

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

ВЕСТНИК АРХЕОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ И ЭТНОГРАФИИ

Сетевое издание

**№ 4 (71)
2025**

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.-кор. 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;
Лакельма 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;
Адаев В.Н., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Агапов М.Г., д.и.н., ТюмГУ;
Бейсенов А.З., к.и.н., НИЦИА Бegaзы-Тасмола (Казахстан); Валь Й., PhD, О-во охраны памятников
Штутгарта (Германия); Зимина О.Ю., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; 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., ун-т Гетеборга; Слепченко С.М., к.б.н., ТюмНЦ СО РАН;
Ткачев А.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Федоров Р.Ю., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Хартанович В.И., к.и.н., МАЭ (Кунсткамера) 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>

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

**№ 4 (71)
2025**

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)

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

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

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

Agapov M.G., Doctor of History, University of Tyumen (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, Göteborgs Universitet (Göteborg, Sweden)

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)

Fedorov R.Yu., 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)

Zimina O.Yu., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

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

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

Дегтярева А.Д.^{a,*}, Кузьминых С.В.^b, Орловская Л.Б.^b, Блинов И.А.^c,
Чемякин Ю.П.^d, Пилькина А.А.^a

^a ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, ул. Червишевский тракт, 13, Тюмень, 625008

^b Институт археологии РАН, ул. Дм. Ульянова, 19, Москва, 117292

^c ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, тер. Ильменский заповедник, Челябинская обл., Миасс, 456317

^d Уральский федеральный университет, ул. Ленина, 51, Екатеринбург, 620000

E-mail: adegtyareva126@gmail.com (Дегтярева А.Д.); kuzminykhsv@yandex.ru (Кузьминых С.В.);

lbor147@rambler.ru (Орловская Л.Б.); ivan_a_blinov@mail.ru (Блинов И.А.);

yury-che@yandex.ru (Чемякин Ю.П.); an-na241@mail.ru (Пилькина А.А.)

МЕТАЛЛ АЛАКУЛЬСКОЙ КУЛЬТУРЫ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ: МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Охарактеризованы основные категории металлических изделий алакульской культуры Южного Зауралья, а также элементный состав металла с выделением рецептур сплавов на базе использования нескольких аналитических методов (спектральный, рентгенофлуоресцентный). Выявлены основные металлургические группы с преобладанием легированных бронз с ведущей примесью Sn, доля которых составляла две трети выборки (61.6 %). Группа чистой меди незначительна — 38.4 %. В алакульской культуре наблюдается известная стандартизация при изготовлении изделий из цветного металла с соответствием функционального назначения рецептуре сплавов. Так, оружие и орудия (наконечники копий и стрел, вислообушные топоры, долото, часть пробойников) и украшения (браслеты, кольца) отливались из средне- и высоколегированных оловом сплавов (8–23 %), в то время как в петровской культуре — из низколегированных (до 10 %). Незначительна в металлопроизводстве алакульской культуры доля мышьяковых и свинцовых бронз. Основная группа используемых рудных месторождений, установленных по микропримесям к меди, имела гидротермальное происхождение, при этом выработки, связанные с ультрабазитами, возможно, использовались, но имели подчиненное значение. Изучение древних рудников Южного Зауралья, проводимые в последние десятилетия исследователями ЮУФНЦ МиГ УрО РАН, радиоуглеродное датирование артефактов из выработок, находки керамики позволили связать начало разработки Новотемирского рудника, Воровской Ямы, возможно, Стародубцевой Ямы, Кичигино с деятельностью горняков и металлургов алакульской культуры. Преобладание Sn-бронз в составе металлокомплексов в XVIII/XVII–XVI/XV вв. до н.э. характеризует увеличение торгово-обменных связей металлургов алакульской культуры Урала с горно-металлургическими центрами (ГМЦ) Казахстана и Алтая по снабжению слитками и готовыми легированными изделиями.

Ключевые слова: Южное Зауралье, алакульская культура, петровская культура, геохимический состав, рудные источники, металлургические контакты.

Ссылка на публикацию: Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В., Орловская Л.Б., Блинов И.А., Чемякин Ю.П., Пилькина А.А. Металл алакульской культуры Южного Зауралья: морфологическая и химико-металлургическая характеристика // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2025. 4. С. 35–50. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-71-4-3>

Изучение цветного металла алакульской культуры (далее — АК) Урала началось параллельно с выявлением ее памятников в первой половине XX в. (М.П. Грязнов, К.В. Сальников, О.А. Кривцова-Гракова и др.), но историко-металлургические аспекты андроновской проблематики (типология, химический состав металла, рудные источники) обратили на себя внимание начиная с 1960-х гг. Е.Н. Черных на основе изучения коллекции металла Южного Урала и Среднего Притоболья предположил значительную роль восточных ГМЦ, в первую очередь Рудного Алтая, в развитии производственных центров позднего бронзового века (далее — ПБВ) евразийской степи и лесостепи [Черных, 1970]. Разработка данной проблематики была продолжена С.В. Кузьминых и Е.Н. Черных [1985] на массовых материалах АК Среднего Притоболья из раскопок Т.М. Потемкиной. К типологическим особенностям инвентаря АК обращались Н.А. Аванесова [1991], Е.Е. Кузьмина [1994], О.Н. Корочкова с соавт. [2013; 2017], к изучению элементного состава металла АК — R. Krause [2013], R. Doonan [2015], Е.В. Тигеева [2013], С.В. Богданов с

* Corresponding author.

соавт. [2023]. Следует отметить, что металл АК, изученный ранее аналитическими методами, был представлен в основном украшениями из погребений (бляшки, детали наконечников, бусы, кольца и др.). С накоплением поселенческих материалов (в нашей выборке прежде всего Коркино 1), кладов, случайных находок появилась возможность более адекватной оценки продукции АК Южного Зауралья, что и явилось целью данной статьи.

Материалы

Коллекция металла АК, изученная методами спектрального и рентгенофлуоресцентного анализа, представлена изделиями из пос. Коркино 1, Кинзерское, Мирный 2, Синеглазово, Волосниково, Калачево 1, Ук 3, мог. Миасское и Степное 2, кладов Гладунинского и Прыговского, а также находками у с. Булзи и Утятское [Потемкина, 1985; Чемякин, 2000; 2008; 2015; Стефанов, 1996; Стоколос, 1962; 2015; Стефанов, Корочкова, 2000; Корочкова, 2013; 2017]. Выборка в основном происходит из раскопок 70–80-х гг. XX в. В те же годы в лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН с помощью спектрального анализа был изучен химический состав большей части изделий. Предметы из кладов, а также случайные находки, обнаруженные в начале XXI в., проанализированы методами РФА в ЛЕМ ИА РАН, пос. Ук 3 — методами РФА, СЭМ-ЭДА в ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Всего исследовано 125 экз., в том числе 33 слитка (рис. 1, А).

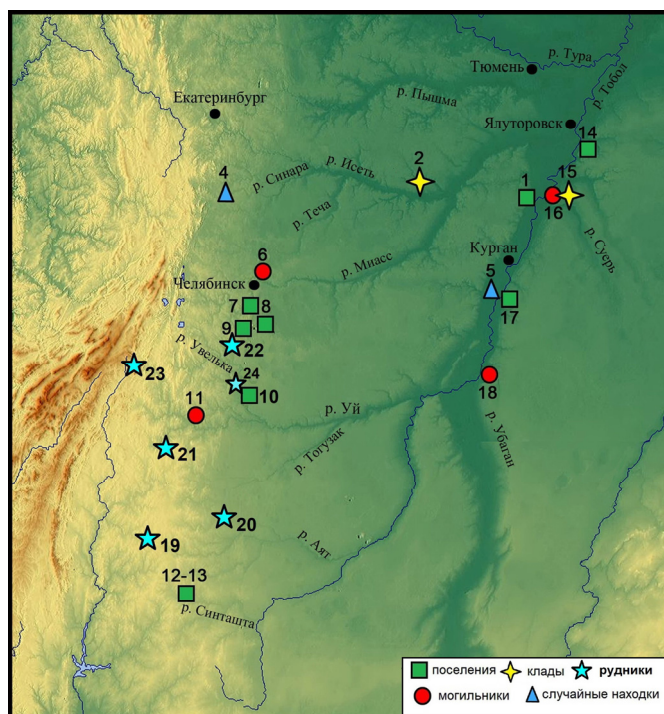


Рис. 1. Карта памятников алакульской культуры Южного Зауралья и Притоболья с исследованным металлом: 1 — пос. Волосниково; 2 — Прыговский клад; 4 — Булзи (сл. нах.); 5 — Утятское (сл. нах.); 6 — мог. Миасский 1; 7 — пос. Синеглазово; 8 — пос. Калачево; 9 — пос. Коркино 1; 10 — пос. Кинзерское; 11 — мог. Степное 2; 12, 13 — пос. Мирный 2, 4; 14 — пос. Ук 3; 15 — Гладунинский клад; 16 — мог. Чистолепяжский; 17 — пос. Камышное 2; 18 — мог. Убаган 1; рудники: 19 — Воровская Яма; 20 — Новониколаевский; 21 — Новотемирский, Стародубцева Яма; 22 — Кичигинское; 23 — Таш-Казган, Никольское, 24 — Томинское (19–24 — по: [Зайков и др., 2005; 2013; 2016; Минина, Мигачев, 2018].

Fig. 1. Map of the Alakul Culture sites of the Southern Trans-Urals and Tobol region with the studied metal.

Основу выборки (84 экз.) составляют орудия, оружие, заготовки, слитки, сплески из слюя и объектов пос. Коркино 1, погибшего в результате военного конфликта, с многочисленными следами пожаров, разрушений и человеческими останками. К сожалению, для памятников, рассмотренных в статье, известны только четыре радиоуглеродные даты — по материалам из Коркино 1, дающие большой разброс: от 2600 ± 30 BP (ЛЕ-1545) до 4040 ± 40 BP (ЛЕ-1544). Дерево из колодца с алакульскими находками имеет дату 3640 ± 40 BP (ЛЕ-1541) с калиброванными значениями в интервалах: 2120–1940 cal BC (1σ); 2136–1896 cal BC (2σ). Учитывая последние разработки А.В. Епимахова по хронологии АК (конец XIX — начало XVI в. до н.э.) [2023], следует отметить, что дата Коркино 1 несколько древнее (XXII–XIX вв. до н. э.), однако достаточно близка к вновь предложенным дати-

ровкам алакульской культуры. Вместе с тем авторы придерживаются традиционной хронологии АК в рамках XVIII/XVII–XVI/XV вв. до н.э., исходя из непрерывного накопления базы данных по AMS-датам, неизбежной корреляции хронологии с учетом ревизии и пересмотра анализируемых материалов, упоминаемого в ряде работ резервуарного эффекта для построения дат, а также существующей хронологии типов металлических изделий эпохи бронзы, распределенных в рамках 3 или 4 горизонтов (выделение кентско-донгальского этапа в рамках 3 периода) Евразийской металлургической провинции [Chernykh, 1992; Черных, 2007; Молодин и др., 1014; Epimakhov, Alaeva, 2024].

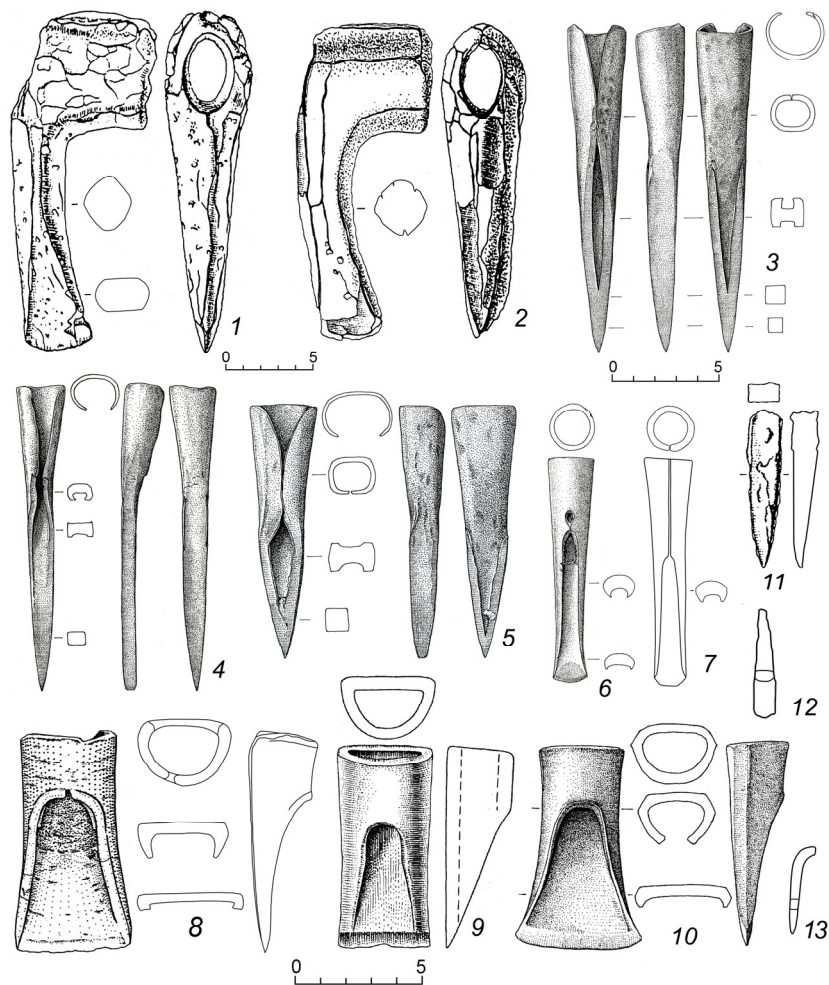


Рис. 2. Орудия труда алакульской культуры Южного Зауралья и Притоболья, исследованные аналитически: 1, 2 — вислообушные топоры; 3–5 — пробойники; 6, 7 — долота желобчатые; 8–10 — кельты со сквозной втулкой; 11–13 — миниатюрные пробойники (1, 2, 9, 11–13 — пос. Коркино 1; 3, 5 — Прыговский клад; 4 — Утятское, сл. нах.; 6, 10 — Гладунинский клад; 7 — пос. Камышное 2; 8 — пос. Ук 3).

Fig. 2. Tools of the Alakul Culture of the Southern Trans-Urals and Tobol region, studied analytically.

Внезапная гибель поселения Коркино 1 и его жителей обусловили сохранность изделий из металла, камня, кости, в том числе уникальных орудий, оружия и предметов, связанных с металлообработкой [Чемякин, 2015]. Такие находки в поселениях и могильниках АК крайне редки. В составе инвентаря — массивнообушные топоры, Г-образные в профиле, известные по находкам в сейминско-турбинских (СТ) памятниках Волго-Камья, срубных — Доно-Волжского региона, включая матрицы для их отливки на поселении Мосоловка (Черных, Кузьминых, 1989; Пряхин, 1996) (рис. 2, 1, 2). Три наконечника копья относятся к выделенным Е.Н. Черных и С.В. Кузьминых типам КД-28, 32 (Коркино 1, Булзи) с аналогиями в СТ и срубных памятниках [1989] (рис. 4, 1–3). Серпы представлены экземплярами с асимметричным абрисом, с выделенным черенком и без него, расширяющейся лезвийной частью (рис. 3, 1–7, 10) и орудиями с кованой втулкой для крепления рукояти и лезвием под прямым углом к рукояти (рис. 3, 12). Обе группы серпов

характерны для алакульских, срубных, федоровских древностей. В коллекции присутствуют орудия ударного действия: чеканы-пробойники с открытой сквозной втулкой (рис. 2, 3–5), миниатюрные черешковые чеканы (рис. 2, 11–13), втульчатые долота — литые, без валика-ободка по венчику втулки, и кованые, с сомкнутой втулкой (рис. 2, 6–7).

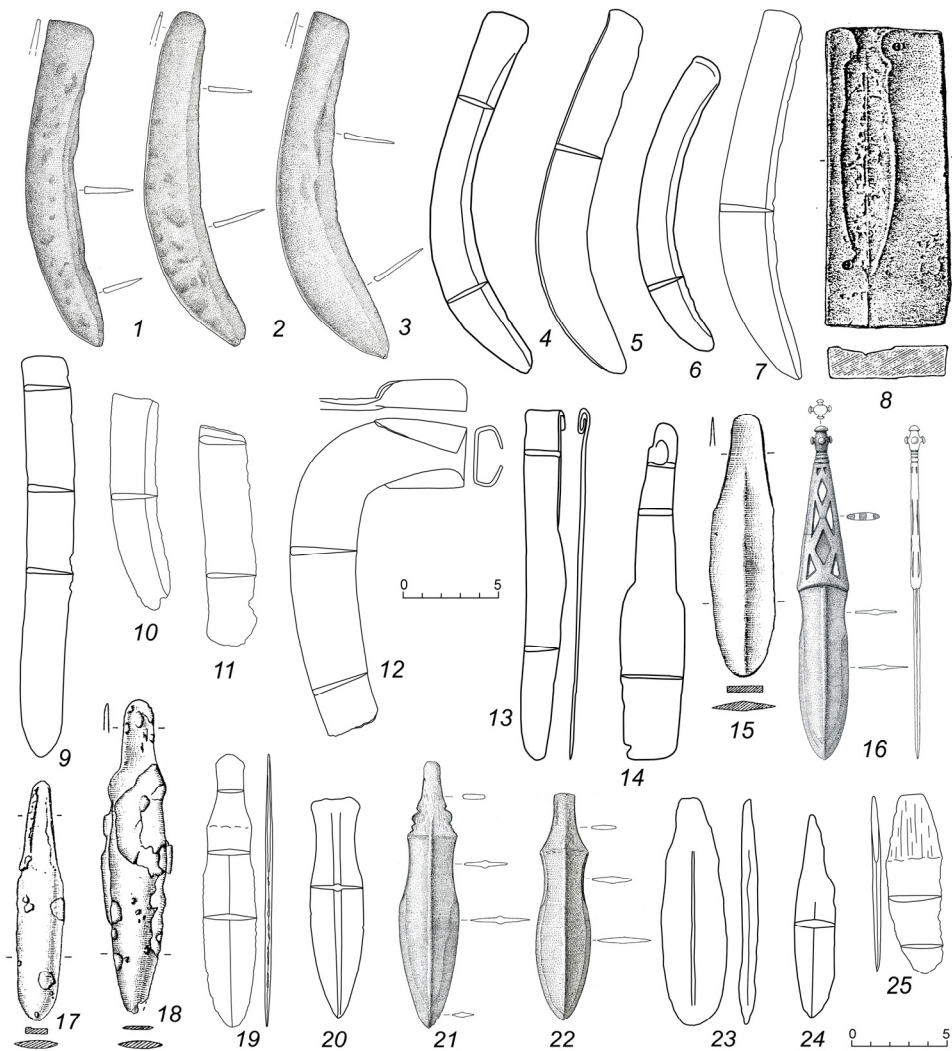


Рис. 3. Серпы и ножи алакульской культуры Южного Зауралья и Притоболья, исследованные аналитически: 1–7, 10, 12 — серпы; 8 — литейная форма для отливки ножа (тальковый сланец); 11, 13–15, 17–25 — ножи; 16 — кинжал (1–3, 16, 21, 22 — Гладунинский клад; 4, 9, 23 — пос. Кинзерское; 5 — пос. Калачево 1; 6 — пос. Синеглазово; 7, 10–12, 19, 25 — пос. Ук 3; 8 — пос. Мирный IV; 13, 14 — пос. Волосниково; 15 — мест. Коркино 2; 17, 18, 24 — пос. Коркино 1; 20 — мог. Убаган 1).

Fig. 3. Sickles and knives of the Alakul Culture of the Southern Trans-Urals and Tobol region, studied analytically.

В коллекции 3 экз. тесел-кельтов со сквозной втулкой, расширяющейся лезвийной частью (рис. 2, 8–10). Подобные орудия известны в федоровской и алакульской культурах. Ножи представлены типами с выделенной рукоятью, прямым лезвием, однолезвийными и двулезвийными (рис. 3, 9, 11, 13, 14), а также черешковыми орудиями, в большинстве с выделенным перекрестьем и перехватом и подпрямоугольным черешком, створкой литейной формы из талькового сланца (рис. 3, 8, 15, 17–25). Кинжал относится к разряду уникальных изделий с долитой рукоятью в виде ажурной решетки, увенчанной крестообразным навершием, распространенных в памятниках раннесрубной, петровской, алакульской культур, СТ типа (рис. 3, 16). Вполне возможно, что из заготовок, отливаемых в литейной форме из талькового сланца пос. Коркино 1, изготавливали лезвийную часть подобных кинжалов с последующей доливкой рукояти (рис. 4, 4). Один фрагмент каменной литейной матрицы, вероятно, служил для отливки тесла-долота (?)

Металл алакульской культуры Южного Зауралья...

(рис. 4, 16). Среди наконечников стрел доминируют литые, с выступающей втулкой (рис. 4, 7–15); среди кованых — по экземпляру с сомкнутой и со сквозной втулкой (рис. 4, 5, 6). В коллекциях пос. Ук 3 и Коркино 1 присутствуют массивные крюки и рыболовный крючок (рис. 4, 17–21). Проанализированы также украшения — браслеты, бусины, бляшки (рис. 5, 1–13), полуфабрикаты-заготовки (рис. 5, 14–22), слитки и сплески (рис. 5, 23–27). В целом металл выборки характерен для памятников степного и лесостепного блока культур Северной Евразии 2 фазы Евразийской металлургической провинции XVIII/XVII–XVI/XV вв. до н.э., наследующего абашевские и синташтинские стереотипы металлообработки и с реминисценциями СТ и петровских традиций. Последнее, в частности, проявилось в наличии однолезвийных ножей с рукоятью, ножей с листовидным лезвием без перехвата и перекрестья с удлиненным черенком, а также с выделенным черешком прямоугольной формы, характерным для СТ орудий.

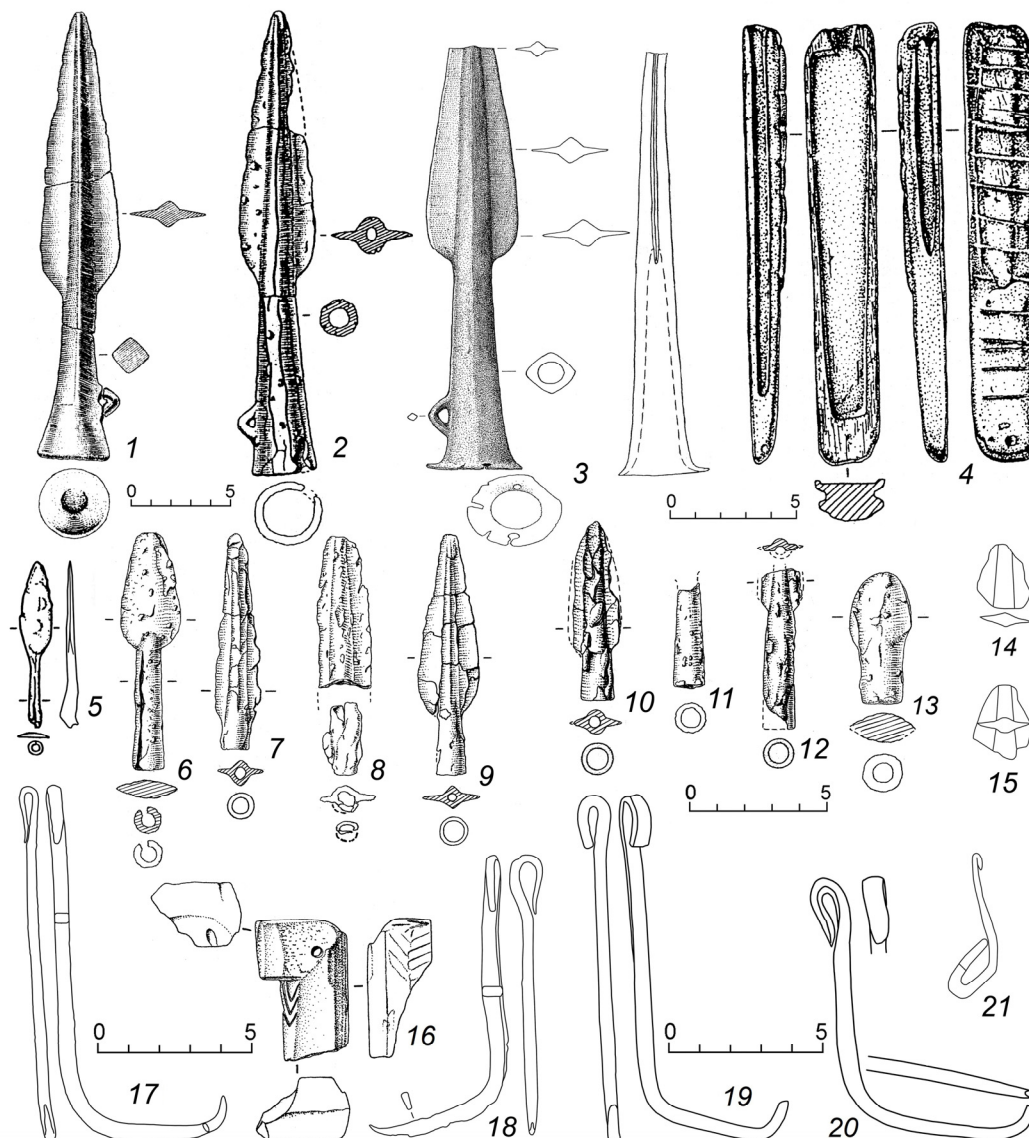


Рис. 4. Наконечники копий, стрел, крюки алакульской культуры Южного Зауралья и Притоболья, исследованные аналитически:

1–3 — наконечники копий; 4 — литейная форма для отливки заготовок (тальковый сланец); 5–15 — наконечники стрел; 16 — литейная форма для отливки тесла-долота (?) (фрагмент, камень); 17–20 — крюки; 21 — крючок (1, 2, 4, 6–16, 21 — пос. Коркино 1; 3 — Булзи, сл. нах.; 5 — пос. Мирный 2; 17–20 — пос. Ук 3).

Fig. 4. Spearheads, arrowheads, hooks of the Alakul Culture of the Southern Trans-Urals and Tobol region, studied analytically.

Методика исследования

Спектральные и рентгенофлуоресцентные анализы проведены по металлической стружке в лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН (спектрограф ИСП-28; ЭДА X-MET 3000TX фирмы OXFORD Instruments Analytical, Великобритания), а также в ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (РФА — Olympus Vanta C-series время набора спектра 15с; СЭМ — Tescan Vega 3 sbu с энерго-дисперсионным детектором Oxford Instruments X-act, ускоряющее напряжение 20кВ, время набора спектра 120 с).

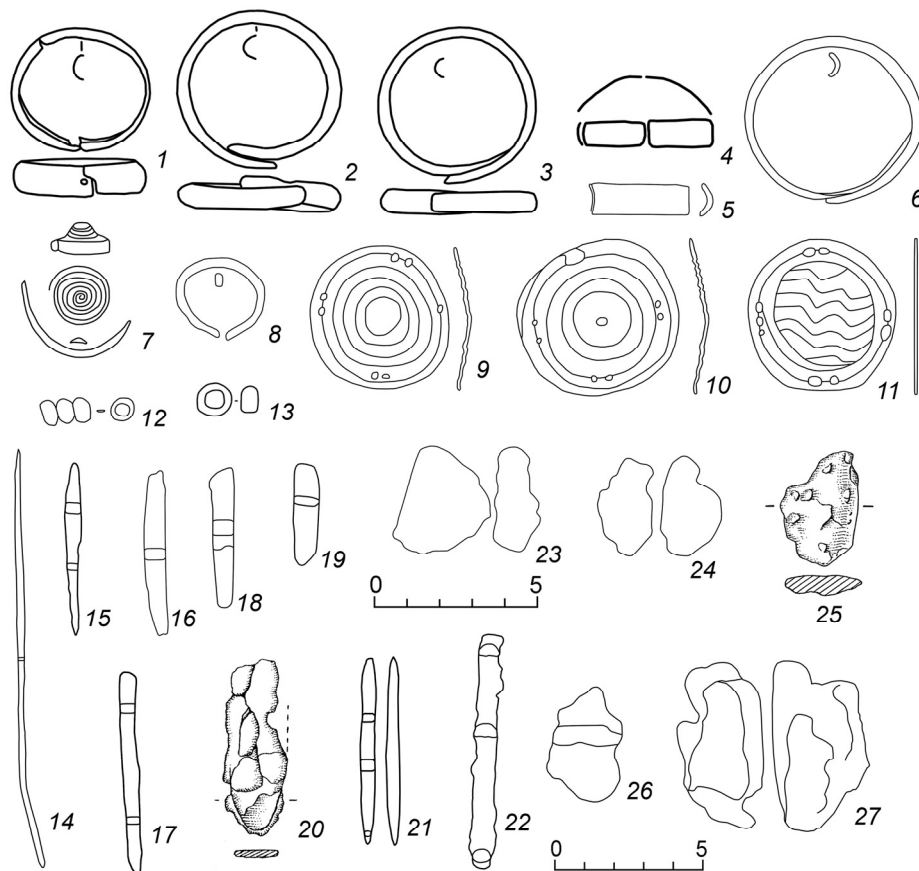


Рис. 5. Украшения, заготовки, слитки алакульской культуры Южного Зауралья и Притоболья, исследованные аналитически:

1–7 — браслеты; 8 — височная подвеска; 9–11 — бляшки; 12, 13 — бусины; 14–22 — заготовки; 23–27 — слитки (1–4, 21 — мог. Миасский 1; 5–13 — мог. Степное 2; 14 — пруток, пос. Камышное 2; 15–26 — пос. Коркино 1; 27 — пос. Ук 3).

Fig. 5. Ornaments, blanks, ingots of the Alakul Culture of the Southern Trans-Urals and Tobol region, studied analytically.

Статистическая обработка результатов анализа металла АК Южного Зауралья с построением частотной гистограммы распределения концентраций примесей и корреляционных графиков позволила распределить металл на 7 металлургических групп — **Cu**, **Cu+Sn**, **Cu+Sn+Pb**, **Cu+Sn+As**, **Cu+Sn+Pb+As**, **Cu+Pb**, **Cu+As** (рис. 6, 7; табл. 1–3; по методике: [Черных, 1970]). В статистике использованы результаты спектрального анализа, по данным РФА — лишь 6 экз. изделий из кладов и случайных находок. Численно преобладают бронзы (61.6 % выборки), в которых основным легирующим компонентом являлось олово (57.6 %; Sn 0.43–23 %). Легированные бронзы представлены группами: Cu+Sn (48.8 %), Cu+Sn+Pb (7.2 %), Cu+Sn+As (0.8 %), Cu+Sn+Pb+As (0.8 %), Cu+Pb (3.2 %), Cu+As (0.8 %). Содержание олова в изделиях 0.4–23 %, Pb — 1.1–7.1 %; As — 0.7–0.94 %. При изготовлении ножей, шильев, наконечников стрел, браслета, полуфабриката в состав расплава добавляли свинец с содержанием 1.1–2.5 %, или же Pb являлся естественной примесью руд (группа **Cu+Sn+Pb**; 9 экз.). В группах **Cu+Sn+As** и **Cu+Sn+Pb+As** оказались наконечник копья (Sn 11 %, As 0.7 %) и игла с неожиданно высокими показателями по легирующим добавкам — Sn 18 %, Pb 7.1 %, As 0.69%. Три заготовки и крюк отнесены к группе **Cu+Pb** с присадкой Pb 1.1–2.3 %. Один экземпляр входит в группу **Cu+As** (слиток, пос. Ук 3; As 0.94 %).

Металл алакульской культуры Южного Зауралья...

Таблица 1

Результаты спектрального и рентгенофлуоресцентного (№ 49976 и далее) анализа металла алакульской культуры Южного Зауралья (ЛЕМ ИА РАН; мас. %)

Table 1

Results of spectral and X-ray fluorescence (No. 49976 and further) analysis of metal from the Alakul Culture of the Southern Trans-Urals (LEM IA RAS; wt.%)

№	Предмет	№ анализа	Рис.	Тип сплава	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Au	Хранение
<i>Поселение Коркино 1 (Чемкин, 2000; 2015)</i>																	
1.	Заготовка	19409	5, 16	Cu+Sn	Осн.	1.7	0.15	—	0.015	0.08	0.03	0.07	0.004	0.007	—	0.003	УрГУ, 508/7039
2.	Шило	19410	2, 12	Cu+Sn	Осн.	0.8	0.1	—	—	0.05	—	0.01	0.025	0.003	—	—	УрГУ, 1508/373
3.	Слиток	19411	5, 23	Cu (Sn, Pb)	Осн.	0.2	0.2	—	—	0.05	—	0.01	0.01	0.003	—	—	УрГУ, 1508/7040
4.	Шило	19412	—	Cu+Sn	Осн.	2	0.04	—	0.004	0.008	0.008	0.02	0.07	0.0005	—	0.001	УрГУ, 1508/7025
5.	Клин	19413	2, 11	Cu+Sn	Осн.	4	0.01	—	—	0.02	0.01	0.01	0.02	0.003	—	—	УрГУ, 1508
6.	Слиток	19414	5, 24	Cu+Sn	Осн.	4	0.04	—	0.005	0.02	0.03	0.09	0.03	0.007	0.003	0.003	УрГУ, 1508/7029
7.	Сплекс	19415	—	Cu (Ag, As)	Осн.	0.001	0.03	—	—	0.2	0.007	0.2	0.01	0.003	—	—	УрГУ, 1508/7030
8.	Сплекс	19416	—	Cu+Sn	Осн.	11	0.3	—	0.015	0.07	0.025	0.01	0.1	0.005	—	—	УрГУ, 1508/7028
9.	Сплекс	19417	—	Cu+Sn	Осн.	3.5	0.1	—	0.004	0.03	—	0.01	0.05	0.005	—	—	УрГУ, 1508/372
10.	Нож	19418	3, 15	Cu	Осн.	0.002	—	—	—	—	—	—	0.007	0.007	—	—	УрГУ, 1508/23
11.	Крючок	19419	4, 21	Cu	Осн.	0.02	0.001	—	—	0.002	0.005	—	0.03	0.007	—	—	УрГУ, 1508/24
12.	Сплекс	19420	—	Cu+Sn	Осн.	1.2	0.02	—	0.008	0.02	0.03	0.015	0.006	0.0005	—	—	УрГУ, 1508/7032
13.	Сплекс	19421	—	Cu+Sn	Осн.	5	0.1	—	0.02	0.001	0.03	0.09	0.015	0.001	—	—	УрГУ, 1508/7033
14.	Сплекс	19422	—	Cu+Sn	Осн.	1.6	0.1	—	0.004	0.02	0.009	0.01	0.004	0.0005	—	—	УрГУ, 1508/7026
15.	Пруток	19423	—	Cu+Sn	Осн.	4.6	0.2	—	0.05	0.0005	0.03	0.15	0.01	0.002	—	—	УрГУ, 1508/7027
16.	Шило	19424	—	Cu+Sn	Осн.	0.4	0.04	—	0.002	0.2	0.005	0.015	0.0015	0.002	—	—	УрГУ, 1508/7036
17.	Заготовка	19425	5, 17	Cu	Осн.	0.005	—	—	—	—	—	—	0.01	0.0005	—	—	УрГУ, 1508/5904
18.	Заготовка	19426	5, 15	Cu+Sn	Осн.	2	0.05	—	0.004	0.06	0.005	0.01	0.005	0.003	—	—	УрГУ, 1508/5906
19.	Шило	19427	—	Cu+Sn (Pb)	Осн.	6	0.2	—	0.008	0.003	0.007	0.025	0.004	0.003	—	—	УрГУ, 1508/5905
20.	Слиток	19428	—	Cu+Sn (Pb)	Осн.	5.6	0.25	—	0.008	0.0005	0.025	0.05	0.01	0.002	—	—	УрГУ, 1508/5901
21.	Шило	19429	—	Cu	Осн.	0.06	0.06	—	—	0.0005	—	—	0.006	0.0005	—	—	УрГУ, 1508/5903
22.	Кельт-гесло	19430	2, 9	Cu+Sn (Pb)	Осн.	5.6	0.3	—	0.01	0.02	0.01	0.03	0.1	0.007	—	0.001	УрГУ, 1508
23.	Нож	19431	3, 17	Cu	Осн.	0.03	0.006	—	—	0.06	0.003	0.01	0.015	0.002	—	—	УрГУ, 1508/5910
24.	Копье	19432	4, 1	Cu+Sn+As	Осн.	11	0.02	—	0.005	0.06	0.15	0.7	0.01	0.005	—	0.001	УрГУ, 1508
25.	Топор	19433	2, 2	Cu+Sn	Осн.	8.5	0.15	—	0.008	0.007	0.006	0.03	0.015	0.003	—	0.001	УрГУ, 1508
26.	Стрела	19434	4, 10	Cu+Sn	Осн.	4	0.2	—	0.01	0.0005	0.01	0.02	0.01	0.001	—	—	УрГУ, 1508/5907
27.	Обломок	31570	—	Cu+Pb (Sn)	Осн.	0.35	1.1	0.001	0.016	0.016	0.0076	0.023	0.0006	0.0039	0.0011	—	УрГУ, 1725/3658
28.	Сплекс	31571	—	Cu+Sn (Pb)	Осн.	5.7	0.74	0.0024	0.025	0.058	0.073	0.11	0.0032	0.0096	0.0029	0.0037	УрГУ, 1725/3659
29.	Стрела	31572	4, 12	Cu+Sn (Sb)	Осн.	5.7	0.11	0.0007	0.013	0.0009	0.3	0.1	0.0003	0.0033	0.0014	0.0001	УрГУ, 1725/3663
30.	Шило	31573	—	Cu+Sn+Pb	Осн.	2.3	2	0.0076	0.027	0.0042	0.029	0.035	0.024	0.0007	0.0011	0.0002	УрГУ, 1725/3664
31.	Сплекс	31574	—	Cu+Sn	Осн.	2.3	0.083	0.0007	0.016	0.0009	0.034	0.066	0.0037	0.0017	0.0011	0.0022	УрГУ, 1725/3668
32.	Обломок	31575	—	Cu+Pb	Осн.	0.18	1.1	0.0008	0.0077	0.0009	0.019	0.018	0.0016	0.0004	0.0011	—	УрГУ, 1725/1000
33.	Шило	31576	—	Cu	Осн.	0.0024	0.0086	0.0009	—	0.0029	0.0001	0.0079	0.0023	—	0.0011	—	УрГУ, 1725/3667
34.	Шило	31577	—	Cu	Осн.	0.0034	0.024	0.0009	0.0006	0.0002	0.0008	0.011	0.0002	—	0.0021	—	УрГУ, 1725/3666
35.	Шило	31578	—	Cu	Осн.	0.022	0.006	0.0009	0.0004	0.0037	—	0.013	0.0019	0.0096	0.0014	—	УрГУ, 1725/916
36.	Стрела	31579	—	Cu	Осн.	0.053	0.083	0.0009	0.0086	0.0001	—	0.014	0.0016	0.0007	0.0014	—	УрГУ, 1725/1751
37.	Обломок	31580	—	Cu	Осн.	0.016	0.031	0.0029	0.0006	0.32	0.0052	0.053	0.0027	0.0043	0.0048	—	УрГУ, 1725/1783
38.	Шило	31581	—	Cu+Sn	Осн.	1.2	0.096	0.0014	0.0032	0.0013	0.015	0.028	0.0006	0.0011	0.0014	—	УрГУ, 1725/1784
39.	Игла	31582	—	Cu+Sn+Pb+As	Осн.	18	7.1	0.0059	0.004	0.0001	0.0091	0.69	0.02	0.047	0.0017	0.0005	УрГУ, 1725/2413
40.	Заготовка	31583	5, 18	Cu	Осн.	0.43	0.036	0.0009	0.015	0.0035	0.0001	0.014	0.0007	—	0.0014	—	УрГУ, 1725/2171
41.	Обломок	31584	—	Cu+Sn	Осн.	2.5	0.18	0.001	0.0009	0.0006	0.0021	0.025	0.12	0.0019	0.0017	—	УрГУ, 1725/2949
42.	Пластина	31585	5, 19	Cu	Осн.	0.042	0.083	0.0009	0.022	0.0011	0.0019	0.018	0.02	0.0003	0.0017	—	УрГУ, 1725/2412
43.	Стрела	31586	4, 6	Cu+Sn	Осн.	5.7	0.3	0.0012	0.018	0.019	0.029	0.066	0.0044	0.0021	0.0021	0.0002	УрГУ, 2017/1334
44.	Стрела	31587	4, 7	Cu+Sn	Осн.	2.5	0.027	0.0024	0.0003	0.0001	0.0021	0.035	0.12	0.0009	0.0014	—	УрГУ, 2017/2
45.	Стрела	31588	4, 9	Cu+Sn	Осн.	7.6	0.054	0.001	0.0006	0.0001	0.0021	0.053	0.063	0.0007	0.0014	—	УрГУ, 2017/1
46.	Стрела	31589	—	Cu	Осн.	0.12	0.036	0.0009	0.0015	0.0001	0.058	0.1	0.054	0.0096	0.0021	—	УрГУ, 2017/1339
47.	Стрела	31590	—	Cu+Sn (Pb)	Осн.	5.7	0.68	0.001	0.015	0.0072	0.014	0.035	0.0053	0.0027	0.0021	0.0003	УрГУ, 2017/1343
48.	Шило	31591	—	Cu	Осн.	0.013	0.021	0.0009	0.0003	0.0001	0.0001	0.013	0.0009	0.0002	0.0017	—	УрГУ, 2017/1337
49.	Обломок	31592	—	Cu	Осн.	0.011	2.3	0.001	0.0003	0.0002	0.0027	0.02	0.0006	0.0039	0.0011	—	УрГУ, 2017/1345
50.	Проволока	31593	—	Cu	Осн.	0.053	0.054	0.0014	0.001	0.0002	0.025	0.11	0.01	0.0006	0.0021	—	УрГУ, 2017/1335
51.	Игла	31594	—	Cu+Sn	Осн.	3	0.062	0.001	0.0036	0.0082	0.021	0.023	0.0019	0.0004	0.0014	0.0003	УрГУ, 2017/1340
52.	Шило	31595	—	Cu	Осн.	0.016	0.81	0.0024	0.0003	0.0015	0.0052	0.013	0.0037	0.0039	0.0011	—	УрГУ, 2017/1341
53.	Обломок	31596	—	Cu	Осн.	0.018	0.031	0.0009	0.0003	0.0055	0.0019	0.013	0.012	0.0047	0.0017	—	УрГУ, 2017/5621
54.	Шило	31597	—	Cu (Sn)	Осн.	0.77	0.027	0.001	0.001	0.0029	0.0021	0.011	0.039	0.0003	0.0011	—	УрГУ, 2017/5622
55.	Пластина	31598	—	Cu	Осн.	0.047	0.014	0.0009	0.0003	0.076	0.0091	0.0079	0.0002	0.0039	0.0011	—	УрГУ, 2017/5623
56.	Сплекс	31599	—	Cu+Sn+Fe	Осн.	3	0.054	0.01	0.013	0.0042	0.029	0.014	1.4	0.026	0.021	0.0011	УрГУ, 2017/5613
57.	Сплекс	31600	—	Cu+Sn	Осн.	2.7	0.11	0.001	0.0032	0.0013	0.017	0.039	0.0019	0.0005	0.0017	0.0016	УрГУ, 2017/5618
58.	Скоба	31601	—	Cu	Осн.	0.042	0.002	0.0009	0.0003	0.0006	0.0019	0.0053	0.02	0.0007	0.0014	—	УрГУ, 2017/5616
59.	Шило	31602	—	Cu	Осн.	0.053	0.062	0.0009	0.0004	0.0001	—	0.007	0.0019	—	0.0017	—	УрГУ, 2017/5612
60.	Шило	31603	—	Cu+Sn	Осн.	3.6	0.054	0.001	0.0016	0.0063	0.019	0.035	0.0053	0.0016	0.0032	0.0008	УрГУ, 2017/5628
61.	Обломок	31604	—	Cu	Осн.	0.006	0.062	0.001	0.0003	0.0013	0.0063	0.0079	0.0007	0.0033	0.0021	—	УрГУ, 2017/5627
62.	Обломок	31605	—	Cu+Sn	Осн.	1.2	0.18	0.001	0.0008	0.0001	0						

№	Предмет	№ анализа	Рис.	Тип сплава	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Au	Хранение
78.	Шило	31621	2, 13	Cu+Sn	Осн.	2.3	0.083	0.002	0.0008	0.0022	0.0021	0.014	0.12	0.0039	0.0014	—	УрГУ, 1725/3643
79.	Нож	31622	3, 24	Cu+Sn	Осн.	11	0.096	0.0008	0.018	0.038	0.063	0.035	0.0012	0.0033	0.0014	0.0004	УрГУ, 2017/5299
80.	Обломок изд.	31623	5, 26	Cu+Sn+Pb	Осн.	3	1.3	0.0008	0.016	0.0072	0.034	0.025	0.0012	0.0013	0.0014	0.0007	УрГУ, 1725/2950
81.	Обломок изд.	31624	—	Cu+Sn+Pb	Осн.	3.6	0.74	0.0012	0.0018	0.0004	0.023	0.1	0.0032	0.0009	0.0021	—	УрГУ, 1725/3665
82.	Обломок изд.	31625	—	Cu+Sn	Осн.	1	0.81	0.0029	0.0029	0.0042	0.0076	0.014	0.02	0.0006	0.0011	0.0003	УрГУ, 1725/3671
83.	Стрела	31626	4, 14	Cu+Sn+Pb	Осн.	9.3	1.1	0.002	0.062	0.0002	0.034	0.1	0.02	0.0019	0.0032	0.0022	УрГУ, 1725/113
84.	Стрела	31627	4, 15	Cu+Sn+Pb	Осн.	6.2	1.2	0.0024	0.013	0.014	0.039	0.053	0.033	0.0016	0.0021	0.0008	УрГУ, 1725/3662
Поселение Волосниково (Потемкина, 1985)																	
85.	Нож	328	3, 14	Cu	Осн.	0.001	0.15	—	—	0.01	—	—	0.02	0.001	—	—	Курганский ОКМ
86.	Нож	329	3, 13	Cu	Осн.	0.05	0.01	—	—	0.001	—	—	0.03	—	—	—	Кур. ОКМ
Поселение Камышное 2 (Потемкина, 1985)																	
87.	Пруток	17906	5, 14	Cu	Осн.	0.2	0.05	—	—	0.0005	—	—	0.25	0.001	—	—	Кур. ОКМ, 4719
Поселение Калачево 1 (ЛАИ ЮргТТУ)																	
88.	Серп	38758	3, 5	Cu	Осн.	0.026	0.014	—	0.0005	0.0019	0.0016	0.0091	0.24	0.002	0.0011	—	ЮргТТУ, 94К/35
Поселение Синеглазово (раскопки Т.С. Малиуиной, 1979)																	
89.	Серп	38754	3, 6	Cu	Осн.	0.14	0.0035	—	0.0013	0.0069	—	0.0014	0.021	0.0032	0.0011	—	ЧелГУ, 38С/258
Поселение Кинзерское (раскопки В.С. Мосина, 1982)																	
90.	Нож	38755	3, 23	Cu+Sn	Осн.	0.57	0.25	—	0.0002	0.0024	0.0023	0.0023	0.016	0.003	0.0011	—	ЧелГУ, 119К/72
91.	Нож	38756	3, 9	Cu	Осн.	0.01	0.038	—	—	0.0004	0.0021	0.018	0.0009	0.0016	—	—	ЧелГУ, 119К/70
92.	Серп	38757	3, 4	Cu	Осн.	0.0028	0.0021	—	—	0.0003	—	0.001	0.056	0.0017	0.0011	—	ЧелГУ, 119К/71
Миасский могильник (Чемякин, 2008)																	
93.	Браслет	31634	5, 1	Cu+Sn+Pb	Осн.	7.6	2.5	0.0029	0.015	0.089	0.058	0.12	0.0019	0.032	0.0021	0.0002	УрГУ, 711/67
94.	Браслет	31635	5, 4	Cu+Sn	Осн.	7.6	0.3	0.0029	0.0029	0.058	0.0083	0.028	0.0044	0.0039	0.0014	0.0011	УрГУ, 711
95.	Браслет	31636	5, 2	Cu+Sn	Осн.	6.9	0.3	0.0008	0.0015	0.047	0.0057	0.011	0.0032	0.0051	0.0014	—	УрГУ, 711/68
96.	Браслет	31637	5, 3	Cu+Sn	Осн.	6.2	0.3	0.0007	0.0016	0.027	0.0052	0.0061	0.0032	0.0043	0.0011	—	УрГУ, 711/68
97.	Заготовка	31638	5, 21	Cu+Sn	Осн.	3.2	0.047	0.0009	0.001	0.0013	0.0034	0.011	0.12	0.0016	0.0011	—	УрГУ, 812/41
Могильник Убаган 1, сборы с поверхности (Потемкина, 1985)																	
98.	Нож	17914	3, 20	Cu+Sn	Осн.	12.0	0.4	—	0.005	0.07	0.002	0.03	0.03	0.007	—	—	Кур. музей
Могильник Степное 2 (Стоколос, 1962; 2015)																	
99.	Браслет	32762	5, 6	Cu (Pb)	Осн.	0.08	0.6	—	0.0045	0.0045	0.002	0.095	0.05	0.018	—	<0.001	Коми НЦ УрО РАН
100.	Кольцо	32763	5, 8	Cu+Sn	Осн.	20	0.15	—	0.0018	0.009	0.0035	0.015	0.17	0.015	—	<0.001	Коми НЦ УрО РАН
101.	Бузина	32764	5, 13	Cu	Осн.	0.05	0.15	—	0.0015	0.0006	—	—	<0.01	0.006	—	—	Коми НЦ УрО РАН
102.	Браслет	32765	5, 5	Cu+Sn (Pb)	Осн.	23	0.75	—	0.004	0.007	—	—	0.045	0.008	—	—	Коми НЦ УрО РАН
103.	Бузина	32766	5, 12	Cu+Sn	Осн.	0.6	0.1	—	0.0012	0.01	—	—	<0.01	0.004	—	—	Коми НЦ УрО РАН
104.	Кольцо	32767	5, 7	Cu+Sn	Осн.	15	0.4	—	0.0025	0.015	0.0035	0.03	0.15	0.015	—	<0.001	Коми НЦ УрО РАН
105.	Бляшка	32768	5, 9	Cu	Осн.	0.003	0.01	—	—	0.0008	0.002	0.015	0.25	0.0006	—	—	Коми НЦ УрО РАН
106.	Бляшка	32769	5, 10	Cu	Осн.	0.006	0.007	—	—	0.0004	—	—	—	0.0018	—	—	Коми НЦ УрО РАН
107.	Бляшка	32770	5, 11	Cu	Осн.	0.015	0.025	—	—	0.0007	—	0.01	0.2	0.004	—	—	Коми НЦ УрО РАН
Гладунинский клад (Корочкова и др., 2013)																	
108.	Серп	49976	3, 1	Cu (Zn)	Осн.	—	0.17	0.75	—	0.01	—	0.02	0.02	0.06	—	—	—
109.	Долото	49977	2, 6	Cu+Sn (Zn)	Осн.	8.4	0.24	0.52	—	0.03	—	0.02	0.11	—	—	—	—
Прыговский клад (Корочкова и др., 2017)																	
110.	Пробойник	50069	2, 5	Cu	Осн.	0.07	0.06	—	—	0.09	0.05	—	<0.04	—	—	—	—
111.	Пробойник	50070	2, 3	Cu+Sn	Осн.	1	0.18	0.23	—	0.04	—	0.04	<0.04	—	—	—	—
Случайные находки																	
Булзи																	
112.	Копье	50386	4, 3	Cu+Sn	Осн.	7.9	0.2	—	0.03	0.04	0.19	0.04	0.18	—	—	—	—
Утятское																	
113.	Пробойник	50215	2, 4	Cu	Осн.	—	0.05	0.22	0.01	0.01	—	0.03	<0.04	—	—	—	—

Таблица 2

Результаты РФА, СЭМ–ЭДА металла поселения Ук 3 (ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН; мас. %) [Стефанов, Корочкова, 2000]

Table 2

Results of XRF, SEM–EDA of metal from the Uk 3 site (YuU FNTs MiG Ural Branch RAS; wt. %) [Stefanov, Korochkova, 2000]

№	Предмет	№ анализа	Рис.	Тип сплава	Cu	Sn	Pb	As	Fe	Результаты СЭМ–ЭДА	Хранение
1.	Кельт-тесло	44711	2, 8	Cu+Sn	Осн.	4.3	0.25	—	—	Включения Pb; содержание Sn 2.5–7.5 %	УрГУ, 1260/1,
2.	Нож	44712	3, 25	Cu	Осн.	—	0.39	—	—	Включения Pb	УрГУ, 1260/2
3.	Крюк	44713	4, 17	Cu	Осн.	—	—	—	0.22	Включения Cu ₂ S, Pb	УрГУ, 1260/3
Жилище 4											
4.	Серп-коса	46419	3, 12	Cu+Sn	Осн.	2.75	0.41	—	—	Включения Pb; Sn 2.3; As 1 %	УрГУ, 1260/1687
5.	Серп	46420	3, 7	Cu+Sn	Осн.	0.69	—	—	—	Включения PbS; Sn 1 %	УрГУ, 1260/1091
6.	Серп, обл.	46421	3, 10	Cu	Осн.	—	—	—	0.43	Включения Fe; Fe 0.3 %; Cu	УрГУ, 1260/1090
7.	Нож	46422	3, 11	Cu	Осн.	—	0.3	—	—	Включения Pb; Cu	УрГУ, 1260/1093
8.	Нож	46423	3, 19	Cu+Sn+Pb	Осн.	4.26	1.22	0.07	—	Включения Pb; Cu+Sn (Sn 2.5–10.5 %)	УрГУ, 1260/1685
9.	Крюк	46424	4, 18	Cu	Осн.	—	1.46	—	0.09	Включения Pb; Cu	УрГУ, 1260/1730
10.	Крюк	46425	4, 19	Cu+Sn	Осн.	1.18	0.66	—	—	Включения Pb; Cu+Sn (Sn 1 %)	УрГУ, 1260/2052
11.	Крюк	46426	4, 20	Cu+Sn	Осн.	1.18	0.62	—	0.05	Включения Pb; Cu+Sn (Sn 1 %)	УрГУ, 1260/1731
12.	Слиток	46429	5, 27	Cu+As	Осн.	—	0.23	0.94	0.06	Включения Cu ₂ S, Pb; As-Sb 3.5–15 %	УрГУ, 1260/1092

Группы **Cu-Sn**, **Cu-Sn-Pb**, **Cu-Sn-Pb-As**, **Cu-Sn-As** просматриваются на гистограммах корреляций примесей с условной границей бронз Sn >0,3–0,5 %. Они достаточно компактно расположены на корреляционных графиках (72 экз.). Для металла этих групп прослежена корреляция Sn-Pb-Ag-Bi при значениях Pb 0.03–7 %, Bi 0.01–0,1 %, Ag 0,001–0,1 %. При более низких показателях корреляция между данными элементами в группах с лигатурой Sn отсутствует, что связано с поставками слитков и изделий из нескольких сырьевых источников Рудного Алтая и Казахстана [Берденов, 2008].

Распределение изделий по категориям и металлургическим группам (кол-во/%)

Table 3

Distribution of products by category and metallurgical group (number/%)

Категория	Cu	Cu+Sn	Cu+Sn+Pb	Cu+Sn+As	Cu+Sn+Pb+As	Cu+Pb	Cu+As	Всего
Орудия труда	27	27	3	—	1	1	—	59/47.2 %
Оружие	2	11	4	1	—	—	—	18/14.4 %
Украшения	5	7	1	—	—	—	—	13/10.4 %
Заготовки	12	5	1	—	—	3	—	21/16.8 %
Слитки, сплески	2	11	—	—	—	—	1	14/11.2 %
Итого	48/38.4 %	61/48.8 %	9/7.2 %	1/0.8 %	1/0.8%	4/3.2 %	1/0.8 %	125/100 %

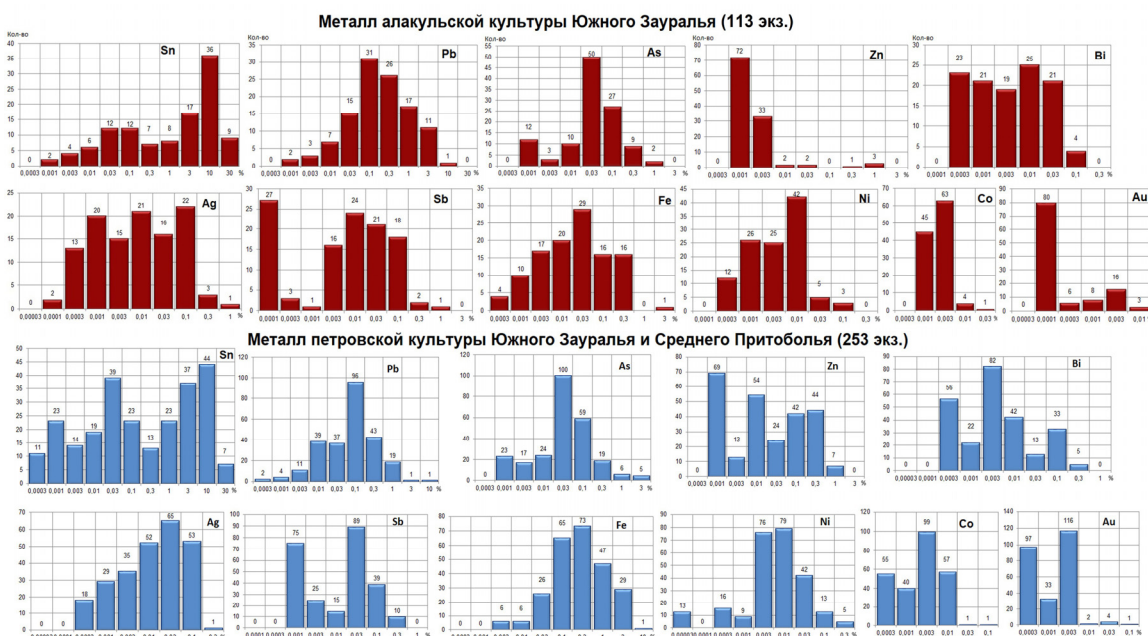


Рис. 6. Гистограммы концентраций примесей к металлу алакульской и петровской культур Южного Зауралья.
Fig. 6. Histograms of impurity concentrations in metals of the Alakul and Petrovka Cultures of the Southern Trans-Urals.

Группа **чистой меди** составляет немногим более трети выборки — 38.4 %. В ее составе шилья, часть ножей, крюки, серпы, пробойники с открытой втулкой (2 экз.), т.е. орудия, предназначенные для работы по мягким материалам, не требующие высокой микротвердости, но подвергающиеся частой заточке рабочей кромки. Помимо орудий труда из меди изготовлены и украшения посредством штамповки по трафарету — бляшки, бусины, браслет.

Из низко- и среднелегированной оловом бронзы получены крупные орудия труда (52.5 %, или более половины всех орудий труда) — топоры, кельты, долото, два пробойника, два серпа, ножи, часть шильев с примесью Sn 0.43–8.5 %. Вполне целенаправленный подбор лигатуры использован для получения отливок предметов вооружения из Sn-бронзы — 88.9 % копий и стрел. В составе наконечников копий содержание Sn находилось в пределах 7.9–15 %, 1 экз. копья помимо олова имел присадку As 0.7 %. Стрелы (15 экз.) содержали более низкие концентрации Sn (1–9.3 %), при этом 4 из них легированы дополнительно примесью свинца 1–2 % и только два наконечника изготовлены из меди. Из Sn-бронзы изготовлены браслеты, кольца из могильников Миасский и Степное 2 с примесью Sn 6.2–23 %. В составе одного браслета помимо Sn 7.6 % зафиксирована добавка Pb 2.5 %.

Слитки и сплески в своем большинстве входят в группу Sn-бронз (84.6 % слитков) с примесью олова 2–11 %. Полуфабрикаты-заготовки в основном медные — 57.1 %; 5 экз. изготовлены из Sn-бронзы, один — из Sn+Pb-бронзы с содержанием Sn 1–4.6 %, Pb — 2.3 %, 3 экз. — из сплава Cu+Pb.

Сопоставление металла алакульской и петровской культур (ПК) Южного Зауралья по распределению концентраций примесей на гистограммах и корреляционных графиках показывает несколько большую по сравнению с петровской гомогенность алакульской меди (рис. 6, 7). Присущая металлу ПК чистая медь с микропримесями в десятитысячных и тысячных долях процента (так называемая окисленная) в металле АК практически отсутствует. Группа чистой меди в

металле АК малочисленна (48 экз.) и выглядит неоднородной. По содержанию As и Sb в ней выделяются две группировки: первая — с низкими концентрациями As 0.001–0.01 %; Sb 0.0001–0.003 %, повышенными содержаниями Ag >0.01 % (группа ВУ по [Черных, 1970]) и вторая — с показателями As и Sb >0.01 %, Ag <0.01 % и выраженной корреляцией между As-Ni-Fe-Sb (группа ЕУ по [Черных, 1970]). Содержание Со находится в интервале 0.0003–0.003 %. Железо, никель и висмут присутствуют в гораздо меньших концентрациях в металле АК, нежели в меди ПК Южного Зауралья (Ni 0.0003–0,01 %; Fe 0.0003–0.03 %; Bi 0.0001–0.001 %).

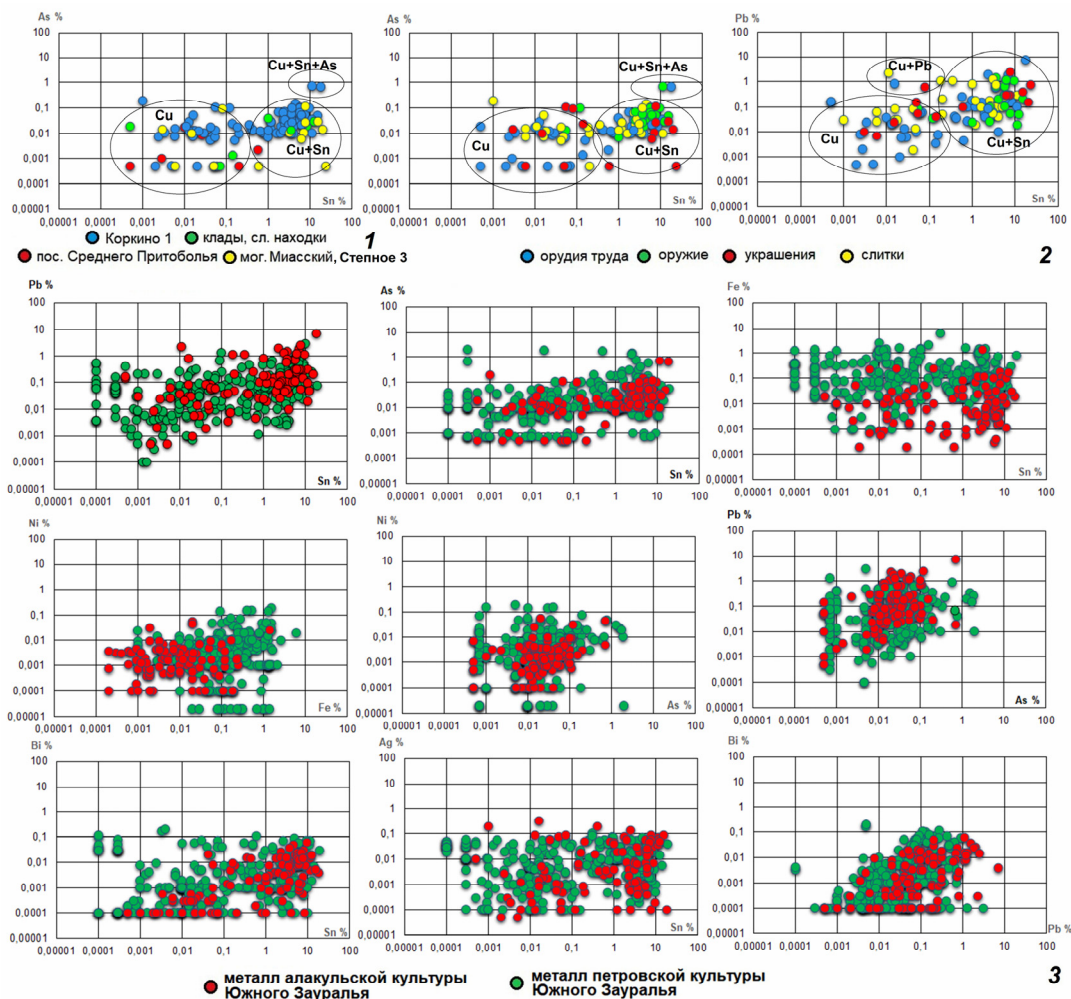


Рис. 7. Корреляционные графики концентраций примесей:

1 — по памятникам алаккульской культуры Южного Зауралья; 2 — по категориям изделий; 3 — концентрации примесей металла алаккульской и петровской культур.

Fig. 7. Correlation graphs of impurity concentrations:

1 — for the Alakul Culture sites of the Southern Trans-Urals; 2 — for product categories; 3 — metal impurity concentrations of the Alakul and Petrovka Cultures.

Подсчитаны корреляционные связи по данным металла поселения Коркино 1, преобладающего в наибольшей выборке (≥ 0.66) (84 предмета). Наиболее тесная связь наблюдается в паре Fe-Co (0.94), что объясняется сходством свойств этих элементов при металлургическом переделе. Вторая сильная связь — Ni-Pb (0.66). Всего насчитывается 26 предметов с содержаниями Pb >1 %, что составляет 25 % выборки. Вероятно, свинец является естественной примесью в исходных рудах, кроме того, в Sn-бронзах свинец коррелирует с оловом, что характерно для рудноалтайского металла. Корреляция пары As-Ni — 0.58 указывает на вероятность использования арсенидов никеля — типичных минералов, связанных с ультрабазитами, хотя гистограммы демонстрируют незначительный вклад этого типа руд. Степень корреляции As-Sb 0.34 указывает на присутствие блеклорудной составляющей в гидротермальных месторождениях руд.

Обсуждение результатов

Впервые обобщены данные спектрального анализа металла памятников андроновской КИО Мугоджарского ГМЦ и лесостепного Притоболья ПК, АК, ФК, саргаринской и межовской культур Е.Н. Черных (140 экз.) [1970]. Описав методику процедуры вычленения геохимических групп, с помощью построения частотных гистограмм и корреляционных графиков Ag–Sb, Ag–As, Pb–Bi по концентрациям элементов, и прежде всего Ag, он обосновал выделение групп Еленовско-Ушкаттинской (ЕУ), Волго-Уральской (ВУ), Волго-Камской (ВК), медистых песчаников (МП). Впоследствии эта методика была перенесена на интерпретацию данных спектроаналитического исследования металла лесостепного Притоболья из раскопок Т.М. Потемкиной (104 экз. изделий ПК, АК, в меньшей степени саргаринской культуры и ямной КИО) [Кузьминых, Черных, 1985]. Выделены две ведущие группы — Sn-бронзы (52.4 %, включая сплавы Cu+Sn+Pb, Cu+Sn+As, Cu+As), чистой меди (43.2 %), а также небольшая — изделия из Cu+As+Sb (8.7 %). Из геохимических групп наиболее многочисленной являлась ЕУ — 64.4 %, представленная примерно на 50 % изделиями из Sn-бронз, связанная не только с мугоджарскими, но и с более обширной зоной геохимически сходных месторождений Урала и Казахстана. Группа ВУ насчитывала 14.4 %, в составе групп ВК и МП — единичные экземпляры.

В работе Е.В. Тигеевой учтено 243 анализа, по собственным материалам — 166 экз., привлечено из опубликованных данных — 77 экз., данные не распределены по памятникам [Тигеева, 2013; Кузьминых, Черных, 1985]. Элементный состав определен в основном методами РФА (ИА РАН), в меньшей степени — спектрального (ИА РАН) и атомно-эмиссионного анализа (Институт неорганической химии СО РАН). В статистический подсчет вошли прежде всего материалы могильников лесостепного Притоболья (85.2 % выборки), доля поселенческого металла составила 14.8 %, сам проанализированный металл в подавляющем большинстве представлен украшениями из погребений. Были выделены металлургические группы, среди которых преобладающей являлась группа Sn-бронз, включающая сплавы Cu+Sn, Cu+Sn+Pb, Cu+Sn+As (68.7 %), группа чистой меди составляла 1/3 часть выборки (30.5 %), к прочим относились единичные экземпляры.

Данные частотных гистограмм и корреляционных графиков ПК и АК показывают частичное совпадение состава, что свидетельствует об использовании для получения части продукции одного и того же рудного сырья. Вместе с тем допустимо предположение об использовании иных источников металлического сырья для металлопроизводства АК и ПК. В металле АК доля легированных бронз была выше, чем в ПК (36.4 %), и составляла 61.6 % выборки. Примерно такое количество бронз засвидетельствовано в алакульской металлообработке Среднего Притоболья по материалам Курганской и Тюменской областей [Тигеева, 2013]. В АК предметы вооружения, украшения, частично массивные орудия труда изготавливались из средне- и высоколегированных оловом сплавов (Sn 8–23 %), в то время как в ПК — из низколегированных (до 10 %), а слитки с содержанием олова 11–14 % являлись единичными. Эти факты показательны в плане расширения в XVIII/XVII–XVI/XV вв. до н.э. торгово-обменных связей по снабжению слитками и готовыми изделиями с лигатурой Sn производственных центров АК Урала из ГМЦ Казахстана и Алтая. Незначительную долю в алакульском металлопроизводстве составляют мышьяковые и свинцовые бронзы, происхождение сырьевых источников которых требует дополнительных исследований. Вероятно, часть свинца попадала в расплав как примесь к медным рудам, вместе с тем возможно, что в некоторых изделиях свинец был добавлен в качестве лигатуры, на что указывает слабозначимая корреляция между Pb и Sn (0,47). В части предметов из Sn-бронз свинец коррелирует с оловом, что, как уже отмечалось, характерно для рудноалтайского металла. Корреляция пары As–Ni — 0.58 говорит о вероятности использования арсенидов никеля, как известно, связанных с ультрабазитами, однако, судя по гистограммам, вклад этого типа руд был незначителен. В исследованиях обращалось внимание на тот факт, что даже незначительное присутствие Ni понижает летучесть As и удерживает его в расплаве [Sabatini, 2015]. Корреляция As–Sb 0.34 указывает на присутствие блеклорудной составляющей в гидротермальных месторождениях руд, при том что блеклые руды не являлись единственным минералом-концентратором мышьяка.

Производимые в последние десятилетия исследования рудников эпохи бронзы на Урале, имеющиеся датировки по ¹⁴C позволяют соотносить их с горнодобывающей деятельностью алакульских племен с выяснением разрабатываемых типов руды. К таким относится Новотемирский рудник, который можно отнести к медно-железо-скарновым [Анкушева и др., 2022; 2023]. Главными рудными минералами являются малахит и хризоколла, из второстепенных и редких первичных минералов обнаружены халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин, никелин и другие арсениды никеля, кобальтин, пентландит, алтаит, платина, самородный висмут, самородная медь [Блинов и др.,

2018]. Мышьяковая минерализация в зоне окисления развита слабее и обнаружена в виде недиагностированных арсенатов с содержаниями As_2O_5 до 15 %, в редких случаях в гидроксидах железа. Гипергенная никелевая минерализация не выявлена. Установлена только редкая примесь никеля в гидроксидах железа [Блинов и др., 2018]. В более ранние периоды эксплуатации Новотемирского рудника в ПБВ при разработке окисленных малахит-азурит-хризоколловых руд, скорее всего, выплавляли относительно чистую медь. По мере углубления выработки или при заложении глубокого шурфа количество первичной минерализации в добываемой руде возрастало, и конечный металл содержал примеси мышьяка и никеля, которые могли давать естественную легирующую примесь в выплавляемых древними металлургами меди и бронзах [Блинов и др., 2018].

Рудник Стародубцева яма, который можно отнести к медно-железо-скарновым, по косвенным признакам похож на Новотемирский [Анкушева и др., 2020]. Вторичные кислородные соединения представлены относительно редким баритом и распространенными малахитом, азуритом и хризоколлой. В этих минералах характерна примесь FeO. При переделе этих руд медь будет содержать небольшие повышенные примеси Ag, а также As и Ni.

Рудник Воровская яма, относящийся к медно-магнетит(?)-скарновому типу с сильной гидротермальной проработкой, эксплуатировался в период существования АК [Зайков и др., 2005; Анкушева и др., 2023]. Среди рудных минералов главными являются малахит, реже — азурит. Встречены также халькопирит, куприт, по данным РФА отмечалось повышенное содержание никеля, вторичные минералы серебра — акантит, иодаргирит, маккинстриит, ртутистое серебро [Зайков и др., 2014]. На руднике обнаружены шлаки и ошлакованная керамика. В шлаках присутствуют корольки меди с включениями халькозина. В меди, как правило, примесь Fe и в одном случае Ni до 0.25 %. В ошлакованной керамике — капли Fe-Ni сплава с содержанием Ni до 50 % [Анкушева и др., 2023].

Вблизи скопления петровско-алакульских поселений Коркино 1, Калачево 1, Кинзерское, Синглазово, Старокулякское, Шибаетово 1 известны месторождения медно-порфирирового типа Кичигинское с древним рудником и Томинское (малосульфидный медно-порфирировый тип в кварце и глинисто-слюдистых минералах), которые также, возможно, разрабатывались алакульскими горняками [Черных, 1970; Зайков и др., 2016; Минина, Мигачев, 2018]. В определенной степени на возможное использование месторождений указывают исследования шлаков пос. Коркино 1, проведенные С.А. Григорьевым. По его данным, производилась либо плавка вторичных сульфидов с примесью окисленных минералов из ультраосновных серпентинизированных пород, либо совместная плавка окисленных руд и вторичных сульфидов из месторождений в кварцевой породе, а также из зоны цементации, в которой вместе с окисленными минералами присутствовало достаточное количество халькопирита [2013].

Заключение

Результаты исследования показывают, что в петровской и алакульской культурах источники сырья частично совпадают, горняки ПК и АК разрабатывали одни и те же рудники, но не исключена разработка разных напластований в одних и тех же рудниках; вместе с тем использовались и иные рудные залежи. Малую нишу в алакульском металлопроизводстве занимают мышьяковые и свинцовые бронзы, сырьевые источники которых требуют дополнительных исследований. Незначительное содержание никеля в химическом составе металла АК показывает, что основная доля месторождений имела гидротермальное происхождение, при этом месторождения, связанные с ультрабазитами, возможно, и использовались, но имели подчиненное значение. В металлопроизводстве АК Южного Зауралья преобладали легированные бронзы с ведущей примесью Sn, доля которых составляла две трети выборки (61.6 %), в отличие от обработки металла в ПК (36.4 %). Группа чистой меди была небольшой — 38.4 %. Группа чистой меди доминировала в петровском металлопроизводстве (63.6 % выборки), а в алакульском представлена лишь третью изделий. Металлурги ПК для плавки металла использовали смешанные полуокисленные сульфидсодержащие руды с доминированием окисленной составляющей. В составе шихты были халькозин, ковеллин, возможно, и другие сульфиды, блеклые руды, борнит, галенит, возможно, и породы из зон окисления колчеданных залежей, но преобладали окисленные минералы — главным образом малахит и азурит [Дегтярева, Кузьминых, 2022; Дегтярева и др., 2025]. Исследования древних рудников Южного Зауралья, проводимые специалистами ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, радиоуглеродное датирование артефактов из выработок, находки керамики позволили связать начало разработки Новотемирского рудника, Воровской Ямы, возможно, Стародубцевой Ямы, а также Кичигино с деятельностью горняков и металлургов АК.

Прослежено соответствие между функциональным назначением изделий и рецептурой сплавов. Олово в виде слитков и готовых изделий поступало из ГМЦ Алтая и Казахстана через Тургайский прогиб. В АК наблюдается известная стандартизация при производстве изделий из цветного металла с соответствием функционального назначения рецептуре сплавов. Так, оружие и орудия (наконечники копий и стрел, вислообушные топоры, долото, часть пробойников) и украшения (браслеты, кольца) изготавливались из средне- и высоколегированных оловом сплавов (8–23 %), в то время как в ПК — из низколегированных (до 10 %). Эти факты показательны в плане расширения в XVIII/XVII–XVI/XV вв. до н.э. торгово-обменных связей металлургов Урала с ГМЦ Казахстана и Алтая по снабжению слитками и готовыми легированными изделиями и тенденций циркуляции металла в системе ЕАМП в качественном и количественном отношении.

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-18-00146 «Цветная металлургия и металлообработка Северо-Западной Азии в первой половине II тыс. до н.э. (сырье, технологии, продукция, торговля и связи)», <https://rscf.ru/project/23-18-00146/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аванесова Н.А.* Культура пастушеских племен эпохи бронзы азиатской части СССР. Ташкент: ФАН, 1991. 200 с.
- Анкушева П.С., Алаева И.П., Анкушев М.Н., Артемьев Д.А., Баженов Е.А., Юминов А.М.* Стародубцевая Яма — древний рудник степной зоны Челябинской области // *Геоархеология и археологическая минералогия*. 2020. Т. 7. С. 136–139.
- Анкушева П.С., Алаева И.П., Анкушев М.Н., Батанина Н.С., Блинов И.А., Рассомахин М.А., Чукунова И.Ю., Юминов А.М.* Доисторические технологии горного дела: рудник Новотемирский в Южном Зауралье // *Вестник Том. ун-та. История*. 2022. № 76. С. 166–179.
- Анкушева П.С., Анкушев М.Н., Блинов И.А., Артемьев Д.А., Алаева И.П.* Минералого-геохимическое исследование свидетельств алакульского металлопроизводства на руднике Воровская Яма (Южное Зауралье) // *РА*. 2023. № 3. С. 23–37.
- Берденов С.А.* Казахстанские месторождения меди и олова и их разработка в бронзовом веке // *Известия НАН РК. Сер. обществ. наук*. 2008. № 1. С. 42–55.
- Блинов И.А., Анкушев М.Н., Рассомахин М.А., Медведева П.С.* Минералы меди, никеля и мышьяка в рудах Новотемирского проявления железа (Южный Урал) // *Минералогия*. 2018. Т. 4. № 3. С. 36–45.
- Богданов С.В., Булатов В.А., Корочкова О.Н., Спиридонов И.А., Ткачев В.В.* Депонирование элементов исходных руд и лигатур в металле бронзового века Зауралья // *Вестник СПбГУ. История*. Т. 68. № 4. 2023. С. 1104–1140.
- Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В.* Металлические орудия труда петровской культуры Южного Зауралья и Среднего Притоболья: Химико-металлургическая характеристика // *Вестник археологии, антропологии и этнографии*. 2022. № 4. С. 28–41. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-59-4-3>
- Григорьев С.А.* Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы. Челябинск: Цицеро, 2013. 660 с.
- Дегтярева А.Д., Губин А.А., Блинов И.А.* Цветной металл петровской культуры Южного Зауралья и Среднего Притоболья по данным сканирующей электронной микроскопии // *Вестник археологии, антропологии и этнографии*. 2025. 1. С. 17–32. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-68-1-2>
- Епимахов А.В.* Хронология алакульской культуры (новые материалы к дискуссии) // *КСИА*. 2023. Вып. 270. С. 171–186. <http://doi.org/10.25681/IARAS.0130-2620.270.171-186>
- Зайков В.В., Юминов А.М., Анкушев М.Н.* Рудная геоархеология меди в Центральной Евразии (обзор) // *Геоархеология и археологическая минералогия*. Т. 3. 2016. С. 7–24.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Анкушев М.Н., Ткачев В.В., Носкевич В.В., Епимахов А.В.* Горно-металлургические центры бронзового века в Зауралье и Мугоджарах // *Известия Иркут. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология*. 2013. № 1 (2). С. 174–195.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Дунаев А.Ю., Зданович Г.Б., Григорьев С.А.* Геолого-минералогические исследования древних медных рудников на Южном Урале // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2005. № 4. С. 101–114.
- Корочкова О.Н., Стефанов В.И., Усачев Е.В., Ханов С.А.* Гладунинский клад эпохи бронзы // *УИВ*. 2013. № 2 (39). С. 129–136.
- Корочкова О.Н., Спиридонов И.А., Стефанов В.И.* Прыговские находки // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. 2017. Т. 5. № 1. С. 63–72.
- Кузьмина Е.Е.* Откуда пришли индоарии? (Материальная культура племен андроновской общности и происхождение индоиранцев). М.: МГП «Калина» ВИНТИ РАН, 1994. 464 с.
- Кузьминых С.В., Черных Е.Н.* Спектроаналитическое исследование металла бронзового века лесостепного Притоболья (предварительные результаты) // *Т.М. Потемкина. Бронзовый век лесостепного Притоболья*. М.: Наука, 1985. С. 346–367.
- Минина О.В., Мизгачев И.Ф.* Медно-порфировые провинции и зоны Южного Урала (прогнозно-металлогеническое районирование) // *Отечественная геология*. 2018. № 4. С. 26–41. <http://doi.org/10.24411/0869-7175-2018-10003>
- Молодин В.И., Епимахов А.В., Марченко Ж.В.* Радиоуглеродная хронология эпохи бронзы Урала и юга Западной Сибири: Принципы и подходы, достижения и проблемы // *Вестн. НГУ. Сер. История, филология*. 2014. Т. 13. Вып. 3: Археология и этнография. С. 136–167.

- Потемкина Т.М. Бронзовый век лесостепного Притоболья. М.: Наука. 1985. 276 с.
- Пряхин А.Д. Мосоловское поселение металлургов-литейщиков эпохи поздней бронзы. Кн. 2. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1996. 176 с.
- Стефанов В.И. Поселения алакульской культуры Южного Урала // Материалы по археологии и этнографии Южного Урала: Тр. музея-заповедника Аркаим. Челябинск, 1996. С. 43–63.
- Стефанов В.И., Корочкова О.Н. Андроновские древности Тюменского Притоболья. Екатеринбург: Полиграфист, 2000. 108 с.
- Стоколос В.С. Курганы эпохи бронзы у с. Степного // Краевед. зап. Челябинск: Чел. кн. изд-во, 1962. Вып. 1. С. 3–20.
- Стоколос В.С. Могильник Степное 2 // Этнические взаимодействия на Южном Урале: Материалы VI Всерос. науч. конф. Челябинск: Челяб. краевед. музей, 2015. С. 438–445.
- Тигеева Е.В. Химико-металлургическая характеристика металла алакульской культуры Среднего Притоболья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2013. № 3. С. 31–39.
- Чемякин Ю.П. Коркино 1 // Уральская историческая энциклопедия. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Академкнига: УрО РАН, 2000. С. 281–282.
- Чемякин Ю.П. Миасский 1 могильник // Челябинская область: Энциклопедия. Челябинск: Каменный пояс, 2008. Т. 4. С. 270–271.
- Чемякин Ю.П. Следы военных конфликтов на алакульских поселениях // Этнические взаимодействия на Южном Урале: Материалы VI Всерос. науч. конф. Челябинск, 2015. С. 169–176.
- Черных Е.Н. Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. М.: Наука, 1970. 180 с. (МИА; № 172).
- 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 (сейминско-турбинский феномен). М.: Наука, 1989. 320 с.
- Chernykh E.N. Ancient metallurgy in the USSR. Cambridge: University press, 1992. 335 p.
- Doonan R. Compositional analyses of metalwork from Stepnoye VII cemetery and kurgan 4 Stepnoye I cemetery // Куприянова Е.В., Зданович Д.Г. Древности лесостепного Зауралья: Могильник Степное VII. Челябинск: Энциклопедия, 2015. С. 188–194.
- Epimakhov A.V., Alaeva I.P. Radiocarbon Chronology of the Bronze Age Fedorovka Culture (New Data Relevant to an Earlier Problem) // Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia. 2024. 52 (2). С. 55–64. <https://doi.org/10.17746/1563-0110.2024.52.2.055-064>
- Krause R. The metallurgy of Kamennyi Ambar – settlement and cemetery // Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the Southern Trans-Urals (Russia). Bonn: Verlag R. Habelt, 2013. P. 203–232.
- Sabatini B.J. The As-Cu-Ni System: A Chemical Thermodynamic Model for Ancient Recycling // JOM. 2015. 67 (12). <https://doi.org/10.1007/s11837-015-1593-3>

Degtyareva A.D.^{a,*}, Kuzminykh S.V.^b, Orlovskaya L.B.^b, Blinov I.A.^c,
Chemyakin Yu.P.^d, Pilkina A.A.^a

^a Tyumen Scientific Centre SB RAS, Chervishevskiy trakt st., 13, Tyumen, 625026, Russian Federation

^b Institute of Archaeology RAS, Dm. Ulyanova st., 19, Moscow, 117292, Russian Federation

^c SU FNC MiG UB RAS, Ilmensky Reserve, Chelyabinsk Region, Miass, 456317, Russian Federation

^d Ural Federal University, Lenina st., 51, Yekaterinburg, 620000, Russian Federation

E-mail: adegtyareva126@gmail.com (Degtyareva A.D.); kuzminykhsv@yandex.ru (Kuzminykh S.V.); lbor147@rambler.ru (Orlovskaya L.B.); ivan_a_blinov@mail.ru (Blinov I.A.); yury-che@yandex.ru (Chemyakin Yu.P.); an-na241@mail.ru (Pilkina A.A.)

Metal of the Alakul Culture of the Southern Trans-Urals: morphological and chemical-metallurgical characteristics

This paper characterises the main categories of the metal products of the Alakul Culture of the Southern Trans-Urals including the elemental composition of the metal and the identification of alloy recipes using several analytical methods (spectral and X ray fluorescence). The main metallurgical groups identified are dominated by alloyed bronzes with the leading impurity of Sn, accounting for two-thirds of the sample (61.6 %). Whereas the group of pure copper is insignificant and forms 38.4 %. In the Alakul Culture, a certain standardisation is observed in the manufacture of non-ferrous metal products with their functional purpose corresponding to the alloy recipe. Thus, weapons and tools (spearheads and arrowheads, shaft-butted axes, chisels, a number of punches), as well as jewellery (bracelets, rings), were cast from medium- and high-tin alloys (8–23 %). In contrast, the same objects found in the Petrovka Culture were typically cast from low alloys (up to 10 %). The share of arsenic and lead bronzes in the metal production of the Alakul Culture is minor. Most of the ore sources identified through trace impurities in the copper were of hydrothermal origin, while the workings associated with ultrabasites were possibly used, but were of subordinate importance. The studies of ancient mines of the Southern Trans-Urals, being conducted in recent decades by researchers of the SUFC MG UB

* Corresponding author.

RAS, radiocarbon dating of artifacts from the workings, and findings of pottery made it possible to link the beginning of the development of the Novotemirsky mine, Vorovskaya Yama, and possibly Starodubtseva Yama, Kichigino, with the activities of miners and metallurgists of the Alakul Culture. The predominance of Sn-bronzes in the composition of metal complexes in the 18th/17th — 16th/15th centuries BC characterises the increase in trade and exchange relations between metallurgists of the Alakul Culture of the Urals with mining and metallurgical centers of Kazakhstan and Altai for the supply of ingots or finished alloyed products.

Keywords: Southern Trans-Urals, Alakul Culture, Petrovka Culture, geochemical composition, ore sources, metallurgical contacts.

Funding. The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-18-00146, «Non-ferrous metallurgy and metalworking in Northwest Asia in the first half of the 2nd millennium BC (raw materials, technologies, products, trade and communications)», <https://rscf.ru/en/project/23-18-00146/>.

REFERENCES

- Ankusheva, P.S., Alaeva, I.P., Ankushev, M.N., Artemyev, D.A., Bazhenov, E.A., Yuminov, A.M. (2020). Starodubtseva Yama — an ancient mine in the steppe zone of the Chelyabinsk region. *Geoarheologiya i arheologicheskaya mineralogiya*, 7, 136–139. (Rus.).
- Ankusheva, P.S., Alaeva, I.P., Ankushev, M.N., Batanina, N.S., Blinov, I.A., Rassomakhin, M.A., Chikunova, I.Yu., Yuminov, A.M. (2022). Prehistoric mining technologies: Novotemirsky mine in the Southern Trans-Urals. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya*, (76), 166–179. (Rus.).
- Ankusheva, P.S., Ankushev, M.N., Blinov, I.A., Artemyev, D.A., Alayeva, I.P. (2023). Mineralogical and geochemical study of evidence of Alakul metal production at the Vorovskaya Yama mine (Southern Trans-Urals). *Rossiyskaya arheologiya*, (3), 23–37. (Rus.).
- Avanesova, N.A. (1991). *Culture of shepherd tribes of the Bronze Age in the Asian part of the USSR*. Tashkent: FAN. (Rus.).
- Berdenov, S.A. 2008. Kazakhstan copper and tin deposits and their development in the Bronze Age. *Izvestiya NAN RK. Ser. obshchestv. nauk*, (1), 42–55. (Rus.).
- Blinov, I.A., Ankushev, M.N., Rassomakhin, M.A., Medvedeva, P.S. (2018). Copper, nickel, and arsenic minerals in ores of the Novotemir iron occurrence (Southern Urals). *Mineralogiya*, 4(3), 36–45. (Rus.).
- Bogdanov, S.V. Bulatov, V.A., Korochkova, O.N., Spiridonov, I.A., Tkachev, V.V. (2023). Deposit of elements of initial ores and ligatures in the metal of the Bronze Age of the Trans-Urals. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Istoriya*, 68(4), 1104–1140. (Rus.).
- Chemyakin, Yu.P. (2000). Korkino 1. *Ural'skaya istoricheskaya enciklopediya*. Yekaterinburg: Akademkniga: UrO RAN, 281–282. (Rus.).
- Chemyakin, Yu.P. (2008). Miass 1 burial ground. *Chelyabinskaya oblast': Enciklopediya*, 4. Chelyabinsk: Kamenny poyas, 270–271. (Rus.).
- Chemyakin, Yu.P. (2015). Traces of military conflicts in the Alakul settlements. *Etnicheskiye vzaimodejstviya na Yuzhnom Urale*. Chelyabinsk, 169–176. (Rus.).
- Chernykh, E.N. (1970). *Ancient metallurgy of the Urals and the Volga region*. MIA, 172.
- Chernykh, E.N. (1992). *Ancient metallurgy in the USSR*. Cambridge: University press.
- Chernykh, E.N. (2007). Kargaly: Phenomenon and paradoxes of development. Kargaly in the system of metallurgical provinces. Secret (sacred) life of archaic miners and metallurgists. In: *Kargaly. T. 5*. Moscow: Yazyki slavyanskoy kultury. (Rus.).
- Chernykh, E.N., Kuzminykh, S.V. (1989). *Ancient metallurgy of Northern Eurasia (Seimino-Turbino phenomenon)*. Moscow: Nauka.
- Degtyareva, A.D., Gubin, A.A., Blinov, I.A. (2025). Non-ferrous metal of the Petrovka culture of the Southern Trans-Urals and Middle Tobol region according to scanning electron microscopy data. *Vestnik arheologii, antropologii i etno-grafii*, (1), 17–32. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-68-1-2>
- Degtyareva, A.D., Kuzminykh, S.V. (2022). Metal tools of the Petrovka culture of the Southern Trans-Urals and Middle Tobol region: Chemical and metallurgical characteristics. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, (4), 28–41. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-59-4-3>
- Doonan, R. (2015). Compositional analyses of metalwork from Stepnoye VII cemetery and kurgan 4 Stepnoye I cemetery. In: Kupriyanova E.V., Zdanovich D.G. *Drevnosti lesostepnogo Zaural'ya: Mogil'nik Stepnoe VII*. Chelyabinsk: Encyclopediya, 188–194.
- Epimakhov, A.V. (2023). Chronology of the Alakul culture (new materials for discussion). *KSIA*, (270), 171–186/ <http://doi.org/10.25681/IARAS.0130-2620.270.171-186>
- Epimakhov, A.V., Alaeva, I.P. (2024). Radiocarbon Chronology of the Bronze Age Fedorovka Culture (New Data Relevant to an Earlier Problem). *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 52(2), 55–64. (Rus.). <https://doi.org/10.17746/1563-0110.2024.52.2.055-064>
- Grigoryev, S.A. (2013). *Metallurgical production in Northern Eurasia in the Bronze Age*. Chelyabinsk: Cicero. (Rus.).
- Korochkova, O.N., Stefanov, V.I., Usachev, E.V., Khanov, S.A. (2013). Gladuninsky hoard of the Bronze Age. *Ural'skiy istoricheskiy vestnik*, 39(2), 129–136. (Rus.).
- Korochkova, O.N., Spiridonov, I.A., Stefanov, V.I. (2017). Prygov finds. *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*, 5(1), 63–72.

Krause, R. (2013). The metallurgy of Kamennyi Ambar — settlement and cemetery. *Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the Southern Trans-Urals (Russia)*. Bonn: Verlag R. Habelt, 203–232.

Kuzmina, E.E. (1994). *Where did the Indo-Aryans come from? (Material culture of the Andronovo community tribes and the origin of the Indo-Iranians)*. Moscow: «Kalina» VINITI RAN. (Rus.).

Kuzminykh, S.V., Chernykh, E.N. (1985). Spectroanalytical study of the Bronze Age metal of the forest-steppe Tobol region (preliminary results). In: T.M. Potemkina. *Bronze Age of the forest-steppe Tobol region*. Moscow: Nauka, 346–367. (Rus.).

Minina, O.V., Migachev, I.F. (2018). Copper-porphyr provinces and zones of the Southern Urals (forecast-metallogenic zoning). *Otechestvennaya geologiya*, (4), 26–41. <http://doi.org/10.24411/0869-7175-2018-10003>

Molodin, V.I., Epimakhov, A.V., Marchenko, Zh.V. (2014). Radiocarbon chronology of the Bronze Age of the Urals and the south of Western Siberia: *Principles and approaches, achievements and problems*. *Vestnik Novosibirskogo universiteta. Seriya Istoriya, filologiya*, 13(3), 136–167. (Rus.).

Potemkina, T.M. (1985). *Bronze Age of the forest-steppe Tobol region*. Moscow: Nauka. (Rus.).

Pryakhin, A.D. (1996). *Mosolovskoye site of metallurgists-founders of the Late Bronze Age. Book 2*. Voronezh: Voronezh. universitet. (Rus.).

Sabatini, B.J. (2015). The As-Cu-Ni System: A Chemical Thermodynamic Model for Ancient Recycling. *JOM*, 67(12). <https://doi.org/10.1007/s11837-015-1593-3>

Stefanov, V.I. (1996). Alakul culture sites of the Southern Urals. *Materialy po arheologii i etnografii Yuzhnogo Urala: Tr. muzeya-zapovednika Arkaim*. Chelyabinsk, 43–63. (Rus.).

Stefanov, V.I., Korochkova, O.N. (2000). *Andronovo antiquities of the Tyumen Tobol region*. Yekaterinburg: Poligrafist. (Rus.).

Stokolos, V.S. (1962). Bronze Age burial mounds near the village of Stepnoye. *Kraevedcheskiye zapiski*, (1). Chelyabinsk: Chel. kn. izd-vo, 3–20. (Rus.).

Stokolos, V.S. (2015). Stepnoye 2 burial mound. *Etnicheskie vzaimodeystviya na Yuzhnom Urale: Materialy VI Vse-ros. nauch. konf.* Chelyabinsk: Chelyab. kraeved. muzey, 438–445. (Rus.).

Tigeeva, E.V. (2013). Chemical and metallurgical characteristics of the metal of the Alakul culture of the Middle Tobol region. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, (3), 31–39. (Rus.).

Zaikov, V.V., Yuminov, A.M., Ankushev, M.N. (2016). Ore geoarchaeology of copper in Central Eurasia (review). *Geoarheologiya i arheologicheskaya mineralogiya*, 3, 7–24. (Rus.).

Zaikov, V.V., Yuminov, A.M., Ankushev, M.N., Tkachev, V.V., Noskevich, V.V., Epimakhov, A.V. (2013). Mining and metallurgical centers of the Bronze Age in the Trans-Urals and Mugodzhars. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geoarheologiya. Etnologiya. Antropologiya*, 2(1), 174–195. (Rus.).

Zaikov, V.V., Yuminov, A.M., Dunaev, A.Yu., Zdanovich, G.B., Grigoriev, S.A. (2005). Geological and mineralogical studies of ancient copper mines in the Southern Urals. *Archaeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia*, (4), 101–114. (Rus.).

Дегтярева А.Д., <https://orcid.org/0000-0002-1945-7145>

Кузьминых С.В., <https://orcid.org/0000-0002-3926-2185>

Орловская Л.Б., <https://orcid.org/0000-0002-2449-4098>

Блинов И.А., <https://orcid.org/0000-0001-7397-4760>

Чемякин Ю.П., <https://orcid.org/0000-0002-1386-2510>

Пилькина А.А., <https://orcid.org/0000-0002-9727-394X>

Сведения об авторах:

Дегтярева Анна Давыдовна, кандидат исторических наук, ведущий научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

Кузьминых Сергей Владимирович, кандидат исторических наук, ведущий научный сотрудник, Институт археологии РАН, Москва.

Орловская Любовь Болеславовна, старший научный сотрудник, Институт археологии РАН, Москва.

Блинов Иван Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, территория Ильменский заповедник, Миасс.

Чемякин Юрий Петрович, кандидат исторических наук, доцент, старший научный сотрудник, Уральский федеральный университет, Екатеринбург.

Пилькина Анна Андреевна, младший научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень.

About the authors:

Degtyareva, A.D., Candidate of Historical Sciences, Leading Researcher, Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen.

Kuzminykh, S.V., Candidate of historical sciences, Leading Researcher, Institute of Archeology RAS, Moscow.

Orlovskaya, L.B., Senior Researcher, Institute of Archaeology RAS, Moscow.

Blinov, I.A., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher, South Ural Federal Scientific Center of Mineralogy and Geoecology, Ural Branch RAS, Ilmensky Reserve, Miass.

Chemyakin, Yu.P., Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher, Ural Federal University, Yekaterinburg.

Pilkina, A.A., Junior 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 02.10.2025

Article is published: 15.12.2025