

## МЕТАЛЛООБРАБОТКА НАСЕЛЕНИЯ ЕЛУНИНСКОЙ КУЛЬТУРЫ ВЕРХНЕЙ ОБИ (предварительные результаты металлографического исследования)<sup>1</sup>

А.Д. Дегтярева\*, С.П. Грушин\*\*, В.М. Шайхутдинов\*\*

*Приводятся сведения о развитии металлопроизводства у населения елунинской культуры Обь-Иртышья (последняя четверть III — первая четверть II тыс. до н.э.). На основе металлографического и рентгенфлуоресцентного анализа изделий рассматриваются вопросы технологии бронзолитейного производства, сырьевых источников.*

**Эпоха бронзы, Обь-Иртышье, елунинская культура, технология обработки цветных металлов, типология металла.**

Племена елунинской культуры, наряду с кротовскими, логиновскими, по предположению Е.Н. Черных и С.В. Кузьминых, были в той или иной мере причастны к формированию одного из самых ярких в древней истории сейминско-турбинского транскультурного феномена с многочисленными бронзовыми орудиями и оружием, высокоразвитыми литейными технологиями [Черных, Кузьминых, 1989, с. 251–253]. В погребальных и поселенческих памятниках елунинской культуры (могильники Елунино, Цыганкова Сопка 2, Акчий, Озерное, Григорьевка, Нижняя Суетка, Телеутский Взвоз 1, Клепиково, Тузовские Бугры, поселения Березовая Лука, Костенкова Избушка) известны орудия и оружие сейминско-турбинских типов (ножи, кельты, наконечники копий) и литейные формы для отливки кельтов, наконечников копий [Кирюшин, 2002; Кирюшин и др., 2004; Грушин, 2002; Грушин и др., 2009]. В связи с этим изучение продукции металлопроизводства елунинской культуры с использованием комплексных аналитических исследований с целью определения химического состава и технологии изготовления представляется весьма перспективным.

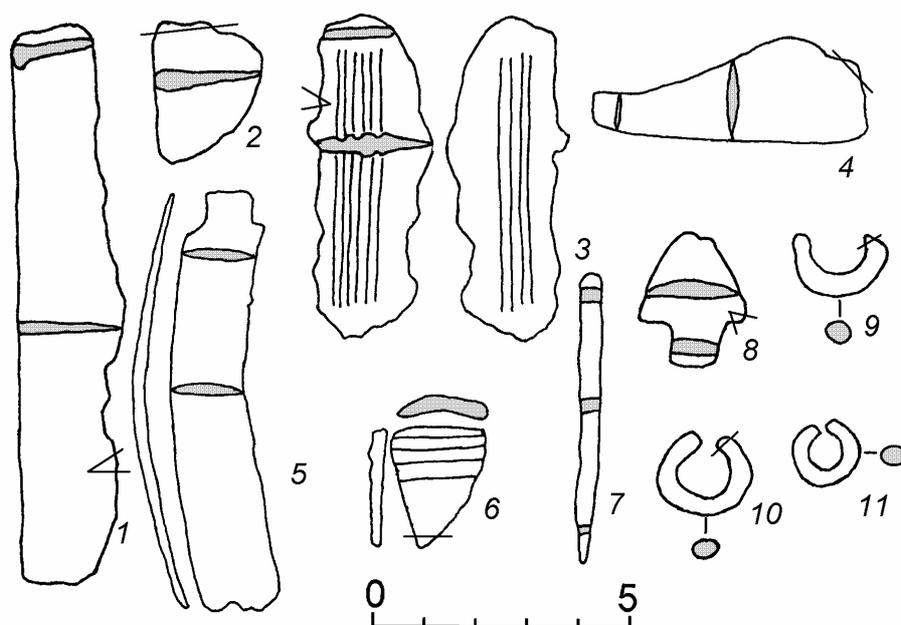
Елунинская культура выделена Ю.Ф. Кирюшиным по материалам одноименного грунтового могильника у д. Елунино Павловского р-на Алтайского края [1986]. Памятники расположены в степной и лесостепной полосе Обь-Иртышья. Культура датируется на основании серии радиоуглеродных дат в рамках последней четверти III — первой четверти II тыс. до н.э. [Кирюшин и др., 2009].

Елунинский металлокомплекс насчитывает около 70 предметов, целых и обломков, как из закрытых комплексов, так и из случайных сборов. Подробная сводка бронзовых изделий приведена С.П. Грушиным, что избавляет нас от необходимости их подробного описания [Грушин и др., 2009, с. 24–56]. Металл, относимый к елунинской культуре, представлен орудиями (ножи, шилья, пробойник, обломки ножей, втулок), оружием (кинжалы, наконечники копий, стрел), украшениями (кольца). В числе елунинских орудий обнаружены типы, характерные для сейминско-турбинского транскультурного феномена: кельты-лопатки с трапециевидным абрисом (тип К-30; здесь и далее по Е.Н.Черных, С.В. Кузьминых), наконечники копий (тип НК-28), пластинчатые однолезвийные ножи с выделенным массивным черенком (тип НК-6), ножи однолезвийные с выделенным черенком и креплением черенка в рукояти под углом в 60–80° (тип НК-28), кинжалы однолезвийные выгнутообушковые с прямоугольной рукоятью со скульптурным или кольцевидным завершением рукояти (типы КЖ-10, КЖ-12) [Черных, Кузьминых, 1989, с. 63, 72, 105, 92–94, 117–122]. Предметное изучение елунинского металла, включающее морфолого-типологический анализ изделий, обобщение данных, полученных в результате рентгенфлуоресцентного анализа<sup>2</sup>, позволили обосновать существование елунинского очага металлургии, для которо-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», проект № 2009-1.1-301-072-016, гос. контракт № П1140 «Система жизнеобеспечения и производства населения Алтая в эпоху энеолита и ранней бронзы (II половина IV — начало II тыс. до н.э.)» (С.П. Грушин, В.М. Шайхутдинов).

<sup>2</sup> Рентгенфлуоресцентный анализ проведен на кафедре археологии, этнографии и музеологии Алтайского государственного университета д. и. н. А.А. Тишкиным, которому авторы выражают свою искреннюю признательность.

го характерно использование легированных бронз на основе меди, чистой меди, чистого свинца, сплава свинца и олова [Грушин и др., 2009, с. 125]. Самая многочисленная серия изделий были изготовлены из оловянной бронзы (23 экз., орудия труда, оружие). По одному изделию выполнено из оловянно-свинцовой бронзы и металлургически чистой меди [Грушин, 2009, с. 49]. Из металлургически чистого свинца (2 экз.), сплава олова и свинца (1 экз.) изготовлены серьги в один или полтора оборота, найденные преимущественно в детских захоронениях. В процессе металлографического изучения количественное содержание характерных включений в меди позволило более точно определить содержание в металле концентраций олова, свинца. Эта корректировка состава была нами учтена в табл.



**Рис. 1.** Металлические изделия елунинской культуры:

- 1–5 — ножи (1120, 1122, 1114, 1116, 1119); 6 — обломок втулки (ан. 1118); 7 — шило (ан. 1117);  
8 — наконечник стрелы (ан. 1115); 9–11 — кольца (ан. 1125, 1123, 1124);  
1–3, 5, 6, 9–11 — поселение Березовая Лука; 4, 8 — могильник Цыганкова Сопка 2;  
7 — могильник Телеутский Взвоз 1 (секущими линиями показаны срезы на шлифы)

Технологические особенности изготовления медных и бронзовых изделий раскрывались в процессе визуального поверхностного изучения предметов с помощью стереоскопического панкратического микроскопа МПС-1, проведения микроструктурного анализа металла и измерения его микротвердости. Металлографический анализ производился на микроскопе Axio Observer D1m, для измерения микротвердости использовался микротвердомер ПМТ-3М.

Изготовленные шлифы просматривались на микроскопе в нетравленном и травленном виде. При травлении металла наиболее часто использовались аммиачный раствор хлорной меди, концентрированный водный раствор хромпика в серной кислоте, солянокислый раствор хлорного железа, а также раствор персульфата аммония [Беккерт, Клемм, 1979, с. 193–205]. Протравленные шлифы изучались на микроскопах при увеличении в 100–1000 раз, а затем фотографировались при увеличении в 100–500 раз.

Металлографическому исследованию подвергалось 10 изделий елунинской культуры, однако металл двух орудий оказался полностью прокорродирован и непригоден для анализа (рис. 1, 5, 7; поселение Березовая Лука, могильник Телеутский Взвоз 1). Для выявления технологии изготовления изделий елунинской культуры был выполнен металлографический анализ 8 предметов, в основном орудий, происходящих из однослойного поселения Березовая Лука и погребений могильника Цыганкова Сопка 2 [Кирюшин, 1987; Кирюшин и др., 2004]<sup>3</sup>. Изученная серия

<sup>3</sup> Металлографический анализ выполнен в лаборатории палеоэкологии человека ИПОС СО РАН.

## Металлообработка населения елунинской культуры Верхней Оби...

изделий малочисленна, представлена невыразительными типами, имеющими внешние дефекты; именно поэтому полученные выводы носят в известной мере условный и предварительный характер. В процессе металлографического изучения травленные шлифы просматривались и фотографировались на микроскопе AxioObserver D1m, замеры микротвердости металла производились на микротвердомере ПМТ-3М.

Предметы представлены 4 фрагментами ножей, обломком втулки наконечника копья (?), наконечником стрелы, двумя кольцами (рис. 1). Исследованные ножи распределяются на несколько типов, один из которых относится к числу однолезвийных с прямым лезвием, выделенной прямой рукоятью (мог. Цыганкова Сопка 2, пос. Березовая Лука; рис. 1, 1, 2). Первое орудие было отлито из оловянно-свинцовой бронзы (Sn 5 %, Pb 1,56 %) в двусторонней литейной форме, о чем свидетельствует сечение рукояти (ан. 1120) (табл.). Полученная отливка была подвергнута незначительной доработке горячей ковкой, направленной на устранение пороков литья и заострение лезвийной части (рис. 2, 1, 2). На степени деформирующего воздействия в пределах 20–40 % указывает расположение и форма дендритов, а также включений, слегка измененных ковкой. Повышенное содержание свинца при горячей деформации металла вызвало явление краснотомкости и привело к поломке орудия (многочисленные трещины краснотомкости, покрывающие в виде сетки границы кристаллов). Обнаруженные в структуре металла немногочисленные извилистые включения эвтектоида  $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$  свидетельствует о концентрации олова не выше 5 %.

### Результаты рентгенфлуоресцентных анализов изделий елунинской культуры

Предмет	№ рис.	№ РФА	№ структурного анализа	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Au
Обломок втулки	1, 6	02	1118	Осн. 7	—	—	—	—	Следы	—	—	—	—	—	—
Стрела	1, 8	03	1115	Осн. 8,47	0,28	—	—	—	Следы	—	—	0,8	—	—	—
Нож	1, 4	04	1116	Осн. 5	1,03	—	—	—	Следы	—	2	1,3	—	—	—
Кольцо	1, 9	05	1125	—	> 30	Осн.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нож	1, 1	06	1120	Осн. 5	1,56	—	—	—	0,5	—	Следы	—	—	—	—
Нож	1, 3	07	1114	Осн. 4	0,53	—	—	—	Следы	—	—	—	—	—	—
Шило	1, 7	08	1117	Осн. 11,4	0,59	—	—	—	Следы	—	—	—	—	—	—
Нож	1, 5	09	1119	Осн. 11,3	0,18	—	—	—	Следы	—	—	0,1	—	—	—
Кольцо	1, 10	10	1123	0,93	—	Осн.	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—

Второе орудие, представленное обломком лезвия, отлито из чистой окисленной меди в односторонней с плоской крышкой литейной форме. Включения эвтектики  $\text{Cu}_2\text{O}$  неравномерно распределены по толщине металла, местами содержание кислорода превышает 0,2 % (ан. 1122) (рис. 2, 3, 4). Далее заготовка доработана ковкой при предплавленной температуре 900–1000 °С, в результате чего произошел рост кристаллов в отдельных зонах до 0,5 мм с оплавлением границ. На характер ковки указывают как микроструктурные показатели, так и замеры микротвердости металла (77,3 кг/мм<sup>2</sup>). Ковка сопровождалась незначительными степенями обжатия металла (20–40 %), о чем свидетельствует расположение остаточных полиэдров. При нагревах медь не была предохранена от избыточного окисления. Повышенное содержание кислорода в меди в процессе ковки привело к образованию трещин и поломке орудия.

Третий нож, как и второй, в фрагментарном состоянии, полностью восстановить его форму не представляется возможным (рис. 1, 3). Нож происходит из материалов поселения Березовая Лука. На лицевой и оборотной стороне лезвийной части обнаружены желобки, имитирующие сложную нервюру. Сечение ножа несимметричное, на обратной стороне отсутствует третий желобок. Орудие отлито из комплексной оловянно-свинцовой бронзы (Sn 4, Pb 0,53 %). Судя по профилю изделия и форме желобков, имеющих почти отвесные стенки, для литья использовалась односторонняя литейная форма и плоская крышка, на которой были вырезаны желобки (ан. 1114, рис. 3, 1). Судя по затекам и следам пригара на поверхности металла, форма, скорее всего, была глиняной. После отливки орудие было подвергнуто высокотемпературному отжигу (свыше 800 °С), вследствие чего началась гомогенизация сплава. Свидетельством использования высокотемпературного отжига являются особенности микроструктуры изделия в центральной части сечения ножа (гомогенизированные полиэдры с крупными зернами диаметром 0,1–0,15 мм) (рис. 2, 4). При этом расположение дендритов почти не нарушено деформирующим воздействием. Далее была прокована вгорячую лезвийная кромка со степенями обжатия 60–70 % (измельченность однородной рекристаллизованной структуры на фоне вытянутых вдоль шлифа дендритов)

(рис. 2, 5). Горячая деформация металла в присутствии повышенного содержания свинца вызвала явление красноломкости и привела к поломке орудия. Микротвердость металла составляла в районе лезвийной кромки 116,2, в центре шлифа — 105,7 кг/мм<sup>2</sup>.

Одно орудие представляет тип НК-28 однолезвийных ножей с выделенным черенком и креплением черенка в рукояти под углом в 60–80° (могильник Цыганкова Сопка 2; ан. 1116, рис. 1, 4). Этот предмет отлит из сложнелегированного сплава на основе меди с присадкой Sn (5), Pb (1,03), As (2 %) в односторонней литейной форме с плоской крышкой. Далее полученная отливка была подвергнута доработке ковкой, сопряженной со средними степенями обжатия металла в пределах 50–60 % (рис. 2, 6). Ковка была направлена на растяжку и заострение лезвийной части с обеих сторон. Судя по отсутствию следов красноломкости металла и замерам микротвердости (205,4 кг/мм<sup>2</sup>), ковка велась по холодному металлу и сопровождалась низкотемпературными промежуточными отжигами (измельченность рекристаллизованной структуры).

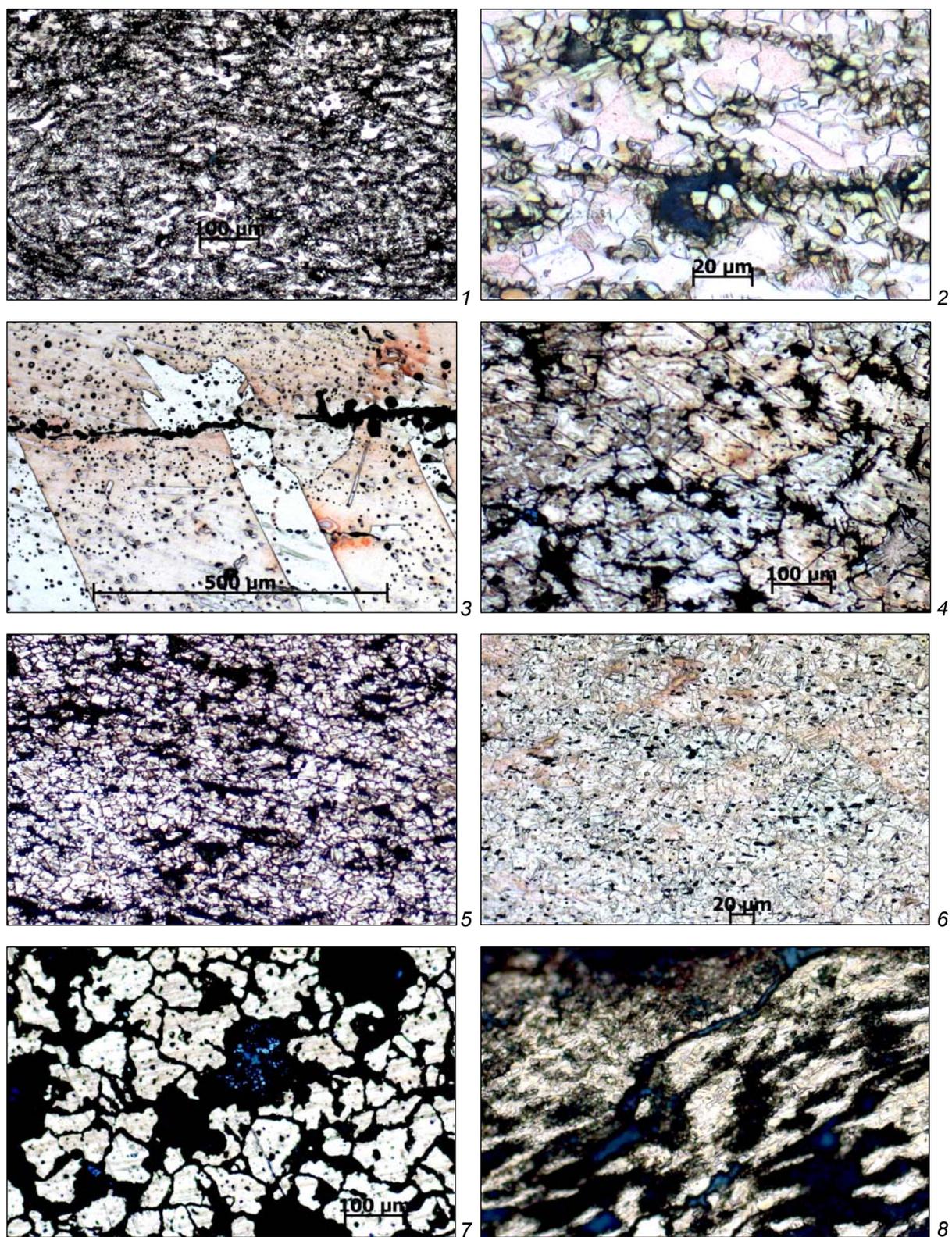
Полностью прокоррозированный нож-скобель с дугообразно изогнутым клинком относится к типу НК-24. Тип характерен только для сейминско-турбинских памятников, хотя сходные орудия известны и в глазковских древностях Байкала [Черных, Кузьминых, 1989, с. 105]. Предмет, обнаруженный на поселении Березовая Лука, изготовлен из оловянной бронзы с примесью олова 11 % (ан. 1119, рис. 1, 5).

Орудие, представленное обломком предположительно втульчатой части с оплавленными скругленными очертаниями, найденное на поселении Березовая Лука, выплавлено из оловянной, неотшлакованной полностью бронзы с содержанием олова 7 %, загрязненной в большом количестве сульфидными примесями (ан. 1118, рис. 1, 6). После поломки предмет был подвержен длительному высокотемпературному нагреву (возможно, в плавильной печи), в результате которого произошло выравнивание сплава с образованием крупных полиэдрических зерен диаметром 0,1 мм, исчезновением включений эвтектоида  $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ , глобулизации включений (рис. 2, 7).

Прокоррозированное по всей толще металла шило относится к типу односторонних, прямоугольных в сечении (рис. 1, 7; ан. 1117). Орудие изготовлено из комплексной оловянно-свинцовой бронзы с содержанием олова 11 %, свинца 0,59 %.

Наконечник стрелы, найденный в могильнике Цыганкова Сопка 2, относится к типу черешковых изделий, с пером подтреугольной формы (ан. 1115, рис. 1, 8). Аналогии этому типу в единичных экземплярах обнаружены только в могильниках Ордынское и Канай [Грушин и др., 2009, с. 44]. Орудие практически полностью прокоррозировано по всей толще. При поверхностном осмотре обнаружен недолив металла в районе жальца и крупные литейные трещины, расходящиеся пучком (рис. 3, 2). Наконечник стрелы отлит из оловянной бронзы (Sn 8,47 %) в односторонней форме с плоской крышкой, скорее всего глиняной, о чем свидетельствуют бугристые затеки и наплывы на поверхности изделия. При литье использовался сильно перегретый металл, что явилось причиной образования горячих трещин и частично недолива изделия в районе жальца. После литья изделие было слегка проковано при 20% обжатии металла холодной ковкой (расположение и форма остаточных дендритов). Ковка сопровождалась низкотемпературными промежуточными отжигами в пределах 400–500 °С. На температурный режим доработочных операций указывают измельченность кристаллов и отсутствие трещин красноломкости при наличии повышенного содержания свинца. Микротвердость металла достаточно высокая, в пределах 221,5 кг/мм<sup>2</sup>.

Визуальному поверхностному изучению были подвергнуты три кольца, найденные в слое поселения Березовая Лука (рис. 1, 9–11). Диаметр украшений, изготовленных из округлых в сечении прутков, в пределах 1,5–2 см. Аналогии этим предметам имеются в памятниках культур эпохи бронзы Верхнего Приобья и Монголии (могильники Тузовские Бугры 1, Ягшийн-Ходоо 1, 3, Улан-Худак II [Абдулганеев, Кирюшин, 2002, с. 6; Ковалев, 2005, с. 182; Тишкин и др., 2008]. На боковых поверхностях колечек снаружи и изнутри выявлены четкие следы литейных швов. Местами обнаружены и поперечные риски — следы рубки прутков на отдельные фрагменты. Микроструктурному анализу было подвергнуто два кольца (рис. 1, 9, 10). При изучении микроструктуры одного их колец отмечено мелкодисперсное эвтектическое строение зерен меди и свинца (ан. 1123; рис. 4, 2). Местами обнаружены довольно крупные кристаллы меди. Микротвердость металла 10 кг/мм<sup>2</sup>. Таким образом, колечко отлито в двусторонней литейной форме из свинцово-медного сплава, последующей доработке не подвергалось.



**Рис. 2.** Фотографии микроструктур ножей (1–6), обломка втулки (7), наконечника стрелы (8)  
 (1, 3–6 — увел. 100; 2 — увел. 500; 8 — увел. 200):  
 1, 2 — ан. 1120; 3 — ан. 1122; 4, 5 — ан. 1114; 6 — ан. 1116; 7 — ан. 1118; 8 — ан. 1115:  
 1–6 — срезы лезвия; 7 — поперечный срез втулки; 8 — сечение пера наконечника

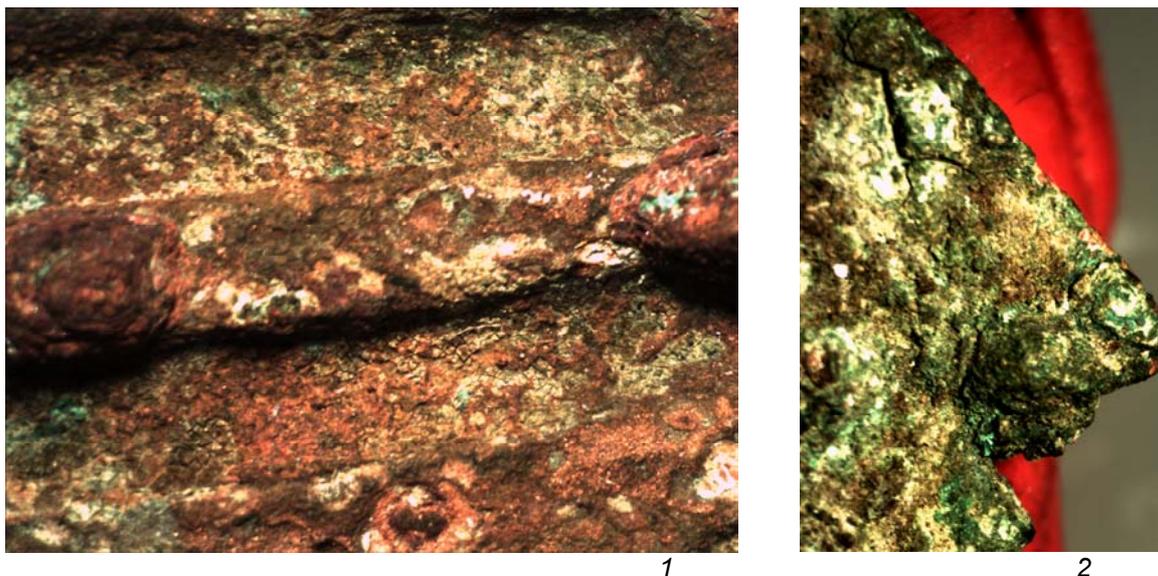


Рис. 3. Макрофотографии поверхности ножа (ан. 1114) и наконечника стрелы (ан. 1115)

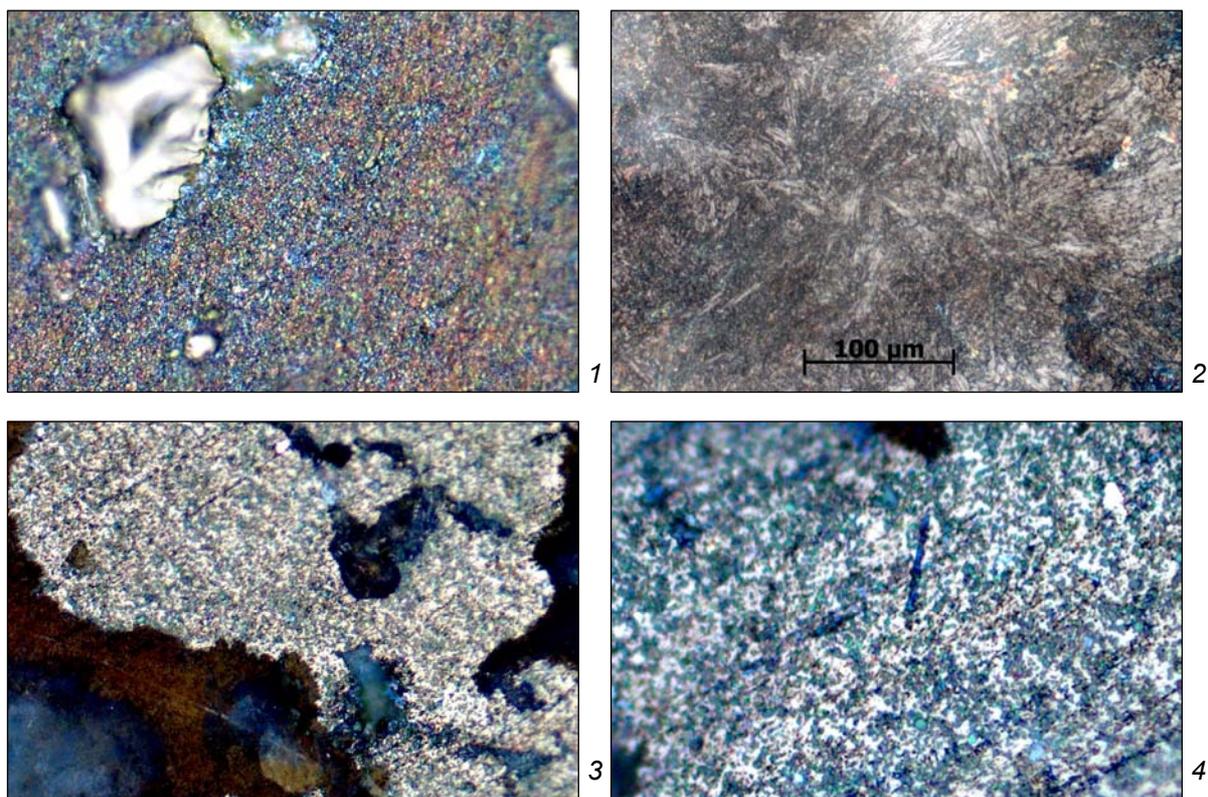


Рис. 4. Фотографии микроструктур колец (1, 3 — увел. 500; 2 — увел. 200; 4 — увел. 1000):  
1 — ан. 1123; 2–4 — ан. 1125 (поперечные срезы прутков)

На другом кольце травление выявило многофазную — четырехкомпонентную мелкодисперсную эвтектику, неравномерно распределенную по сечению с зональной ликвацией (ан. 1125, рис. 4, 2–4). В центре шлифа обнаружена эвтектика из меди и свинца в окружении двухфазных игольчатых участков Cu–Sn в виде мелкодисперсных светлых и серых игл. Это колечко, так же как и

первое, было отлито в двусторонней литейной форме, но из другого вида сплава — свинцово-оловянной бронзы, относящегося к числу легкоплавких и имеющих низкую температуру плавления в пределах 183–200 °С [Гуляев, 1977, с. 623–627]. Данное заключение подтверждается замерами микротвердости металла: в районе игольчатой структуры микротвердость составляет 320 кг/мм<sup>2</sup>, в зоне эвтектики Cu–Pb — 15 кг/мм<sup>2</sup>. Последующей доработке данный предмет не подвергался.

Факт обнаружения подобных колечек-серег в детских погребениях, несомненно, указывает на сакральный характер этих украшений, отлитых из ценных легирующих компонентов очагов ранней фазы Евразийской металлургической провинции. Вполне допустима возможность распространения основных лигатур для внешнего обмена в виде легкоплавких прутков. Украшения в виде подвесок и печати из свинца были обнаружены в памятниках раннего и среднего бронзового века Анатолии [Авилова, 2008, с. 44, 57]. Прутки из свинца известны и на других памятниках ранней фазы Евразийской металлургической провинции, в частности на полу синташтинского жилища поселения Куйсак [Малютина, Зданович, 1995, с. 100–106]. Диаметр проволоки 3–5 мм, длина — 5–7 см [Зайков и др., 2000, с. 127–128].

Малочисленность проанализированной серии металлических изделий елунинской культуры не позволяет сделать основательные выводы с использованием статистических методов. Тем не менее предварительное заключение возможно. Судя по данным РФА и микроструктурного анализа, преобладающими типами сплавов в елунинском металлопроизводстве были оловянно-свинцовая и оловянная бронза. По концентрации олова и свинца сплавы относились к числу низколегированных (Sn 4–8, Pb 0,5–1,5 %), в единичных случаях примесь олова доходила до 11 %. Реже использовались свинцово-оловянные, свинцово-медные сплавы. В качестве практически готовых лигатур для использования можно указать на колечки или прутки, изготовленные из свинцово-оловянной, свинцово-медной бронзы.

В единичных случаях отмечено литье из чистой окисленной меди, а также из многокомпонентной бронзы с лигатурой Sn–As–Pb (Sn 5, As 2, Pb 1 %). Судя по особенностям микроструктурных показателей, для выплавки металла употребляли как окисленные, вторичные, так и сульфидные руды. В структуре единичных изделий обнаружено значительное количество сульфидных включений, что свидетельствует о недостаточной отшлаковке меди.

Эти выводы находят соответствия в полученных ранее заключениях С.П. Грушина по обобщению данных рентгенфлуоресцентных анализов металла и руды поселения Березовая Лука [Грушин и др., 2009, с. 46–47]. Им было отмечено, что куски руды представлены медно-свинцово-цинковыми, медно-свинцовыми прожилками, а также малахитом, купритом, азуриком. Эти находки автор достаточно обоснованно связывает с месторождениями Змеиногорской зоны Рудно-Алтайского горно-металлургического центра, где имелись поселения елунинской культуры со следами металлургической деятельности [Грушин и др., 2009, с. 46–48; Шайхутдинов, 2008, с. 117–118]. Источником олова, бесспорно, служили самые мощные на территории Евразии касситеритовые месторождения Алтая. В 30-е гг. С.С. Черников обследовал древние разработки на олово в Калбинском и Нарымском хребтах и открыл 37 пунктов с выработками, три из которых датировал эпохой бронзы: Мынчункур, Карагоин, Чердолак [1948, с. 96–100; 1949, с. 10–67]. В конце 30-х — начале 40-х гг. изучением восточно-казахстанских выработок на олово занимался Б.А. Акерман, зафиксировавший ряд древних карьеров в Калбинском хребте [1948, с. 40–46].

Приведенные факты свидетельствуют о том, что горняками и металлургами елунинской культуры велась обработка наиболее приемлемых рецептур используемых сплавов на стадии эмпирического поиска с точки зрения прежде всего жидкотекучести металла, заполнения полностью конфигурации матриц. Подобное следует отметить и в области поисков оптимальных технологических режимов для конкретных типов сплавов. Особенности морфологии елунинских орудий труда и оружия свидетельствуют об использовании сложных литейных технологий — литье в двусторонние формы со вставным вкладышем с достаточно точной его центровкой. Для получения кинжалов с фигурными навершиями, вероятнее всего, использовалась последующая доливка фигурок по утрачиваемым моделям.

Все аналитически изученные изделия были получены в процессе литья. При этом отливки не всегда были качественными из-за неправильного совмещения глиняных литейных створок, иногда чрезмерного перегрева жидкого расплава перед заливкой в форму, что сопровождалось появлением горячих усадочных трещин. Полученные в процессе литья изделия далее дораба-

тывались ковкой с небольшими или средними степенями обжатия с использованием различных термических режимов обработки металла. Иногда использовался предварительный отжиг гомогенизации, видимо с целью разупрочнения металла, придания ему большей пластичности. Доработочные операции, направленные на растяжку и заострение рабочей части орудий, выполнялись в режиме предплавленных температур, красного каления металла и в холодную с промежуточными отжигами. Преимущественно осуществлялась горячая деформация орудий при температурах красного каления металла 600–800 °С. В присутствии значительного количества включений свинца ковка в горячую приводила к появлению трещин краснотекучности и поломке орудий. Однако при обработке ножей и наконечника стрелы режим был выбран правильный — холодная деформация с разупрочняющими отжигами. При такой схеме технологии и показатель микротвердости металла был достаточно высоким — 221,5 кг/мм<sup>2</sup>.

Елунинская культура существовала в период развития инновационных идей в металлургическом производстве. Очевидно, что елунинская металлургия являлась по существу экспериментальной, опытной, в ней сложились новые прогрессивные стереотипы, которые оказали существенное влияние на развитие сопредельных очагов металлопроизводства, по всей видимости, и на сейминско-турбинскую бронзолитейную традицию.

---

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

---

- Авилова Л.И. Металл Ближнего Востока: Модели производства, в энеолите, раннем и среднем бронзовом веке. М.: Памятники исторической мысли, 2008. 227 с.
- Абдулганеев М.Т., Кирюшин Ю.Ф. Погребение раннего бронзового века из могильника Тузовские Бугры I // Северная Евразия в эпоху бронзы: Пространство, время, культура. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. С. 4–6.
- Акерман Б.А. О калбинских разработках олова эпохи бронзы // Изв. АН КазССР. Сер. археол. 1948. Вып. 1. С. 40–46.
- Беккерт М., Клемм Х. Справочник по металлографическому травлению. М.: Металлургия, 1979. 336 с.
- Грушин С.П. Некоторые итоги и перспективы изучения памятника эпохи ранней бронзы Телеутский Взвоз I // Северная Евразия в эпоху бронзы: Пространство, время, культура. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. С. 21–24.
- Грушин С.П., Папин Д.В., Позднякова О.А., Тюрина Е.А., Федорук А.С., Хаврин С.В. Алтай в системе металлургических провинций энеолита и бронзового века. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. 160 с.
- Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1977. 647 с.
- Зайков В.В., Зданович Г.Б., Юминов А.М. Воровская яма — новый рудник бронзового века на Южном Урале // Археологический источник и моделирование древних технологий: Тр. музея-заповедника Аркаим. Челябинск, 2000. С. 112–129.
- Кирюшин Ю.Ф. Энеолит, ранняя и развитая бронза Верхнего и Среднего Приобья: Автореф. дис. ... д-ра ист. наук. Новосибирск, 1986. 36 с.
- Кирюшин Ю.Ф. Новые могильники ранней бронзы на Верхней Оби // Археологические исследования на Алтае. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1987. С. 100–125.
- Кирюшин Ю.Ф. Энеолит и ранняя бронза юга Западной Сибири. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. 294 с.
- Кирюшин Ю.Ф., Малолетко А.М., Тишкин А.А. Березовая Лука — поселение эпохи бронзы в Алейской степи. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2004. Т.1. 288 с.
- Кирюшин Ю.Ф., Грушин С.П., Папин Д.В. Проблемы радиоуглеродного датирования археологических памятников бронзового века Алтая // Теория и практика археологических исследований. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007. Вып. 3. С. 84–89.
- Ковалев А.А. Чемурчекский культурный феномен: его происхождение и роль в формировании культур эпохи ранней бронзы Алтая и Центральной Азии // Западная и Южная Сибирь в древности. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та. 2005. С. 178–184.
- Малютина Т.С., Зданович Г.Б. Куйсак — укрепленное поселение протогородской цивилизации Южного Зауралья // Россия и Восток: Проблемы взаимодействия. Челябинск, 1995. Ч. 5, кн. 1. С. 100–106.
- Тишкин А.А., Грушин С.П., Мунхбаяр Ч. Археологическое изучение объектов эпохи бронзы в урочище Улаан худаг (Ховдский аймак Монголии) // Теория и практика археологических исследований. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2008. Вып. 4. С. 85–92.
- Черников С.С. Древняя металлургия и горное дело Западного Алтая // КСИИМК. 1948. Вып. 23. С. 96–100.
- Черников С.С. Древняя металлургия и горное дело Западного Алтая. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1949. 111 с.

## Металлообработка населения елунинской культуры Верхней Оби...

Черных Е.Н., Кузьминых С.В. Древняя металлургия Северной Евразии (сейминско-турбинский феномен). М.: Наука, 1989. 320 с.

Шайхутдинов В.М. Metalloproduction of the population of the Yelunino culture of the Upper Obi // Ethno-cultural history of Eurasia: Modern research and reconstruction experience. Barnaul: Azbuka, 2008. С. 117–118.

\*Тюмень, ИПОС СО РАН  
anna@ipdn.ru;

\*\*Барнаул, Алтайский государственный университет  
gsp142@hist.asu.ru

*The article cites data on development of metal process with population of the Yelunino culture (last quarter of III — first quarter of II millennium B.C.) from the Ob'-and-Irtysh basin. Basing on using data of metallographic and X-ray-fluorescent analysis regarding metal articles, the authors consider technological questions of bronze foundry work and raw material sources.*

**Bronze Age, Ob'-and-Irtysh basin, Yelunino culture, technology of non-ferrous metal working, typology of metal.**