4 — decorations (an. 1629, 1639, 1641, 1645); 5–8 — plates, blanks (an. 1625, 1647, 1635, 1634)
(1–8 — cross sections of products).

Микроструктурное исследование украшений из низколегированной оловянной бронзы (ан. 1629, Sn 0,41 %) в одном случае и из чистой меди в четырех других, показало использование формообразующейковки в различных температурных режимах (схемы I, II, IV) (рис. 3, 1–4). Для изготовления подвески (ан. 1629) применялись предплавильные температуры порядка 900–1000 °С, о чем говорит очень крупный размер кристаллов, достигающий 0,2 мм в поперечнике. Предмет состоял из двух полос заготовок, которые затем при помощи сварки в режиме красного каления металла были соединены друг с другом (рис. 3, 1). Выпукло-вогнутая подвеска (ан. 1636), а также серьга (ан. 1639) сформованы из заготовок горячей ковкой при T 600–800 °С, направленной на их плющение и вытяжку для придания соответствующей формы изделиям. В заключение была произведена навивка спиралевидного окончания серьги уже по остывшему металлу, в результате чего появилась глубокая трещина хладноломкости, связанная с превышением предела прочности изделия (рис. 3, 2). Наличие трещин, зафиксированных в микроструктуре украшения (ан. 1641), свидетельствует в пользу холоднойковки с низкотемпературными отжигами. К их образованию привели высокие степени деформации обоймы, порядка 80–

90 %, о чем говорит линзовидность включений и волокнистость остаточных дендритов (рис. 3, 3). Фрагмент подвески (ан. 1645) изготовлен из литого прутка-заготовки и свернут по горячему металлу со средними степенями обжатия 50–60 %, отражением чего стала выраженная разнотельность структуры металла и округлая форма включений (рис. 3, 4).

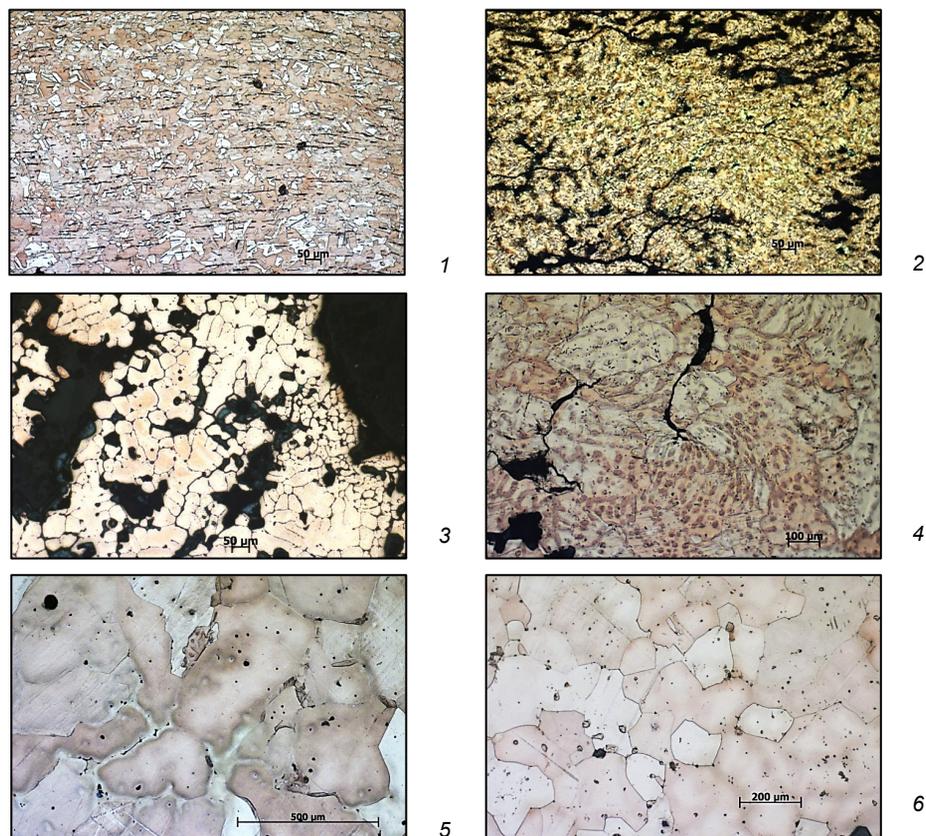


Рис. 4. Фотографии микроструктур изделий гор. Марай 1 (1–6 — увел. $\times 100$):
1, 2 — фрагменты изделий (ан. 1646, 1628); 3–6 — слиток, сплески (ан. 1640, 1633, 1643, 1656)
(1–6 — поперечные срезы изделий).

Fig. 4. Photographs of microstructures products from the hillfort of Maray 1 (1–6 — magnification $\times 100$):
1, 2 — fragments of products (an. 1646, 1628); 3–6 — an ingot, splashes (an. 1640, 1633, 1643, 1656)
(1–6 — cross sections of products).

Пластины, заготовки и фрагменты изделий различны по химическому составу. Три из них (ан. 1649, 1635, 1647) — медные, четыре экземпляра получены из оловянной бронзы (ан. 1625, 1628, 1646, 1634) (Sn 0,33–7,08 %) и один — из сложносоставного трехкомпонентного сплава (ан. 1642) Cu + Sn (0,28 %) + Ag (> 2,87 %) + As (1,02 %). Микроструктуры части изделий демонстрируют воздействие низкотемпературных режимов, подразумевающих неполную горячую ковку при T 300–500 °C, сопровождавшуюся средними и высокими степенями обжатия (ан. 1635, 1647, 1634) (рис. 3, 6–8). В трех случаях была применена горячая ковка при T 600–800 °C с обжатием 50–60 % и 70–80 % (ан. 1625, 1649, 1642) (рис. 3, 5). Фрагмент изделия (ан. 1646) был сформован из заготовки холодной ковкой с отжигами с высокими степенями обжатия 80–90 % (рис. 4, 1). Предмет (ан. 1628), вероятно являющийся слитком, подвергнут незначительной доработке горячей ковкой со степенями деформации не более 20–30 % (схема V). В его микроструктуре отмечены множественные трещины краснотелости, неизбежные при горячей обработке металла с повышенными концентрациями свинца и висмута (рис. 4, 2). Медная скоба (ан. 1648) изготовлена из прутка заготовки холодной ковкой с отжигами по схеме II. Металлографический анализ показал наличие включений эвтектики Cu-Cu₂O в микроструктуре изделия.

Микроструктурно исследованы медные фрагмент слитка (ан. 1640) и сплеск (ан. 1637), а также два сплеска из низколегированной оловянной бронзы (ан. 1643; Sn 0,99 %; ан. 1656; Sn

Металлографическое исследование изделий из цветного металла городища Марай 1...

0,53 %). Слиток изготовлен, вероятно, в односторонней форме. Содержание кислорода в его структуре не превысило 0,05 %, поскольку эвтектика Cu-Cu₂O, образовавшаяся вокруг зерен, имела вид тонкой оторочки (рис. 4, 3). Микроструктура сплесков — полиэдрическая с очень крупными ячейками (0,2–0,5 мм в диаметре) с заметной ликвацией по границам зерен (рис. 4, 4–6). Их кристаллизация протекала с замедленной скоростью по мере остывания в печи, что и привело к образованию полиэдров столь крупных размеров. Установлено, что в процессе плавки окисленной меди с добавкой сульфидных минералов происходит раскисление металла, с уменьшением количества кислорода. В результате прослеживаемое металлографическим методом количество эвтектики Cu-Cu₂O может быть снижено до их полного исчезновения с появлением структуры в виде полиэдрических зерен, с выраженной ликвацией по границам кристаллов [Дегтярева и др., 2022, с. 42].

Технологические схемы изготовления изделий городища Марай 1

Technological schemes for the manufacture of products from the hillfort of Marai 1

Схема	Кол-во экз. / %
Кузнечная ковка	16/57,1
I. Горячая ковка при T 600–800 °C	7/25
II. Холодная ковка с отжигами	5/17,8
III. Неполная горячая ковка при T 300–500 °C	3/10,7
IV. Горячая ковка при T 900–1000 °C + сварка при T 600–800 °C	1/3,6
Литье	12/42,9
V. Литье + горячая ковка при T 600–800 °C	1/3,6
VI. Литье + холодная ковка с низкотемпературными отжигами 400–500 °C	1/ 3,6
VII. Литье + неполная горячая ковка при T 300–500 °C	1/ 3,6
VIII. Литье без доработки	9/32,2
Всего	28/100

Обсуждение

Металлографическое исследование подтвердило, что наконечники стрел и слиток из чистой меди, возможно, являлись прямым импортом из ареала иткульской культуры. Изделия из месторождений иткульской культуры отличается наличием в их микроструктуре включений эвтектики Cu-Cu₂O, залегающей в виде оторочки по границам зерен или сеточки, а также сульфидов ярко-синего цвета. Наряду с металлом, выплавленным из руды Гумешевского месторождения, возможно, использовался и металл из залежей рудников Согринский, Ваштымский, Полевской [Артемьев и др., 2022, с. 64]. Характерные микроструктурные особенности металла, присущие иткульской металлообработке, зафиксированы в процессе исследования наконечников стрел, найденных в материалах баитовской культуры городища Марай 1. В большинстве случаев сплав был тщательно предохранен от избыточного повышения кислорода в структуре металла, так как его концентрации не превышали 0,05–0,15 %. Все микроструктуры изделий содержали значительное количество сульфидов, залегающих по границам зерен. Ранее исследователями была установлена вероятность преднамеренного внесения металлургами иткульской культуры в шихту наряду с окисленными минералами и кусков сульфидной руды в качестве раскислителей. Их присутствие в сплаве облегчало процесс плавки и уменьшало количество кислорода в меди [Кузьминых и др., 2017, с. 43–45; Таиров, 2020, с. 33]. Проведенный А.Д. Дегтяревой металлографический анализ наконечников стрел из материалов ряда иткульских памятников и поселений восточного варианта иткульской культуры показал схожие технологические процессы. Они заключались в отливке изделий из чистой окисленной меди в трехсоставных литейных формах со вставным вкладышем, без использования доработки [Кузьминых, Дегтярева, 2015; Кузьминых и др., 2017; Дегтярева, 2011, с. 201]. Наконечники стрел, вероятно, относятся к началу IV в. до н.э., поскольку традиция их изготовления из чистой меди угасает ко второй половине IV — III в. до н.э. вместе с функционированием иткульского очага металлургии [Блинов, Таиров, 2022, с. 101].

Приведенные в таблице данные по технологии изготовления металла баитовской металлообработки свидетельствуют, что преобладали кузнечные схемы получения изделий. Более половины предметов изготовлены посредством формообразующейковки в различных температурных режимах (16 экз. / 57,1 %). Предпочтение отдавалось горячей ковке в режиме красного каления металла 600–800 °C (7 экз. / 25 %), холодной ковке с отжигами (5 экз. / 17,8 %) и неполной горячей при T 300–500 °C (3 экз. / 10,7 %). Использование высоких температур в большинстве случаев влекло за собой появление брака в виде трещин краснотомкости (в присутствии повышенной концентрации краснотомных составляющих Pb, Bi). Кроме того, часть доработочных операций производилась по уже остывшему металлу и сопровождалась значительными степенями обжата. Эти процессы приводили

к возникновению трещин, зафиксированных в микроструктуре изделий и связанных с появлением упругих напряжений в металле. Возможно, владение навыками свободнойковки цветного металла в горячем состоянии способствовало освоению байтовскими мастерами приемов черной металлургии, подразумевающих использование высоких температур порядка 900–950 °С [Зиняков, Цембалюк, 2019, с. 21].

В начале РЖВ, как отмечается рядом исследований, в восточном Притоболье и Приишимье для изготовления орудий труда и оружия преимущественно использовались литейные технологии. Кузнечная доводка орудий практиковалась с применением минимальных степеней обжатия металла, что вполне соответствовало ведущим трендам металлопроизводства той эпохи [Кузьминых и др., 2017, с. 47; Дегтярева, Кузьминых, 2018, с. 51]. Этот же вывод подтверждается данными трасологического анализа орудийного набора журавлевских памятников Борки 1 и Марай 4, в составе которого не было обнаружено кузнечных инструментов [Костомарова, 2019, с. 56]. В коллекции изделий городища Марай 1 литье с последующей незначительной степенью деформирующего воздействия (20–30 %) отмечено в трех случаях (ан. 1655, 1628, 1654), что соотносится с традициями металлообработки иткульской и красноозерской культур. Столь малый процент изделий, выполненных в соответствии с данной схемой, может быть связан с особенностями состава исследуемой коллекции, практически не содержащей крупных литых изделий. Таким образом, установлено, что способ кузнечной формообразующейковки применялся мастерами байтовских племен для получения мелких орудий труда и украшений. Литье без последующей доработки зафиксировано в микроструктурах наконечников стрел и слитка, сплесков (9 экз. / 32,2 %).

Выводы

Микроструктурное исследование подтвердило использование мастерами байтовской культуры чистой окисленной меди с характерными включениями эвтектики Cu-Cu₂O, связанной с уральскими производящими центрами. Наконечники стрел и слиток из чистой окисленной меди, вероятно, являлись прямым импортом из ареала иткульской культуры. В той же степени использовались и низколегированные оловом и мышьяком бронзы, поступающие из металлургических центров Центрального Казахстана и Алтая, для производства части орудий труда и украшений [Тигеева, Цембалюк, 2022, с. 96]. Изделия получали как при помощи литейных технологий с незначительной косметической ковкой, осуществлявшейся при низких температурах начальной стадии рекристаллизации и малых степенях обжатия (до 30 %), в чем проявились традиции иткульской и красноозерской культур начала раннего железного века, так и формообразующейковки в режиме температур 600–800 °С со значительными степенями обжатия или холоднойковки с отжигами. Наибольшая стандартизация приемов проявилась при изготовлении орудий труда и украшений, что говорит об унификации байтовского металлопроизводства. Однако использование высоких температур и значительных степеней обжатия в ряде случаев влекло появление брака, возникающего в процессе технологического цикла, осуществляемого с превышением предела прочности металла и образованием трещин.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ FWRZ-2021-0006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Артемов Д.А., Степанов И.С., Анкушева П.С. Ресурсно-сырьевая база иткульской металлургии раннего железного века Среднего Зауралья // УИВ. 2022. № 4 (77). С. 55–68. [https://doi.org/10.30759/1728-9718-2022-4\(77\)-55-68](https://doi.org/10.30759/1728-9718-2022-4(77)-55-68)

Блинов И.А., Таиров А.Д. Химический состав металла медных и бронзовых наконечников стрел могильника Кичигино I // Нижневолжский археологический вестник. 2022. Т. 21. № 1. С. 91–118. <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2022.1.5>

Дегтярева А.Д. История металлопроизводства Южного Зауралья в эпоху бронзы. Новосибирск: Наука, 2010. 162 с.

Дегтярева А.Д. Структурный анализ изделий из металла // Н.М. Чаиркина. Погребальные комплексы эпохи энеолита и раннего железного века Зауралья (по материалам погребально-культурной площадки Скворцовская гора V). Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 196–205.

Дегтярева А.Д., Губин А.А., Артемов Д.А. Возможности использования сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализатором в изучении металла эпохи бронзы: К постановке проблемы // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2022. № 1. С. 31–48. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-56-1-3>

Металлографическое исследование изделий из цветного металла городища Марай 1...

Десярева А.Д., Кузьминых С.Н. Модели цветного металлопроизводства на Урале в раннем железном веке // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2018. № 2 (41). С. 41–60. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2018-41-2-041-060>

Еньшин Д.Н., Цембалюк С.И. Исследование поселения Марай 1 в 2010 г. // АО 2010–2013 годов. М.: Наука, 2015. С. 641–642.

Зах В.А. К вопросу о формировании байтовских комплексов в Притоболье // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2008. № 8. С. 55–63.

Зиняков Н.М., Цембалюк С.И. Металлографическое исследование железных изделий городища Марай 1 // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2019. № 1 (44). С. 15–24. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2019-44-1-015-024>

Костомарова Ю.В. Производственная деятельность населения начала раннего железного века укрепленного поселения Марай 4 в нижнем Пришимье (экспериментально-трасологический анализ // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2019. № 3 (46). С. 48–61. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2019-46-3-048-061>

Кузьминых С.В. Металлургия Волго-Камья в раннем железном веке (медь и бронза). М.: Наука, 1983. 257 с.

Кузьминых С.В., Десярева А.Д. Цветная металлообработка иткульской культуры: (Предварительные результаты аналитических исследований) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2015. № 4 (31). С. 57–66.

Кузьминых С.В., Десярева А.Д., Тигеева Е.В. Металлопроизводство красноозерской и иткульской культур Тоболо-Ишимья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2017. № 4 (39). С. 37–50.

Равич И.Г. Эталонные микроструктуры оловянной бронзы // Художественное наследие. Вып. 8 (38). М.: Искусство, 1983. С. 136–143.

Равич И.Г., Рындина Н.В. Методика металлографического изучения древних кованых изделий из меди // Естественнонаучные методы в археологии. М.: Наука. 1989. С. 91–100.

Рындина Н.В. Древнейшее металлообрабатывающее производство Юго-Восточной Европы. М.: Эдиториал УРСС, 1998. 288 с.

Смирнов К.Ф. Вооружение савроматов. М.: АН СССР, 1961. 168 с. (МИА; № 101).

Таиров А.Д. Ранний железный век // Древняя история Южного Зауралья: Ранний железный век и Средневековье. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. Т. II. С. 3–205.

Таиров А.Д. Очерк истории южноуральской металлургии и металлообработки I тысячелетия до н.э // Южный Урал: От Аркаима до Магнитки / Сост. Г.Х. Самигулов. Челябинск: Южный Урал, 2020. С. 29–50.

Тигеева Е.В., Цембалюк С.И. Металлургические группы изделий из цветного металла байтовской культуры городища Марай 1 // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2022. № 4 (59). С. 96–104. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-59-4-8>

Цембалюк С.В. Марай 1, поселок финальной бронзы и раннего железного века // IX Зырянские чтения — 2011: Материалы Всерос. науч.-практ. краевед. конф. Курган: Изд-во КурГУ, 2011. С. 28.

Цембалюк С.И. Исследование поселения Марай 1 в Нижнем Пришимье // Зырянские чтения: Материалы Всерос. науч.-практ. краевед. конф. Курган: Изд-во КурГУ, 2015. С. 30–31.

Tigeeva E.V.

Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch RAS
Cherishchevskiy tract st., 13, Tyumen, 625008, Russian Federation
E-mail: flena84@mail.ru

Metallographic study of non-ferrous metal products from the Maray 1 site of the Baitovo Culture in the Lower Ishim River region

The article examines non-ferrous metal products from the Baitovo Culture materials of the Early Iron Age hillfort of Maray 1. This settlement is located in the forest-steppe of the Ishim River region of Western Siberia. The upper building horizon marks the settlement of the Baitovo Culture dating to the 4th–2nd centuries BC. Metallographic analysis of 28 items was carried out using the Axio Observer D1m microscope (Zeiss). As a result, eight technological schemes characteristic for the metalworking activities of the Baitovo population have been identified. The study shows that prevailing were smithing technologies in different temperature regimes for the production of non-ferrous metal objects (16 specimens, 57.2 %). The preference was given to hot forging in the red-heat regime at 600–800°C (7 specimens, 25 %), cold forging with annealing (5 specimens, 17.8 %), as well as incomplete hot forging at 300–500°C (3 specimens, 10.7 %). Casting without further refinement was recorded in the microstructures of arrowheads, ingots and splashes (9 specimens, 14.2 %). Casting, followed by a slight degree of deformation (20–30 %), was noted in three cases. This scheme correlates with the metalworking traditions of the Itkul and Krasnoozerskaya Cultures, and it was dominant on the territory of the Tobol-Ishim region during the Early Iron Age. Such a low percentage of items related to it could be explained by the absence in Maray 1 of large items cast in moulds needing further refinement (knives, celts, etc.). A microstructural study confirmed the use of pure oxidized copper by the craftsmen of the Baitovo Culture, with characteristic inclusions of Cu–Cu₂O eutectic, associated with the Ural production centres. Arrowheads and an ingot made of pure oxidized copper were probably a direct import from the territory of the Itkul Culture. Low-alloy tin and arsenic bronzes, coming from the metal production centres of Kazakhstan and Altai, were also used to the same extent for production of some tools and jewellery. The correlation between the type of product, composition of raw materials and technology of its manufacture has been revealed, which is most clearly manifested in arrowheads and awls. The use of high temperatures and significant degrees of compression (80–90 %) has been recorded in a

number of cases, resulting in the appearance of rejects. Cracks of hot brittleness, as well as of cold brittleness, occurred in the process of technological cycle, carried out with an excess of the tensile strength of the metal.

Keywords: metallographic analysis, Early Iron Age, Baitovo Culture, Western Siberia, X-ray fluorescence analysis, manufacturing technology.

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. FWRZ-2021-0006).

REFERENCES

- Artemyev, D.A., Stepanov, I.S., Ankusheva, P.S. (2022). Metallic ore resources in the itkul culture of the Middle Trans-Urals during the Early Iron Age. *Ural'skiy istoricheskiy vestnik*, (4), 55–68. (Rus.). [https://doi.org/10.30759/1728-9718-2022-4\(77\)-55-68](https://doi.org/10.30759/1728-9718-2022-4(77)-55-68)
- Blinov, I.A., Tairov, A.D. (2020). Chemical composition of metal in copper and bronze arrowheads from the Kichigino I burial ground. *Nizhnevolzhskiy arkhеologicheskiy vestnik*, 21 (1), 91–118. (Rus.). <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2022.1.5>
- Degtyareva, A.D. (2010). *History of metal production in the Southern Trans-Urals in the Bronze Age*. Novosibirsk: Nauka. (Rus.).
- Degtyareva A.D. (2011). Structural analysis of metal products. In: N.M. Chairkina. *Pogrebal'nyye komplekсы epokhi eneolitа i rannego zheleznogo veka Zaural'ya (po materialam pogrebal'no-kul'tovoy ploshchadki Skvortsovskaya gora V)*. Yekaterinburg: Ural'skoye otdeleniye Rossiyskoy akademii nauk, 196–205. (Rus.).
- Degtyareva, A.D., Gubin, A.A., Artemyev, D.A. (2022). The potential of using scanning electron microscopy with an energy dispersive analyzer for the study of the Bronze Age metal: On the problem statement. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 56(1), 31–48. (Rus.). <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-56-1-3>
- Degtyareva, A.D., Kuz'minykh, S.V. (2018). Models of non-ferrous metal production in the Urals in the Early Iron Age. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 41(2), 41–60. (Rus.). <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2018-41-2-041-060>
- En'shin, D.N., Tsembalyuk, S.I. (2015). Research of Maray 1 settlement in 2010. In: *Arkheologicheskie otkrytiya 2010–2013 godov*. Moscow: Nauka, 641–642. (Rus.).
- Kuz'minykh, S.V. (1983). *Metallurgy in the Volga-Kama interfluvе in the Early Iron Age (copper and bronze)*. Moscow: Nauka. (Rus.)
- Kuz'minykh, S.V., Degtyareva, A.D. (2015). Color metal working of Itkulsky culture: (Preliminary results of analytical researches). *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 31(4), 57–66. (Rus.).
- Kuz'minykh, S.V., Degtyareva, A.D., Tigeeva E.V. (2017). Metal production of krasnoozerka and Itkul cultures of the Tobol-Ishim interfluvе. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 39(4), 37–50. (Rus.).
- Kostomarova, Iu.V. (2019). Production activity of the Maray 4 fortified settlement of the Early Iron Age in the Lower Ishim river area: Use-wear analysis. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 46(3), 48–61. (Rus.). <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2019-46-3-048-061>
- Ravich, I.G. (1983). Standards of tin bronze microstructures. In: *Khudozhestvennoye naslediyе*, 38(8). Moscow: Art, 136–143. (Rus.).
- Ravich, I.G., Ryndina, N.V. (1989). Methods of metallographic study of ancient forged products from copper. In: *Yestestvennonauchnyye metody v arkhеologii*. Moscow: Nauka, 91–100. (Rus.).
- Ryndina, N.V. (1998). *The oldest metalworking production in South-Eastern Europe*. Moscow: Editorial URSS. (Rus.).
- Smirnov, K.F. (1961). Ornamеnt of saumats. *Materialy i issledovaniya po arkhеologii SSSR*. Moscow: Institut arkhеologii Rossiiskoy akademii nauk. (Rus.).
- Tairov A.D. (2000). Early Iron Age. In: *Drevnyaya istoriya Yuzhnogo Zaural'ya: Ranniy zheleznyy vek i Srednevekov'ye. T. 2*. Chelyabinsk: YuUrGU, 3–205. (Rus.).
- Tairov, A.D. (2020). Essay on the history of the Southern Ural metallurgy and metalworking of the 1st millennium BC. In: *Ot Arkaima do Magnitki*. Cheliabinsk: Iuzhnyi Ural, 25–50. (Rus.).
- Tigeyeva, Ye.V., Tsembalyuk, S.I. (2022). Metallurgical groups of products from non-ferrous metal of the Baitovo culture in the settlement Marai 1. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 59(4), 96–104. (Rus.). <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-59-4-8>
- Tsembalyuk, S.I. (2011). Maray 1, Final Bronze and Early Iron Age settlement. In: *Zyrianovskie chteniya: Materialy Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Kurgan. (Rus.).
- Tsembaliuk, S.I. (2015). Study of the settlement of Marai 1 in the lower Priishimye. In: *Zyrianovskie chteniya: Materialy Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Kurgan, 30–31. (Rus.).
- Zakh, V.A. (2008). On the issue of the formation of the Baitovo complexes in the Tobol river region. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, (8), 55–63. (Rus.).
- Ziniakov, N.M., Tsembaliuk S.I. (2019). Metal forge products at the Maray 1 hillfort. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, 44(1), 15–24. (Rus.). <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2019-44-1-015-024>

Тигеева Е.В., <https://orcid.org/0000-0002-2325-5415>

Сведения об авторе: Тигеева Елена Валерьевна, научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

About the author: Tigeeva Elena V., Researcher, Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Accepted: 18.12.2023

Article is published: 15.03.2024