

# Производство металла в иткульской археологической культуре на Урале

[Сергей Кузьминых](#), [Анна Дегтярева](#)

Публикуем в сокращенном варианте статью канд. ист. наук С.В.Кузьминых (Институт археологии РАН) и канд. ист. наук А.Д. Дегтяревой (Тюменский научный центр Сибирского отделения РАН) о работе, выполненной в лаборатории естественно-научных методов Института археологии РАН. Оригинальный вариант опубликован в сборнике «Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов», Вып.4, М: Ин-т археологии РАН, 2017.

Исследование методами спектрального и металлографического анализов выявило своеобразные и уникальные для эпохи раннего железа технологии изготовления медных и бронзовых изделий в иткульской археологической культуре на Урале. Выявленная здесь модель производства в большей степени характерна для металлообработки культур энеолита и раннего металла (ямная, липчинская, гаринская, волосовская, петровская и др.). Позднее, в эпохи поздней бронзы и раннего железа, она вышла из употребления. Столь архаичную и достаточно трудоемкую технологию, сопряженную с достижением при плавке более высоких температур по сравнению с легированными бронзами, иткульские металлурги с целью раскисления меди модернизировали добавлением железа в медный расплав. Причина наблюдаемой парадоксальной ситуации — использования не легированных бронз, а окисленной меди — кроется в наличии богатейших залежей малахита Гумешевского рудника, находящегося в центре иткульского металлургического очага. Иткульские мастера обратились к забытым архаичным способам и технологиям обработки окисленной меди, однако часть навыков и приемов им не удалось восстановить, следствием чего были частые случаи литейного брака.

## Иткульская культура

Иткульская археологическая культура раннего железного века (VIII/VII–III вв. до н.э.) локализована в горно-лесном, лесостепном Зауралье и в горно-лесном Приуралье. Она выделена в 1950–60-е гг. Е.М. Берс (1954) как «исетская» по материалам Среднего Зауралья и К.В. Сальниковым (1961) как «иткульская» — по материалам исследованного им Иткульского 1 (Даутовского 1) городища в Верхнеуфалейском районе Челябинской области. Позднее В.Е. Стоянов (1970) объединил их в одну культуру, сохранив за ней название по эпонимному памятнику (рис. 1). В современной историографии (Г.В. Бельтикова, Л.Н. Корякова, Н.П. Матвеева, А.Д. Таиров, О.Ю. Зиминова и др.) доминирует именно стояновское понимание иткульской культуры. Но наряду с западным (уральским) в ней выделяется восточный (притобольский) вариант (Зиминова, Зах, 2009), в котором наряду со скотоводством заметную роль играли охота и рыболовство, а металлообработка в отличие от уральской метрополии была явно на вторых ролях.

В то же время с подобной трактовкой иткульской культуры не согласен В.А. Борзунов (2014). Древности этой культуры, на его взгляд, разнородны и представляют собой остатки трех различных культурных образований: иткульской культуры, или культуры горняков и металлургов горно-лесного Зауралья; культуры смешанного иткульско-гамаюнского или гамаюнско-иткульского населения в горно-лесных, лесных равнинных и отчасти лесостепных районах Зауралья; культуры населения лесного и лесостепного Притоболья с керамикой так называемого «второго иткульского», карагай-аульского и вак-куровского типов (Там же, с. 234). В данной статье памятники восточного варианта рассматриваются в рамках иткульской культуры, но при этом мы осознаем их специфику. Возможно, в дальнейшем предстоит их размежевание с основным ядром уральских иткульских памятников.

В палеоэкономике иткульской культуры еще со времен работ Е.М. Берс и К.В. Сальникова важнейшая роль отводилась горно-металлургическому производству. Благодаря углубленным полевым изысканиям и исследованиям в последней трети XX и в начале XXI в. был выделен зауральский (иткульский) очаг металлургии (Бельтикова, 1993; 1997; 1998)<sup>[1]</sup>. Источниковой базой трудов Г.В. Бельтиковой стали не только старые материалы П.А. Дмитриева, Е.М. Берс, К.В. Сальникова, но и тщательно раскопанные В.А. Борзуновым (Красный Камень, Зотинские 2 и 3, Серный Ключ) и ею (Думная Гора, Баженова Гора, Иткульское 1, Большегорское, Малый Вишневы и др.) объекты с остатками металлургического производства. Наиболее продуктивный период раскопок этих памятников пришелся на 1980–90-е годы.

## Иткульский металл и сплавы

Тогда же в лаборатории естественнонаучных методов Института археологии АН СССР/РАН было проведено спектроаналитическое изучение основного массива металла иткульской культуры (изделия, заготовки, лом и отходы

производства, медные литейные формы; рис. 2–4). Большая часть образцов металла была отобрана в музеях и археологических вузовских лабораториях Свердловска, Челябинска, Москвы, Полевского, Златоуста и других небольших уральских городов. В настоящее время в базе данных (БД) учтено более 700 анализов иткульской меди и бронз. Изучение химического состава металла проводилось методом полуколичественного эмиссионного спектрального анализа на отечественных анализаторах ИСП-28 и СТЭ-1 (методика анализа опубликована: Черных, 1966, с. 27–34). Сейчас БД пополнилась за счет новых поступлений и сборов, изученных методом рентгенофлуоресцентного анализа.



Рис. 1. Ареалы распространения культур раннего железного века Евразии.

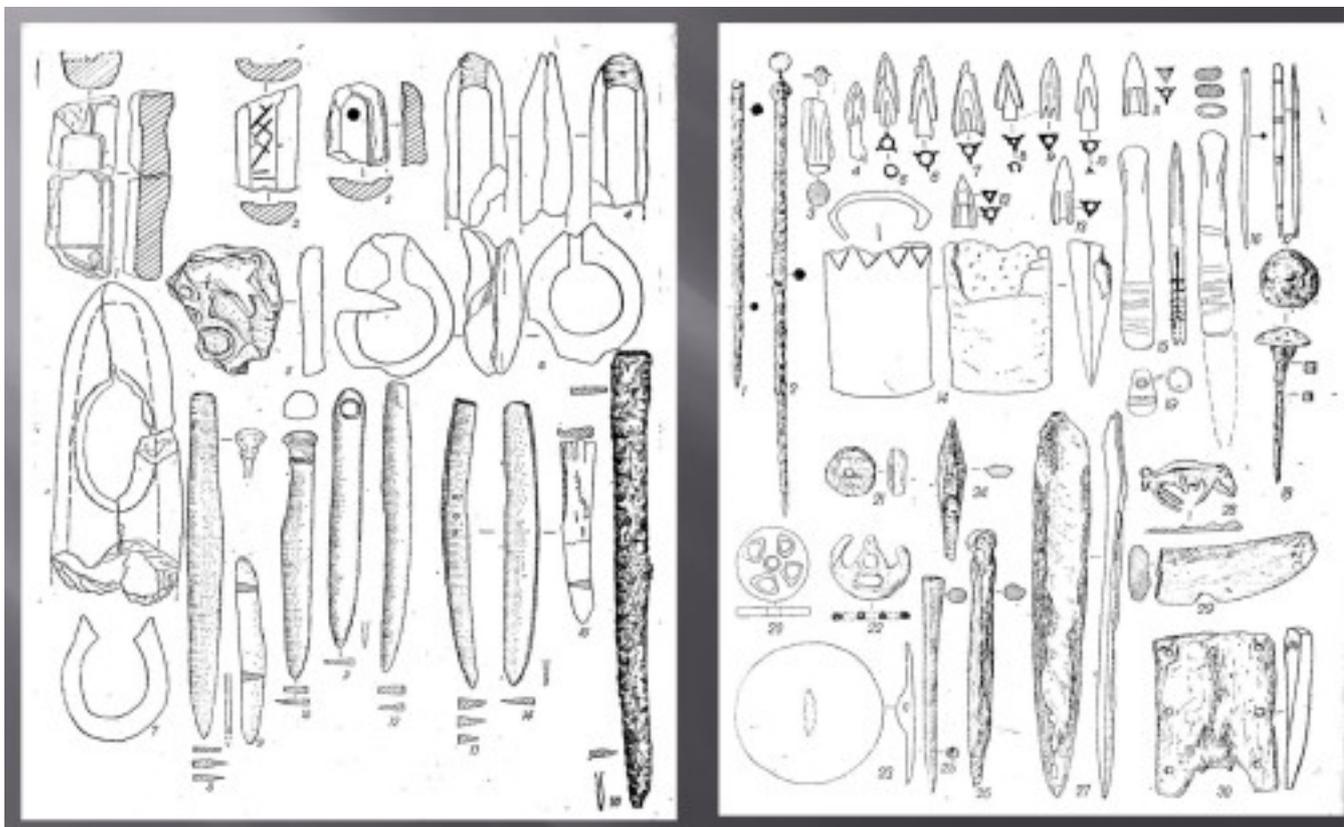


Рис. 2. Орудийный комплекс иткульской культуры.



Рис. 3. Культовое литье иткульской культуры.

Как и в большинстве культур бронзового и раннего железного веков Северной Евразии, металл иткульской культуры

неоднороден по химическому составу. Но ключевое его отличие заключается в том, что ведущей металлургической группой (630 анализов, или более 88% всей выборки) для уральских литейщиков была *металлургически «чистая» медь* (Cu) (рис. 5–7). Концентрации фактически всех ведущих и геохимически значимых элементов (олова, свинца, висмута, серебра, сурьмы, мышьяка, никеля, кобальта и золота) представлены в этом сплаве в тысячных и десятитысячных долях процента; методом РФА их зафиксировать уже бы не удалось. Редко содержание этих элементов достигает десятых и сотых долей процента. При этом многие изделия демонстрируют поразительную чистоту меди, в которой не фиксируются некоторые из перечисленных примесей. Если судить по химическому составу металла, то создается впечатление, что мы имеем дело с металлообработкой аборигенных уральских энеолитических культур (типа аятской, липчинской, сургандинской и др.) или раннебронзовых степных (типа приуральской ямной), в которых доминировала «чистая» медь. Но это первое и обманчивое впечатление. Продукция иткульского металлургического очага — кельты, наконечники копий и стрел, ножи и кинжалы, секира и чеканы, тесла и долота, иглы и шилья, котлы, культовое литье и др. — это хорошо узнаваемые категории предметов иной эпохи — раннего железного века. Кроме того, около 12% всех проанализированных изделий все же изготовлены из искусственных или естественных сплавов.

Наиболее представительной группой среди искусственных сплавов являются *оловянные бронзы* (Cu+Sn) — 46 анализов (6,5% всей выборки). Иткульские литейщики работали в основном с низколегированной бронзой с концентрацией олова в сплаве в пределах 1–9%. Условно в эту группу включено несколько образцов сырья с повышенным содержанием свинца (до 2,5%). Какой-либо избирательности в использовании оловянных бронз не фиксируется — это орудия и оружие (кельты, секира, ножи, долота, стамески, иглы, шилья), украшения, туалетные принадлежности и др.

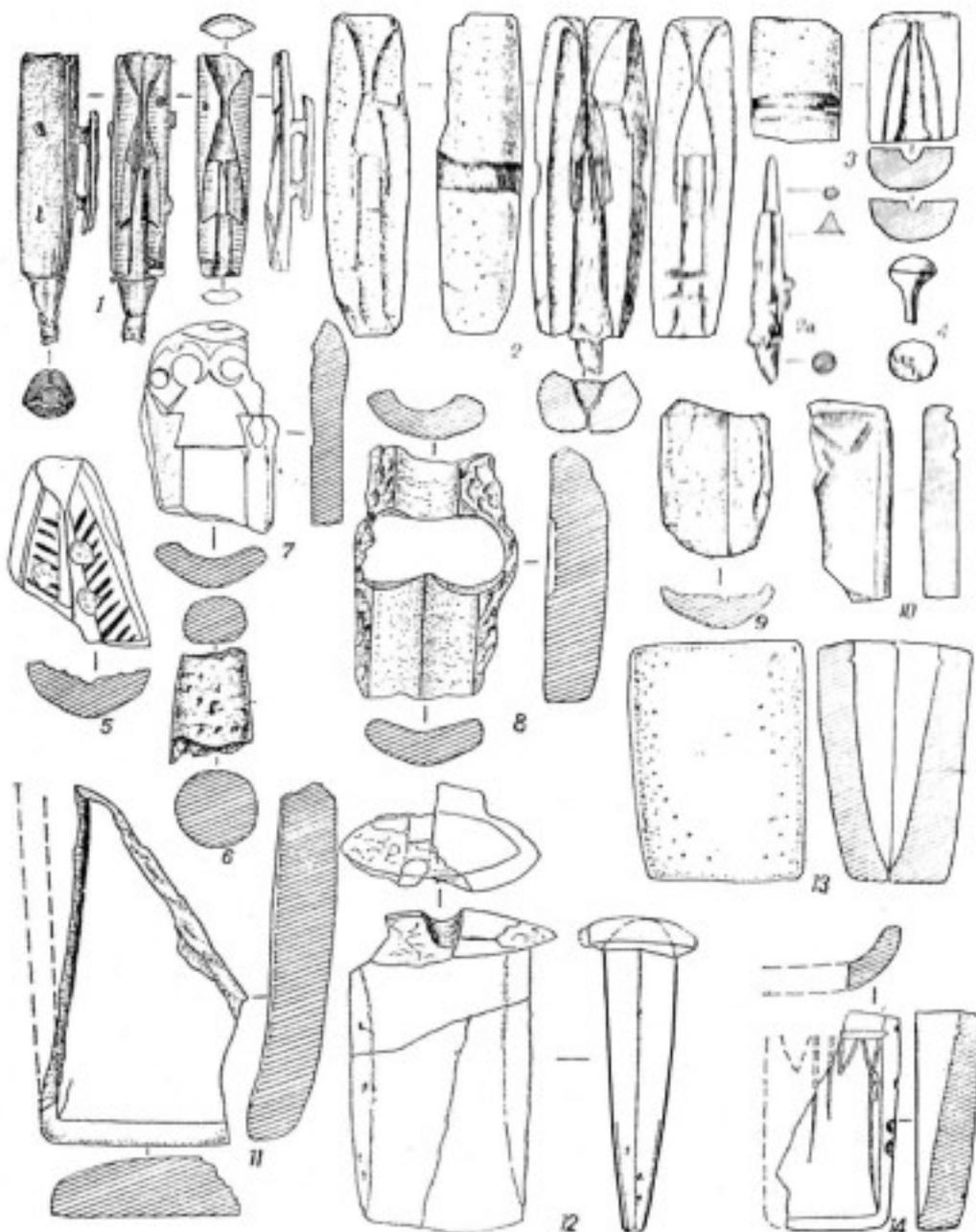


Рис. 4. Литейные формы иткульской культуры.

**Оловянно-мышьяковые бронзы** (Cu+Sn+As) представлены в выборке вдвое меньшим числом находок (23, или 3,2%). Это зеркала-бляхи, кельты, котлы, наконечники стрел и сердечники литейных форм для их отливки, сырье. Нижний порог концентрации мышьяка в сплаве равен 0,4–0,5%. У ряда предметов отмечено повышенное содержание сурьмы (в десятых долях процента). **Мышьяковая медь или бронза** (иногда также с повышенной концентрацией сурьмы) зафиксирована в единичных случаях (10 экз., или 0,8%). Это, прежде всего, наконечники стрел и сырье. Прочие сплавы, например, **свинцово-мышьяковые бронзы** (Cu+Pb+As) — два фрагмента от котлов — являются в выборке фоновыми.

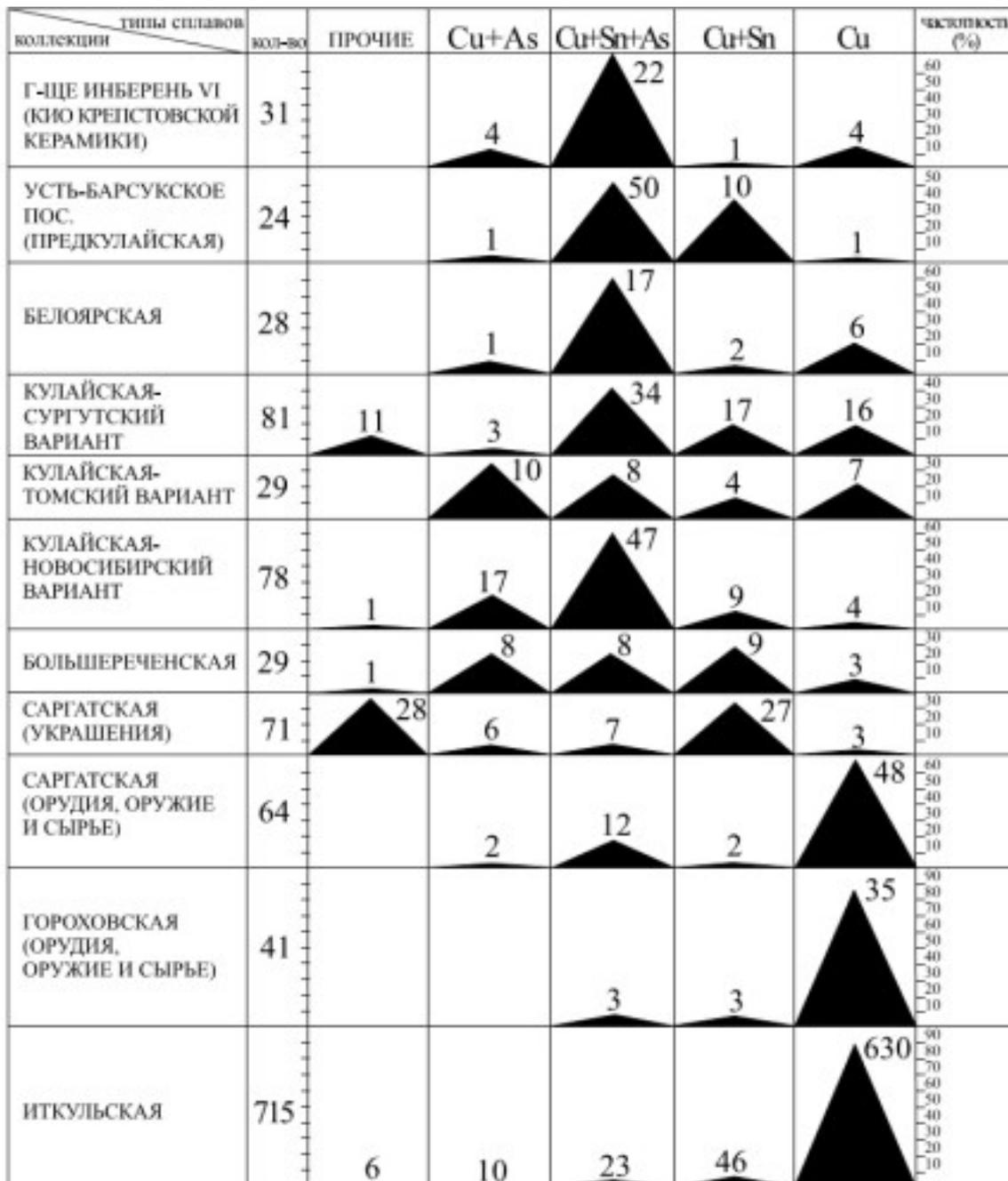


Рис. 5. Гистограммы распределения металлургических групп (сплавов) по культурам и памятникам раннего железного века Урала и Западной Сибири

При обращении к наиболее представительным иткульским аналитическим сериям (рис. 3) выясняется, что изделия городищ Красный Камень, Большегорского и клада на горе Азов (проанализирована только часть входящих в него предметов)

изготовлены исключительно из металлургически «чистой» меди. На Думной горе, Дальнем Багаряжском городище, поселении Палатки 1–2 при доминировании «чистой» меди выявлены единичные образцы оловянных бронз. На поселениях Толстик и Малый Вишневы, городищах Иткульском 1 и Иртышском к этому добавляются такие же единичные образцы оловянно-мышьяковых и иных бронз.

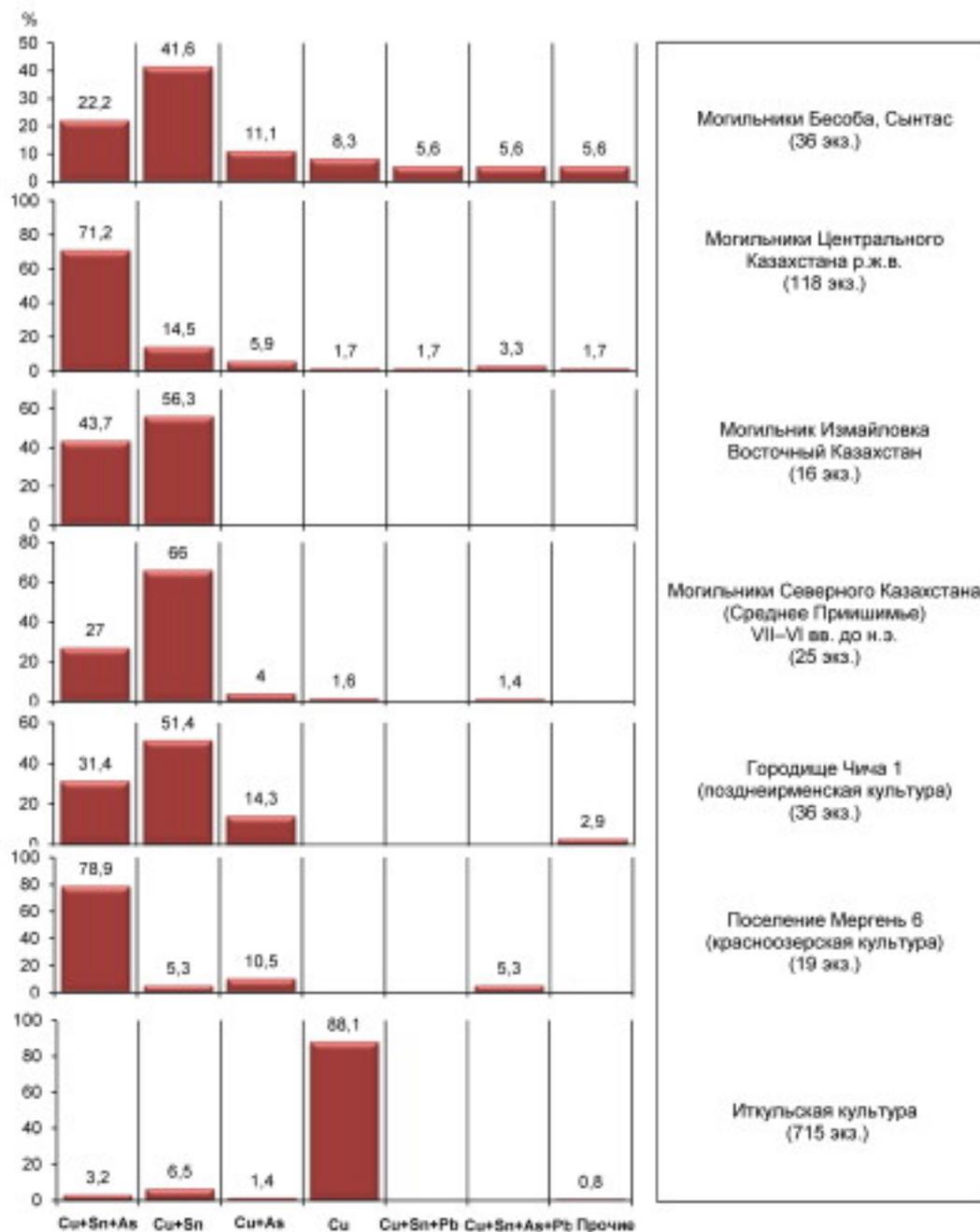


Рис. 6. Гистограммы распределения металлургических групп (сплавов) по культурам и памятникам раннего железного века Урала, Западной Сибири, Казахстана.

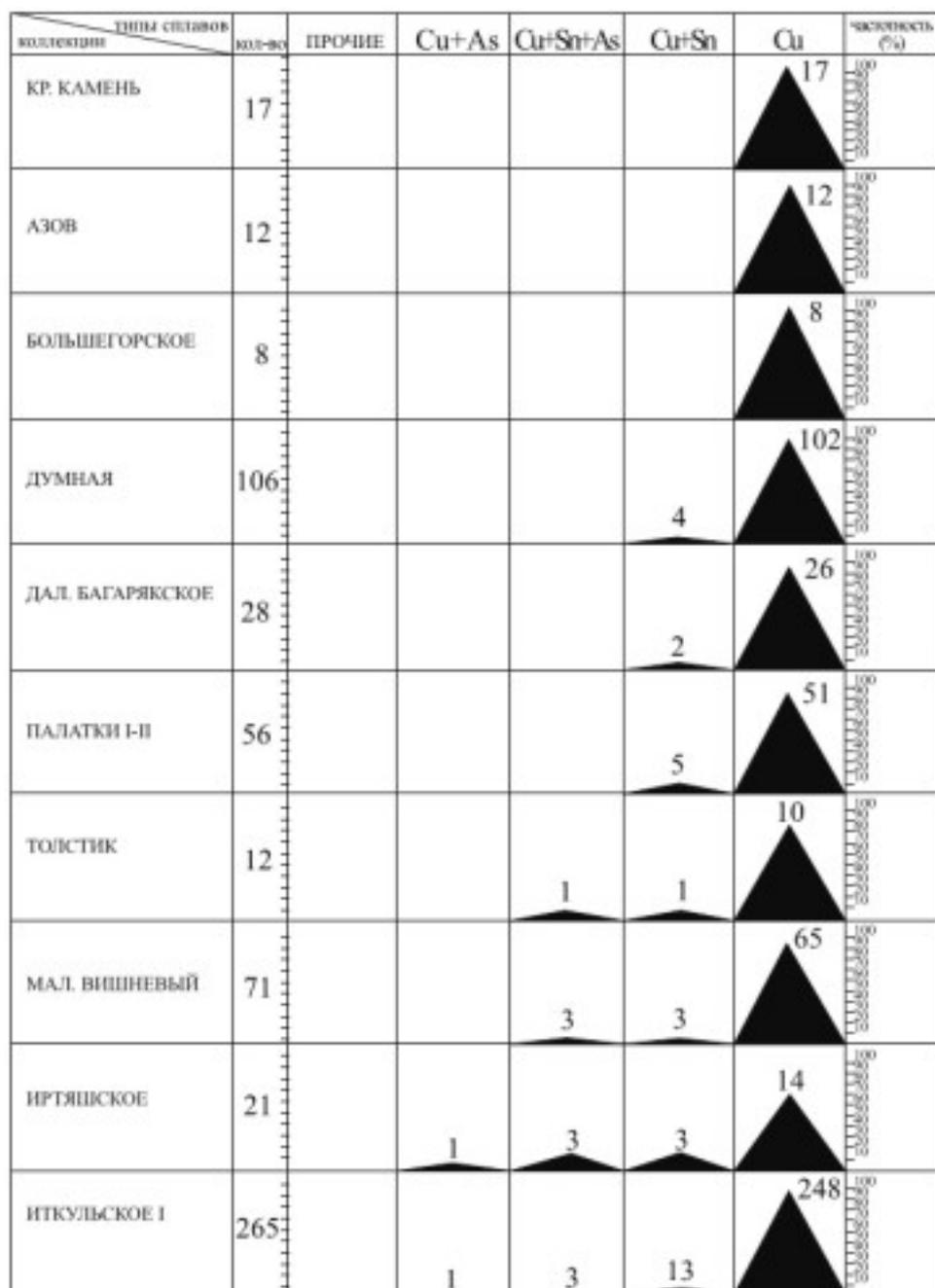


Рис. 7. Гистограммы распределения металлургических групп (сплавов) по памятникам иткульской культуры.

### Металл в культурах Уральского региона

Вместе с тем, металл, происходящий из памятников восточного (притобольского) варианта иткульской культуры, по составу кардинально отличается от аналитической выборки серий уральских производящих центров. Притобольская коллекция металла достаточно малочисленная и представлена в основном мелкими изделиями (слитки, сплески), а также ножом, наконечниками стрел, шилом, подвеской и заготовками (бруски, пластины). В восточном металле доминируют искусственные бронзы — оловянные (27,8%), оловянно-мышьяковые (27,8%), мышьяковые (27,8%). К группе металлургически «чистой» меди относятся всего 4 предмета — наконечник стрелы, подвеска, орноморфное изделие, слиток. По распределению рецептов сплавов притобольский металл более сходен с цветным металлом красноозерской, позднерменской, предкулайской и кулайской культур (рис. 6). Можно предполагать, что искусственные и естественные сплавы поступали в металлообрабатывающие центры этих культур и притобольского варианта иткульской культуры из горно-металлургических центров Рудного Алтая и Центрального Казахстана, с которыми их связывали транспортные артерии – речные системы Иртыша и Оби и сухопутные трансевразийские маршруты торговли и обмена оловом, бронзами и медью. Как выясняется, поставки уральского металла (слитки и готовые изделия) были здесь гораздо менее значимыми.

Главная специфика иткульской аналитической выборки – явное доминирование в ней металлургически «чистой» меди. Сравнивая распределение сплавов в металле сопредельных культур раннего железного века по обе стороны Урала (рис. 1), мы

видим, что наибольшее сходство с иткульским проявляет металл прохоровской и частично савроматской археологических культур (Барцева, 1987а; 1987б, с. 73; 1993), кара-абызской (Кузьминых, 1983, с. 51), гороховской и саргатской (Кузьминых, 2009, рис. 5), а также таежных культур ананьинского мира (Кузьминых, 1983, табл. 1, 2). В этих культурах на производство орудий и оружия также в основном шла металлургически «чистая» медь. Но в отличие от иткульской в сопредельных культурах при изготовлении украшений, культовых и иных категорий предметов предпочтение отдавалось оловянным и оловянно-мышьяковым бронзам, а также латуни. При этом надо иметь в виду, что значительная часть украшений, культовых предметов и туалетных принадлежностей в савроматской, прохоровской, кара-абызской, гороховской и саргатской археологических культурах являются импортами из приаральских (Джеты-Асар), южноказахстанских и среднеазиатских мастерских того времени; они попадали к «северным» народам благодаря международной торговле (Китай, Индия, Иран, Ближний Восток, античные и эллинистические центры). В целом же металл уральского (иткульского) происхождения — как сама продукция (наконечники стрел, ножи, котлы и др.), так и сырье — являлись базовыми для металлообработки лесостепных и степных культур Западной Сибири (от Урала до Ишима) и Приуралья (Кузьминых, 1993; 2009, с. 209, 210). Часть иткульской меди, несомненно, поступала и в Прикамье, в производственные центры таежных культур ананьинского мира (Кузьминых, 1993, рис. 38).

Восточнее Ишима, в Обь-Иртышском междуречье, еще с позднебронзовой эпохи сложилась ориентация на иные рудные источники. На Западно-Сибирскую равнину медь, оловянные и оловянно-мышьяковые бронзы поступали из Рудного Алтая и Центрального Казахстана. Эти сплавы доминируют как в начале эпохи раннего железа – в позднеирменских, красноозерских и предкулайских мастерских (Чича-1, Инберень VI, Усть-Барсуковское и др.), так и в последующие периоды той эпохи, причем как в таежных культурах – гамаюнской, белоярской, калинкинской, кулайской, так и в лесостепных – богочановской, большереченской (на ближнеелбанском этапе). На востоке региона, в памятниках томского варианта кулайской общности, в отличие от сургутского и новосибирского вариантов, основу коллекций составляют изделия из саянской мышьяковой и «чистой» меди (Кузьминых, 2009, с. 209, рис. 5; 2015, с. 127, 128) (рис. 1).

Образцы иткульской низкомышьяковой или сурьяно-мышьяковой меди следует отождествлять, вероятнее всего, с группой естественных комплексных сплавов меди с мышьяком и сурьмой. Нет данных о том, что рудные источники этой меди разрабатывались на Урале в эпоху раннего железа. Столь же сложным является вопрос о месторождениях или россыпях здесь касситерита. Если бы иткульские горняки имели к ним доступ, мы имели бы, вероятнее всего, иную картину соотношения сплавов во всех без исключения производственных центрах этой культуры. Недостаток лигатур иткульские литейщики восполнили практическим знанием технологии литья и обработки «чистой» меди. Можно предположить, что рудные источники низкомышьяковой или сурьяно-мышьяковой меди, а также олова, которым легировано менее 10% изделий из цветного металла иткульской культуры, как и в эпоху бронзы, разрабатывались в Казахстанской и Саяно-Алтайской горно-металлургических областях. Вряд ли этот металл попадал на Урал в ходе отлаженных обменных торговых операций; скорее всего — случайно, при переплавке лома орудий и оружия бронзового века.

### **Аналитические методы о технологии иткульских кузнецов и литейщиков**

Технологии изготовления медных и бронзовых изделий иткульской культуры изучена с помощью металлографического анализа (43 образца). Этот анализ позволяет исследовать внутреннюю структуру изделий из металла, которая различается в литом, деформированном, отожженном состоянии в зависимости от степени обжата металла, видов термообработки. Из отобранных срезов орудий, украшений изготавливают шлифы, которые полируют, травят реактивами, а затем просматривают на металлографических микроскопах при увеличении от х50 до х2000. Под действием реактивов на шлифе достаточно четко визуализируется внутренняя структура металла, становятся различимыми границы слагающих кристаллов, дендритов, включений. Как правило, эти микроизображения в рамках культуры или локальной группы стабильно повторяемые, поскольку отражают устойчивую используемую рецептуру сплавов в сочетании с серийной технологией изготовления предметов.

Микроструктурный анализ проведен на микроскопе исследовательского класса Axio Observer D1m (Zeiss) с фотофиксацией цветных структур с высокой разрешающей плотностью при большом увеличении посредством передачи изображений цифровой камерой Axio Cam на компьютер. Использование программного обеспечения Axio Vision Multiphase позволило анализировать частицы для двух–четырёхфазных материалов с определением процентного содержания их в металле и тем самым уточнять количественные характеристики химического состава меди и бронз. С помощью программы Axio Vision Grains уточнены размеры кристаллов в соответствии с международными стандартами ISO 643, что необходимо для оценки параметров температурных режимов обработки металла. Микротвердость металла измерена на микротвердомере ПМТ-3М.

В выборке иткульской культуры представлены слитки, литники, сердечник литейной формы для отливки наконечников стрел, кельт, втульчатое долото, ножи, шило, наконечники стрел, пряслице (рис. 8). Проведенное микроскопическое исследование выявило своеобразные и уникальные для эпохи раннего железа технологии изготовления инвентаря. На основе статистической обработки данных металлографического и спектрального анализов установлено использование литейщиками иткульской культуры чистой окисленной меди, маркированной микроструктурным методом включениями эвтектики

Cu–Cu<sub>2</sub>O, которая фиксируется залегающими в виде оторочки по границам зерен или сетчатым участкам (93% образцов). Изделия получали только литейными технологиями, в редких случаях отмечена кузнечная доработка. Эта модель производства характерна для металлообработки аборигенных энеолитических культур Волго-Камья и Урала (волосовская, гаринская, липчинская и др.), раннебронзовой Приуралья (ямная), позднебронзовой Зауралья (петровская); позднее, в конце бронзового и раннем железном веках, она нигде не использовалась (Дегтярева, 2010, с. 44–59; Виноградов и др., 2013; Кузьминых и др., 2013).

Орудия труда отлиты в двусторонних литейных формах со вставными вкладышами или же в односторонних формах с плоскими крышками. За исключением ножа, отлитого из сульфидной меди, остальные изделия получены из окисленной меди. Вес кельта составлял 97 г, долота — 76 г, ножей 21–37 г, шила — 10 г. В основном мастера тщательно контролировали процесс раскисления меди, используя предохраняющие графитовые засыпки. Однако при литье кельта, долота, одного ножа этот процесс не был удачно завершён — изделия были чрезмерно насыщены кислородом до 0,25–0,39%, в связи с этим металл стал хрупким и достаточно вязким с понижением жидкотекучести. В этих условиях кельт и долото отлиты с существенными литейными изъянами — у обоих недолита верхняя часть втулки. В структуре кельта обнаружены извилистые горячие литейные трещины, на поверхности — большие усадочные раковины и каверны. Из 10 проанализированных орудий лишь половина была подвергнута косметической кузнечной доработке с целью заострения лезвийной части (долото, три ножа и шило) при незначительной степени обжатия в режиме неполной горячейковки 250–400 °С.

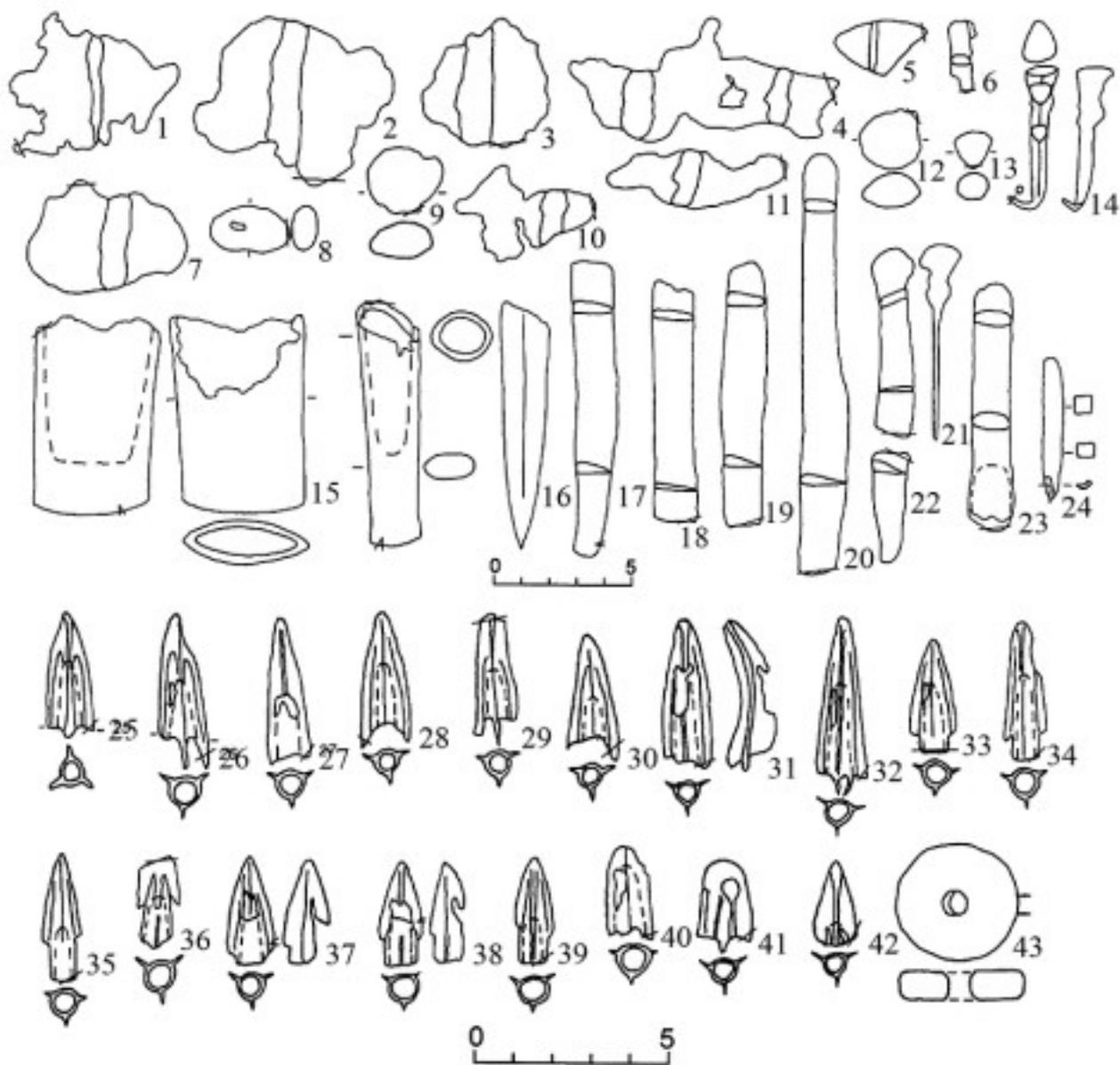


Рис. 8. Металлические изделия иткульской культуры, подвергнутые металлографическому анализу (секущими линиями показаны срезы на шлифы). 1–12 — слитки; 13 — литник; 14 — сердечник литейной формы для отливки наконечников стрел; 15 — кельт; 16 — втульчатое долото; 17–22 — ножи; 23 — рукоять от биметаллического ножа; 24 — шило; 25–42 — наконечники стрел; 43 — пряслице.

Унификация изготовления характерна и для серии наконечников стрел со скрытой и выступающей втулкой — литье в трехстворчатых литейных формах со вставным вкладышем из чистой окисленной меди без последующей доработки. Наконечники незначительны по размерам (2–4 см) и весу (2–6 г). Литье осуществлялось в холодные непрогретые формы, в том числе каменные и медные, следствием чего явилась измельченность литых полиэдров, в ряде случаев отмечено наличие зон столбчатых кристаллов, характерных для очень быстрой кристаллизации. При этом использовали также и медные вкладыши для формовки втулок. Жидкий расплав предохраняли от избыточного окисления — содержание кислорода не превышало 0,05–0,08%, лишь у трех экземпляров оно было избыточным. Однако очень часто получали отливки с литейными изъянами — недолив верхней части втулки, жальцев, сквозные отверстия в верхней части втулки из-за нарушения центровки вставных вкладышей. Ранняя выбивка отливок из литейных форм приводила и к искажению конфигураций изделий относительно вертикальной оси. Пряслице отлито из окисленной меди в односторонней литейной форме с плоской крышкой со вставным или выступающим на матрице или крышке шпеньком для формовки отверстия, доработке не подвергалась (диаметр 27 мм, вес 22 г).

С целью сопоставления особенностей металлопроизводства уральского ядра иткульской культуры и ее восточного варианта металлографически проанализировано 18 изделий. В их числе восемь небольших слитков и сплесков, отлитых из оловянной (Sn 2,7%), низколегированной мышьяковой бронзы (As 0,24–0,38%), тройных сплавов с лигатурой Sn–As (Sn 0,43–7,9%; As 0,65–1,79%). Лишь один слиток относится к группе чистой окисленной меди.

Изучение небольшой коллекции металла восточного варианта показало, что только четыре изделия — слиток, наконечник стрелы, два украшения — могут быть связаны с уральскими производственными центрами. Остальные изделия, скорее всего, изготовлены из металла, полученного при посредничестве мастерских красноозерской культуры на Иртыше.

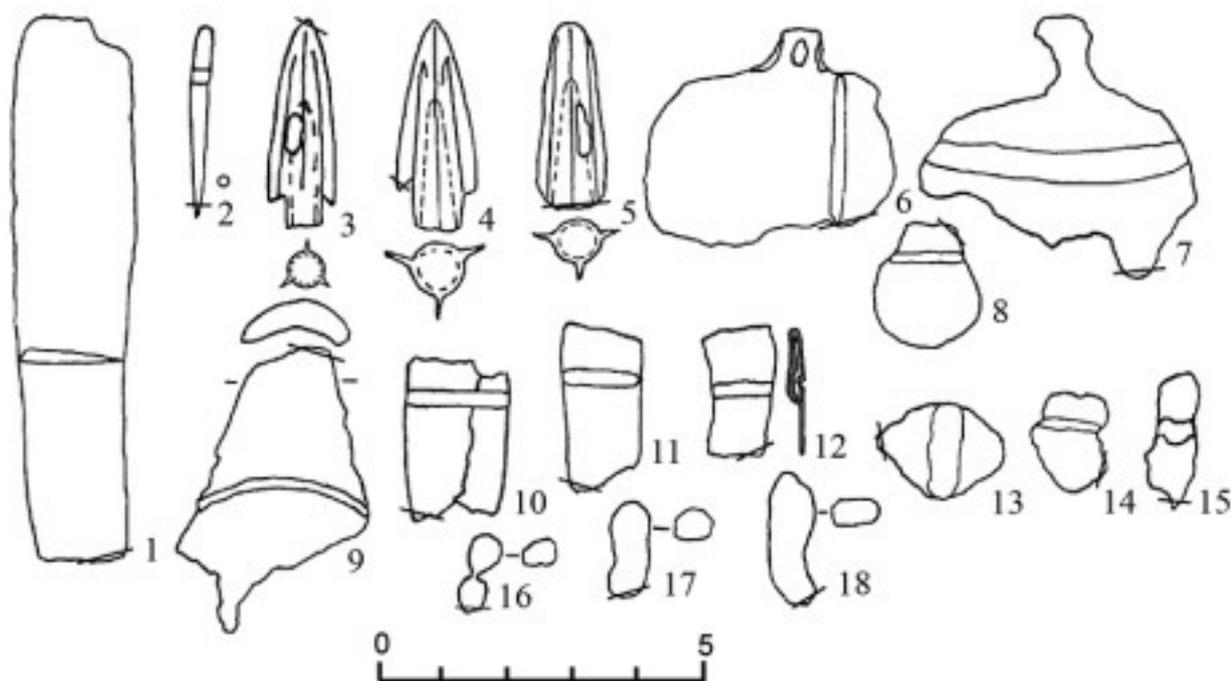


Рис. 9. Металлические изделия восточного (притобольского) варианта иткульской культуры, подвергнутые металлографическому анализу (секущими линиями показаны срезы на шлифы) 1 — нож; 2 — шило; 3–5 — наконечники стрел; 6 — подвеска; 7 — орнитоморфное изделие; 8, 9, 13–18 — слитки, сплески; 10–12 — полосовые заготовки, пластина.

Микроскопическое исследование образцов чистой окисленной меди обнаружило в большинстве случаев наличие включений ярко-синего цвета, иногда многочисленных и крупных по размерам, что является достаточно неожиданным фактом на фоне использования окисленной меди, которая почти никогда не содержит в микроструктурах посторонних включений, помимо эвтектики Cu–Cu<sub>2</sub>O. Для уточнения состава и характера этих микровключений один из шлифов в травленном виде был исследован методом микрорентгеноспектрального анализа на микронзондовом анализаторе Camebax SX50. Суть метода заключается в возбуждении атомов анализируемого вещества тончайшим электронным пучком (зондом) высокой энергии с одновременной регистрацией возбуждаемого рентгеновского излучения атомов, входящих в состав этого вещества. Для этого

образца было произведено несколько анализов под увеличением  $\times 400$  в центре литых полиэдров ( $\alpha$ -фаза), свободных от примесей и в центре включений синего цвета (рис. 10; табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Результаты микрорентгеноспектрального анализа на анализаторе Camebax SX50 (W%)\*

№	Фаза	№ анализ	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co	Au	S
1.	$\alpha$ -фаза	1492-56100,0370,0135 4	0	0	0	0	0	0,0587	0	0	0,0107	0	0	0	0,025
2.	$\alpha$ -фаза	1492-5799,895	0,0044	0	0	0,005	0	0	0	0	0,0133	0	0	0	0,013
3.	$\alpha$ -фаза	1492-58101,2730,0441 5	0	0	0	0,061	0,0748	0,0013	0,0429	0	0,0101	0	0	0	0,017
4.	включе ние	1492-5978,16220	0	0	0	0,047	0	0,0538	0,0469	0,4048	0,3894	0,024	0	0	11,68
5.	включе ние	1492-6076,883	0,0324	0	0	0	0	0,1319	0,0013	0,2549	0,288	0	0	0,0424	16,89
6.	включе ние	1492-6177,46640,0031	0	0	0	0,002	0	0,1274	0	0,2442	0,1942	0	0,022	0	17,61

\*Анализ произведен на кафедре минералогии МГУ им. М.В. Ломоносова кандидатом геолого-минералогических наук И.А. Брызгаловым, которому выражаем свою искреннюю признательность за возможность использования результатов анализа.

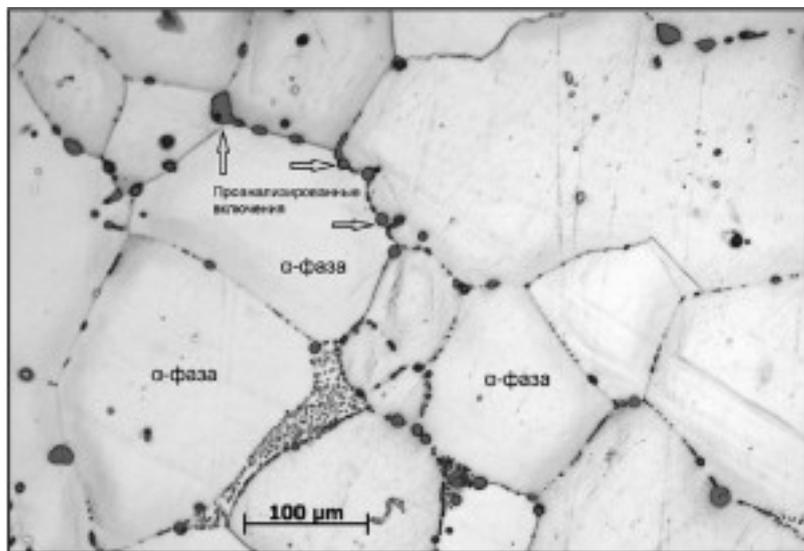


Рис. 10. Фотография микроструктуры слитка, проанализированном на анализаторе Camebax SX50 (увел.  $\times 300$ )

Результаты анализов свидетельствуют о значительной чистоте меди  $\alpha$ -фазы, в то время как включения содержат значительные концентрации серы (11,6–17,6%), а также мышьяка (0,2–0,4%) и железа (0,1–0,3%). На образцах, содержащих подобные сульфидные соединения системы Cu-As-Fe-S, количество включений эвтектики Cu-Cu<sub>2</sub>O и, соответственно, кислорода минимально. В связи с этим допускается вероятность преднамеренного внесения в шихту наряду с окисленными минералами и кусков сульфидной руды в качестве раскислителей, вероятнее всего арсенопирита (FeAsS), халькопирита (CuFeS<sub>13</sub>).

В современной металлургии прибегают к предварительной сульфидизации окисленных медных минералов, поскольку они относятся к категории труднообогатимых или упорных руд (Комбинированные методы ..., 1970, с. 7). Этот способ переработки окисленных медных руд включает сульфидизацию шихты, составленной из окисленной медной руды, серосодержащего материала (сульфидизатора) и кокса. Полученный агломерат подвергают дроблению, измельчению и последующему флотационному обогащению с выделением медного концентрата. Сульфогломерацию проводят в течение 15–35 минут при температуре 1200–1400 °С.

Подобный процесс сульфидной медной плавки описала Н.В. Рындина с соавторами из энеолитических памятников Гумельница и Варна на территории Болгарии (Ryndina et al, 1999, pp. 1059–1068). Выводы авторов были подтверждены результатами МРСА на приборе Самеса, который показал, что металл группы изделий был обогащен сульфидами меди и железа. Кроме того, были исследованы стенки тиглей, на которых обнаружены остатки как халькозина в смеси с малахитом и купритом, так и сульфидов цинка, свинца. В составе шлака обнаружен фаялит, магнетит, гематит. Это дало возможность исследователям предположить, что уже в эпоху энеолита на Балканах применялась выплавка меди из смешанных окисленных и сульфидных руд, в процессе которой в результате горения сульфидов удаляется сера, при взаимодействии оксидов меди с углеродом и сульфидами меди происходит восстановление меди.

Сульфидные включения в чистой окисленной меди обнаружены также на микроструктурах слитков пос. Кулевчи 3 петровской культуры, что свидетельствует в пользу совместной плавки окисленных и сульфидных руд в начале эпохи поздней бронзы Южного Зауралья (Дегтярева, Кузьминых, Орловская, 2001, с. 49–52).

Причина наблюдаемой парадоксальной ситуации — использования не легированных бронз, а окисленной меди в эпоху раннего железного века — кроется в наличии богатейших залежей малахита Гумешевского рудника, находящегося в эпицентре гнезда иткульских производственных поселков, в 60 км юго-западнее Екатеринбурга и в 1 км к северу от г. Полевского у истоков р. Чусовой (Тихонов, 1960, с. 14; Черных, 1970, с. 39; Яговкин, 1931, с. 12; Грабежев, 2004, с. 176–190). Геологическое строение месторождения определяется развитием зоны окисления первичных руд вдоль контакта мрамора с диоритом. Малахитовые корки обильно покрывали карстовые впадины и трещины вблизи мраморной поверхности (Вертушков, 1975). Местами впадины имели вид малахитовых погребов. Гумешевский рудник приобрел всемирную известность как основной поставщик изумительного по красоте и рисунку зеленого поделочного малахита; им были отделаны залы Зимнего и Версальского дворцов. В 1770 г. на руднике была добыта малахитовая глыба массой более 2,7 т.

Спектральный анализ кусков малахита, капель и слитков меди, собранных Е.Н. Черных на руднике и плавильнях на городище Думной Горы, показал присутствие железа в довольно высоких концентрациях 1–10%, в двух слитках меди отмечено наличие железа в концентрации 0,7 и 5% (Черных, 1970, с. 39–45, 171, рис. 33, табл. XIV). Повышенное содержание мышьяка до 0,1% отмечено в слитках и каплях из плавлен Думной Горы (Там же, с. 46, рис. 44). В исследованных иткульских шлаках М.Н. Анкушевым обнаружен магнетит с содержанием от 1 до 20% (Анкушев, Бельтикова, 2015, с. 108). Результаты спектрального анализа иткульских образцов также показали достаточно высокие (до 1,6%) примеси железа в меди, а данные МРСА — наличие сульфидов (табл. 1). На Гумешевских месторождениях помимо малахита находятся залежи медистых магнетитов, обогащенных пиритом и халькопиритом, рядом, на Дегтярском руднике, известны месторождения арсенипирита. Судя по аналитическим данным, для облегчения переработки окисленной руды, раскисления меди использовалась совместная плавка окисленных и сульфидных руд (Дьюс, 1932, с. 61, 62; Курдюмов и др., 1970, с. 107). При плавке руды полная ошлаковка посторонних примесей (твердые растворы системы  $Cu_2S$  —  $FeAsS$ ) не происходила, что и было обнаружено при металлографическом и микрорентгеновском исследовании. Добавки сульфидов повышали жидкотекучесть меди, устраняли негативное влияние закиси меди наряду с повышением твердости металла. Так, микротвердость литой меди на исследованных образцах достигает  $95 \text{ кг/мм}^2$ , в то время как обычно твердость чистой меди не превышает  $68 \text{ кг/мм}^2$ .

Используя столь архаичную и достаточно трудоемкую технологию, сопряженную с достижением более высоких температур при плавке по сравнению с легированными бронзами, иткульские металлурги с целью раскисления меди модернизировали технологию добавлением сульфидов в медный расплав. Сосредоточение громадной сырьевой базы окисленных медных минералов на Гумешевском и других медных рудниках, находящихся в ареале иткульского металлургического очага, и использование сульфидов в качестве раскислителей меди, по всей видимости, исключили острую необходимость обменных операций по доставке олова и искусственных бронз, хотя последние, как выявлено в ходе спектроаналитических исследований, уральскими литейщиками использовались, но в крайне ограниченных масштабах.

#### **Архивные материалы:**

Барцева Т.Б. Цветной металл кочевников Южного Приуралья савромато-сарматской поры: Рукопись. М.: ИА АН СССР, 1987а. 95 с. (Архив лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН).

#### **Литература:**

Алексащенко Н.А., Борзунов В.А., Корякова Л.Н., Кузьминых С.В. Светлой памяти Галины Викторовны Бельтиковой (27.10.1945, г. Первоуральск Свердловской обл. — 10.02.2015, г. Екатеринбург) // Ханты-Мансийский автономный округ в зеркале прошлого. Вып. 13. Томск — Ханты-Мансийск: Изд-во Томского ун-та, 2015. С. 334–353.

Анкушев М.Н., Бельтикова Г.В. Древние металлургические шлаки поселения Иткульское 1 (Средний Урал) // Геоархеология и археологическая минералогия 2015. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 2015. С. 108–110.

*Барцева Т.Б.* Цветной металл из Среднего Приишимья (по материалам Северо-Казахстанской экспедиции // Ранний железный век и средневековые Урало-Иртышского междуречья. Челябинск: Башкирский ун-т, 1987б. С. 65–83.

*Барцева Т.Б.* Сарматский металл с территории Нижнего Дона (по материалам Донской экспедиции 1975–1978 гг.) // Вестник Шелкового пути: археологические источники. Вып. 1. М., 1993. С. 90–123.

*Бельтикова Г.В.* Развитие иткульского очага металлургии // Вопросы археологии Урала. Екатеринбург: УрГУ, 1993. С. 93–106.

*Бельтикова Г.В.* Зауральский (иткульский) очаг металлургии (VII–III вв. до н.э.): Автореф. дисс. ... канд. ист. наук. М.: ИА РАН, 1997. 23 с.

*Бельтикова Г.В.* Зауральский (иткульский) очаг медной металлургии // Уральская историческая энциклопедия. Екатеринбург: УрО РАН; Изд-во «Екатеринбург», 1998. С. 207–208.

*Берс Е.М.* Археологические памятники Свердловска и его окрестностей. Свердловск: Свердлов. кн. изд-во, 1954. 81 с.

*Борзунов В.А.* Гамаюнские иткульские и «гамаюнско-иткульские» древности: история изучения и проблема интерпретации // Проблемы сохранения и использования культурного наследия: история, методы и проблемы археологических исследований: Материалы VII научно-практической конференции «Сохранение и изучение недвижимого культурного наследия Ханты-Мансийского автономного округа — Югры», посвященной 90-летию со дня рождения В.Ф. Генинга (Нефтеюганск, 14–16 мая 2014 г.). Екатеринбург: Магеллан, 2014. С. 212–245.

*Грабежев А.И.* Скарны Гумешевского скарново-медно-порфирового месторождения (Средний Урал) // Петрология. 2004. № 2. С. 176–190.

*Вертушков Г.Н.* Гумешевское месторождение малахита на Урале // Минералогия и петрография Урала. Свердловск: Свердловский горный ин-т, 1975. С. 3–26.

*Виноградов Н.Б., Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В.* Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1 // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2013. № 3 (22). С. 4–30. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ipdn.ru/rics/va/private/a22/4-30.pdf>.

*Дегтярева А.Д.* Древнее металлопроизводство Южного Зауралья. Новосибирск: Наука, 2010. 162 с.

*Дегтярева А. Д., Кузьминых С.В., Орловская Л.Б.* Металлопроизводство петровских племен (по материалам поселения Кулевчи 3) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2001. № 3. С. 23–54.

*Дьюс Г.К.* Металлургия бронзы. М.; Л.: Цветметиздат, 1932. 98 с.

*Зимина О.Ю., Зах В.А.* Нижнее Приоболье на рубеже бронзового и железного веков. Новосибирск: Наука, 2009. 232 с.

*Комбинированные методы* переработки окисленных и смешанных медных руд (Теория и практика) / Под ред. С. И. Митрофанова. Москва: Недра, 1970. 286 с.

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

*Кузьминых С.В.* Евразийская металлургическая провинция и цветная металлообработка раннего железного века: проблема соотношения // Археологические культуры и культурно-исторические общности Большого Урала. Екатеринбург: ИИА УрО РАН, УрГУ, 1993. С. 119–122.

*Кузьминых С.В.* О металле городища Чича-1 // Чича — городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи. Т. 3. Новосибирск: Изд-во ИАЭ СО РАН, 2009. С. 202–212.

*Кузьминых С.В.* Металлообработка Урала и Западной Сибири в эпоху раннего железа (лесостепь и тайга): основные этапы развития // Интеграция археологических и этнографических исследований. Барнаул: Изд. дом «Наука», 2015. С. 127–128.

*Кузьминых С.В., Дегтярева А.Д., Денисов В.П.* Металлообработка гаринской культуры Верхнего и Среднего Прикамья (по данным аналитического исследования) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2013. № 4 (23). С. 13–22. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ipdn.ru/rics/va/private/a23/13-21.pdf>.

*Курдюмов А.В., Михайлов А.М., Бауман Б.В., Козлов Л.Я.* Лабораторные работы по технологии литейного производства. М.:

Машиностроение, 1970. 200 с.

*Сальников К.В.* Иткульская культура: (К вопросу о «Зауральском ананьине») // Краеведческие записки. Вып. 1. Челябинск: Челябинск. кн. изд-во, 1961. С. 21–46.

*Стоянов В.Е.* Классификация и периодизация западносибирских лесостепных памятников раннего железного века // Проблемы хронологии и культурной принадлежности археологических памятников Западной Сибири. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1970. С. 238–253.

*Тихонов Б.Г.* Металлические изделия эпохи бронзы на Среднем Урале и в Приуралье // МИА. 1960. № 90. С. 5–115.

*Черных Е.Н.* История древнейшей металлургии Восточной Европы. М.: Наука, 1966. 144 с. (МИА; № 132)

*Черных Е.Н.* Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. М.: Наука, 1970. 180 с. (МИА; № 172)

*Яговкин И.С.* Цветные металлы Азиатской части СССР. М.: Сов. Азия, 1931. 66 с.

*Ryndina N., Indenbaum G., Kolosova V.* Copper Production from Polimetallic sulphide Ores in the Northeastern Balkan Eneolithic Culture // Journal of Archaeological Science, 1999, no 26, pp. 1059–1068.

[\[1\]](#) См. о Г.В. Бельтиковой: (Алексащенко и др., 2015, с. 350–353).