

## **МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МУЛЬТИЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ АРТЕФАКТОВ ДРЕВНЕГО БРОНЗОЛИТЕЙНОГО ЦЕНТРА И ШАМАНСКОЙ АТРИБУТИКИ ТАЙМЫРА**

Научно-поисковая экспедиция «Сибирская Прародина – Таймыр-2009» (руководитель Е.Г. Вертман) провела отбор и изучение археологических экспонатов бронзового века Сибирского Заполярья в фондах краеведческих музеев Приенисейского региона, а также собрала коллекцию медных руд.

Методом масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) определены содержания 63 элементов в диапазоне от 100 до  $10^{-7}\%$  масс. в бронзах, самородной меди и рудах, железных артефактах и материалах льячек древнего Таймырского горно-металлургического комплекса из коллекции Л.П. Хлобыстина в Таймырском краеведческом музее г. Дудинки. Показано, что древние металлурги использовали чистую самородную медь без присадок других элементов.

Также методом ИСП-МС изучены предметы шаманской атрибутики из Этнографического музея О.Р. Крашевского на озере Лама, плато Путорана. Химический состав бронзовых медальонов с изображением китовраса и подвесок из музеев Дудинки, Норильска, оз. Лама, Красноярска значительно отличается от химического состава самородной меди. Этот факт свидетельствует о том, что они не связаны с эпохой ранней бронзы Заполярья, а имеют более позднее происхождение (XVI–XII вв.).

*Ключевые слова:* масс-спектрометрический анализ (ИСП-МС), медь, бронза, железо, бронзовый век, шаманская атрибутика, китоврас, Таймыр.

**DOI:** 10.14258/tpai(2015)1(11).-07

Открытие и изучение самого северного древнего бронзолитейного центра Таймырского Заполярья выдающимся представителем русской арктической археологии Леонидом Павловичем Хлобыстиным имеет огромное значение для понимания феномена бронзового века в истории человечества [Хлобыстин, 1998] (рис. 1, 2). Полевые исследования, осуществленные им в период 1966–1981 гг., позволили собрать прекрасную коллекцию артефактов, изучение которых мы продолжили.

Одной из задач научно-поисковой экспедиции «Сибирская Прародина – Таймыр-2009» (руководитель Е.Г. Вертман) являлись отбор и изучение археологических экспонатов бронзового века Сибирского Заполярья в фондах краеведческих музеев приенисейского региона [Вертман, Лавбин, Тощев, 2009, с. 18], а также сбор коллекции медных руд.

Норильский горнорудный район Таймыра известен богатыми месторождениями меди, полиметаллов, а также необходимых для цветной металлургии известняковых флюсов и даже каменного угля. На левобережье реки Арылах самородная медь обнаружена геологами НКГРЭ Е.И. Волковым, В.Ф. Ржевским, А.Г. Лапшиным в 1967 г., а в 1973–1974 гг. были проведены поисково-оценочные работы под руководством О.А. Дюжикова, которые позволили открыть Арылахское месторождение меди. Позднее там же найдено еще несколько меднорудных проявлений, например Неракачи-Уохирское. Главным рудным минералом является самородная медь. Наибольшая концентрация металла приурочена к карбонатным брекчевидным породам и достигает 4–5%. Причем, как показали современные геологические исследования, эти карбонатные породы идеально подходили в качестве флюса, необходимого для качественной плавки металла [Урванцев, 1981; Савушкин, 2004, с. 51].

Там же, на северной окраине плато Путорана, многочисленные реки прорезают гигантские каньоны глубиной до 1,5 км, вынося и откладывая в низовье миллионы тонн дробленой породы. Этот естественный процесс приводит к освобождению от породы и переотложению самородков. Вес самородков составляет от нескольких граммов до десятков килограммов. Для древних горняков добыча меди заключалась в поиске и сборе таких самородков (рис. 3). Кроме того, они могли использовать и медные руды, также выбирая их куски в речных отложениях.

Таким образом, древние заполярные металлурги были обеспечены высококачественным сырьем – самородной медью и параллельно карбонатным флюсом. Для плавки металла требовалось высококалорийное топливо. Его металлурги получали в виде древесного угля, который готовили из берез, произраставших на севере Таймыра в до-



Рис. 1, 2 (фото). Бронзолитейная мастерская (гора шлака)  
в заполярной тундре на правом берегу р. Пясины, Таймыр, 2009 г.

статочного тепла для того времени климате. Река давала неограниченное количество воды и глинистые отложения для изготовления литейных форм и льячек (рис. 4).

Подтверждением таких предпосылок развития древней цветной металлургии на севере Таймыра служат открытые Л.П. Хлобыстиным на берегах р. Пясины вблизи от Арылахского месторождения древние стоянки с бронзолитейным производством.

Для изучения химического состава всех компонентов бронзолитейного производства мы использовали нетрадиционный для археологов, но современный, сравнительно дешевый мультиэлементный высокоточный метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС).

В настоящее время благодаря созданию новых компьютеризированных масс-спектрометров с мощным программным обеспечением метод ИСП-МС стал широко использоваться для количественного мультиэлементного анализа металлов, горных пород, руд и минералов, растительных и биологических объектов, различных вод, других природных и техногенных объектов. Универсальность метода делает его особенно удобным для решения задач археологии [Вертман, Федюнина, Тенякшева, 2009, с. 48]. Основными преимуществами метода являются высокая чувствительность, широкий диапазон определяемых содержаний ( $100 - 1 \times 10^{-6}$  масс. %) для большинства из 63 элементов: Li, Be, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Nb, Mo, Ru, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U.

Точность анализа ИСП-МС соответствует 5% при высокой правильности, обеспечиваемой контрольными измерениями государственных стандартных образцов состава (ГСО) и аттестованными методиками анализа.

Метод позволяет работать с малым количеством вещества (до  $10^{-3}$  г), что обуславливает его применение в криминалистике и археологии. Решается и проблема оценки средних содержаний элементов в больших пробах путем их гомогенизации.

Следует отметить, что получить достоверный и качественный во всех отношениях результат анализа можно только в лаборатории или центре, аккредитованных на техническую компетентность и независимость в соответствии с требованиями ГОСТ-Р ИСО/МЭК 17025/2005 и имеющих достаточный опыт работы на спектрометрах нового поколения. Кроме того, в настоящее время необходимо пользоваться аттестованными и внесенными в Госреестр методиками ИСП-МС, например, такими, как методика МВИ №001-ХМС-2007, ФР. 1.31, а также МВИ №002-ХМС-2009, ФР. 1.31.2010.06998 III категории точности, разработанные в аккредитованном ООО «Химико-аналитический центр



Рис. 3 (фото). Медный самородок (50 x 30 x 10 мм).  
Горы Хараелах. Таймыр



Рис. 4 (фото). Льячка из обожженной глины, реестровый №27, ПОР-I 139-1-72. Стоянка Усть-Половинка, р. Пясины. Таймырский краеведческий музей

«Плазма» (ООО «ХАЦ «Плазма») на масс-спектрометре ELAN DRC-E фирмы «Perkin-Elmer Instruments LLS» [Свидетельство аттестации, 2010].

Высокие метрологические параметры метода ИСП-МС, а также возможность одновременного определения макро- и микросодержаний элементов в одной и той же навеске одним и тем же методом позволяют производить количественное сравнение химического состава объектов и выявлять достоверные критерии их подобия или отличия, что важно для идентификации артефактов.

Выполненные нами методом ИСП-МС предварительные исследования состава бронзовых сплесков, шлаков, медных руд древних горно-металлургических комплексов Таймыра, Алтая, Томского региона показали возможность выявления новых критериев идентификации бронзовых и медных изделий по микроэлементному составу. Обычный спектральный метод анализа не позволяет этого сделать из-за более низких метрологических параметров [Вертман, Васильев, Грушин, 2010, с. 71].

Методом ИСП-МС нами проанализированы бронза, медь, железо, материал льячек, шлаки древних горно-металлургических центров Таймыра из коллекций Л.П. Хлобыстина Таймырского краеведческого музея г. Дудинки, а также изучена бронзовая атрибутика нганасанских шаманов и отдельные находки бронзовых изделий из коллекций Музея Норильского района, Этнографического музея О.Р. Крашевского на озере Лама (плато Путорана) и Красноярского краеведческого музея. Мы благодарим дирекцию и сотрудников вышеупомянутых музеев, которые любезно предоставили нам такую возможность.

Образцы медной руды и самородной меди Таймыра были предоставлены Норильским филиалом ВСЕГЕИ (Ф.Д. Лазарев, Г.В. Шнейдер), Талнахским музеем ООО «Норильскгеология» (В.В. Кургин), красноярским геологом В.В. Стеблевым.

В таблице 1 приведены результаты анализа медных руд и самородной меди Таймыра (% масс, далее – %). Здесь и далее следует обратить внимание на выделенные жирным шрифтом элементы и значения их содержаний, которые являются важными первоочередными параметрами для характеристики конкретной пробы.

Самородная медь Таймыра из разных месторождений имеет высокую чистоту (более 99,5% Cu) и различается по содержанию микроэлементов. Так, Арылахский самородок Стеб-1 содержит примеси Ni, Pd, Pt, Au, Pb, Bi на два порядка выше, чем медь в двух пробах рудопоявления Неракачи-Уохирское. Руды бассейна р. Таймыры отличаются повышенным на два-три порядка содержанием мышьяка (0,41%), и, видимо, металл, полученный из такой руды, будет близок к мышьяковистой бронзе. К сожа-

лению, север полуострова Таймыр (район р. Таймыры и оз. Таймыр) археологически не изучен, и мы не имеем соответствующих образцов древней бронзы, хотя наличие медных руд предполагает там наличие древних бронзолитейных мастерских.

Химический состав артефактов бронзового и раннего железного веков мы сравнили с поздними бронзами на примере медальонов с изображениями китоврасов, полканов и всадников. Всего исследованы 99 образцов на 63 элемента, что позволяет изучить не только макросостав (содержание элементов 100–0,1%), но и микросостав (содержание 0,1–0,000001%).

Для реконструкции истории металлургического процесса имеет значение знание не только подробного химсостава всех компонентов шихты, шлака, но и химсостава применяемых приспособлений и инструментов.

Таблица 1

Химический состав медных руд и самородной меди Таймыра.  
Анализ методом ИСП-МС, ООО «ХАЦ «Плазма», Томск, % масс.

Элемент	Медь самородная, самородок 50030 х 10 мм продырявл. Арылахское месторожд. Стеб-1	Медь самородная, 15 х 8 х 3 мм из известняка р. Неракачи, р/п Уохирь А-II 7-3	Медь самородная, пластинка из миндалины в базальтах р. Неракачи, р/п Уохирь	Руда, известняк розовато-сиреневый, брекчирован. с сам. медью р. Неракачи р/п Уохирь III-101-1	Руда, агатовидная миндалины, сам. медь в базальтах р. Микчанда, верховье р. Кумга III-295	Руда, медная фосфатная, кристаллы голубого цвета, Сев. Таймыр Стеб-2	Руда, блеклая в ордовикских отл. руч. Горбатый, приток 1-й Головы р. Таймыры III-113
Li	0,000054	0,000027	0,000028	0,0013	0,0011	0,00012	0,00036
Be	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000014	0,00010	<0,000001	0,000020
Na	0,012	<0,001	0,0016	0,029	0,71	0,011	0,020
Mg	0,0020	0,0012	0,0013				
Al	0,0055	0,014	0,0033	0,037	1,83	0,16	0,28
Si	0,083	0,24	0,20				
P	<0,001	<0,001	0,002	0,43	0,13	0,0010	0,0039
K	0,015	<0,001	<0,001	0,011	0,77	0,017	0,11
Ca	0,034	0,34	0,059				
Ti	0,0010	0,000080	0,00020	0,0056	0,42	0,011	0,0064
V	0,0022	0,00084	0,0016	0,026	0,017	0,0014	<0,0001
Cr	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,00058	0,0092	0,00041	0,00044
Mn	0,0000052	0,0014	0,000045	0,44	0,086	0,00043	0,00735
Fe	0,011	0,010	0,0010	4,45	6,65	0,039	0,73
Co	0,000068	0,0000070	0,0000067	0,0058	0,0028	0,00012	0,00021
Ni	0,42	0,0032	0,0011	0,0024	0,018	0,10	0,016
Cu	99,46	99,66	99,73	4,93	1,99	29,41	2,83
Zn	0,0002	0,0003	0,0005	0,0421	0,0072	0,0002	0,2038
Ga	0,000017	<0,000001	0,0000059	0,00015	0,0013	0,00011	0,00012
Ge	0,000018	<0,000001	0,000018	0,000031	0,00018	0,00016	0,00057
As	0,00094	<b>0,0037</b>	<0,0001	0,0084	0,0038	0,0076	<b>0,41</b>
Se	0,020	<0,0001	0,00051	0,00036	0,00076	0,059	0,0011
Rb	<0,000001	0,0000015	0,000011	0,000067	0,0043	0,000066	0,00025

Окончание таблицы 1

Элемент	Медь самородная, самородок 50030 х 10 мм про- дырavl. Арылахское месторожд. <b>Стеб-1</b>	Медь самородная, 15 х 8 х 3 мм из известняка р. Нера- качи, р/п Уохирь <b>А-П 7-3</b>	Медь самородная, пластинка из мин- далины в базальтах р. Нера- качи, р/п Уохирь	Руда, известняк розовато- сиреневый, брекчирован. с сам. медью р. Неракачи р/п Уохирь <b>Ш-101-1</b>	Руда, агатовидная миндалина, сам. медь в базальтах р. Микчанда, верховье р. Кумга <b>Ш-295</b>	Руда, медная фосфатная, кристаллы голубого цвета, Сев. Тай- мыр <b>Стеб-2</b>	Руда, блеклая в ордовиских отл. руч. Горбатый, приток 1-й Головы р. Таймыры <b>Ш-113</b>
Sr	0,000071	0,000030	<0,00003	0,027	0,0089	0,00026	0,0014
Y	0,0000037	0,0000036	0,0000044	0,0000080	0,00038	<b>0,000037</b>	<b>0,000061</b>
Nb	0,0000033	0,0000015	0,0000022	0,00061	0,00031	0,00012	0,000020
Mo	0,000015	0,0000091	0,000015	0,00051	0,000084	<0,000001	0,00011
Ru	0,000062	0,000014	0,000014	0,0000019	0,0000026	0,00012	0,0000046
Pd	<b>0,0021</b>	<0,000001	0,0000015	0,0000066	0,000065	0,0060	0,0000044
Ag	<b>0,017</b>	<b>0,022</b>	<b>0,020</b>	0,00018	0,00031	<b>0,046</b>	0,0058
Cd	0,0000046	0,0000016	0,0000014	0,0001390	0,0000348	0,0000032	<b>0,0018</b>
In	0,0000032	<0,0000003	<0,0000003	0,0000070	0,0000082	<0,0000003	0,0000073
Sn	0,00016	0,00031	0,000048	0,0034	0,00022	0,000060	0,000056
Sb	<b>0,00017</b>	0,0000018	0,0000094	0,00022	0,000042	0,00037	<b>0,26</b>
Te	<b>0,0021</b>	0,0000030	0,000033	0,000030	0,000015	<b>0,0050</b>	<0,000001
Cs	<0,0000005	<0,0000005	0,0000011	0,000013	0,000019	0,0000061	0,0000073
Ba	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0048	0,0043	<0,000001	0,00035
La	0,000014	0,0000080	<0,000001	<b>0,0017</b>	<b>0,00055</b>	0,000077	0,000073
Ce	0,0000087	0,000016	0,0000081	0,0015	0,0014	0,00014	0,00010
Pr	0,0000009	0,0000013	0,0000013	0,000084	0,00019	0,0000087	0,000016
Nd	<0,000002	0,0000045	0,0000070	0,00016	0,00077	0,000058	0,000050
Sm	<0,000001	<0,000001	0,0000028	0,000013	0,00018	<0,000001	0,0000064
Eu	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000033	0,000042	0,0000024	<0,000001
Gd	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,000018	0,00019	0,0000038	0,0000071
Tb	<0,0000005	<0,0000005	0,0000009	0,0000038	0,000036	0,0000005	0,0000014
Dy	<0,000001	<0,000001	0,0000014	0,0000025	0,00016	0,000010	0,000010
Ho	<0,0000005	<0,0000005	<0,0000005	0,0000005	0,000033	0,0000029	0,0000010
Er	<0,0000008	<0,0000008	<0,0000008	<0,0000008	0,000085	0,0000015	0,0000049
Tm	<0,0000003	0,0000004	<0,0000003	<0,0000003	0,000012	<0,0000003	0,0000014
Yb	<0,000001	0,0000013	<0,000001	<0,000001	0,000062	0,0000030	0,0000030
Lu	<0,0000005	<0,0000005	<0,0000005	0,0000010	0,0000099	<0,0000005	0,0000014
Hf	0,0000005	0,0000009	0,0000007	0,0000000	0,00017	0,000013	0,0000089
Ta	<0,0000006	<0,0000006	<0,0000006	0,0000008	0,0000198	0,0000090	<0,0000006
W	0,0000012	0,0000039	0,0000021	0,00078	0,000018	0,000012	0,0000088
Re	<0,0000006	0,0000008	0,0000007	0,0000024	<0,0000006	0,0000008	<0,0000006
Pt	<b>0,0020</b>	<0,000001	0,0000021	0,0000053	0,000020	0,0049	<0,000001
Au	<b>0,00091</b>	0,0000012	0,000010	0,000021	0,0000085	0,0012	0,000014
Hg	0,000013	0,000049	0,000017	0,000018	0,000011	0,000014	<b>0,0027</b>
Tl	0,0000021	<0,0000003	0,0000027	0,0000052	0,000011	0,0000020	0,000030
Pb	<b>0,0072</b>	0,000041	0,000029	<b>0,0046</b>	0,00028	<b>0,0073</b>	<b>0,011</b>
Bi	<b>0,00020</b>	0,0000008	0,0000015	0,00022	0,0000032	0,000073	<b>0,00015</b>
Th	0,0000013	<0,0000003	<0,0000003	0,0000021	0,000043	0,000031	<b>0,000024</b>
U	0,0000018	<0,0000001	<0,0000001	<b>0,00054</b>	0,000045	0,000016	0,000024

Мы проанализировали материал пяти льячек, а также капли сплава из двух льячек из коллекции Л.П. Хлобыстина в Таймырском краеведческом музее. Артефакты найдены на стоянке Усть-Половинка. Ее местонахождение – на левом берегу р. Пясины, ниже устья р. Половинки, в 53 км от истока из озера Пясины. Возможности метода анализа ИСП-МС позволили убедиться в том, что отработавшая льячка «заражается» элементами, содержащимися в разливаемом сплаве (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав льячек из обожженной глины и капель расплава меди из них.  
Анализ методом ИСП-МС, ООО «ХАЦ «Плазма», Томск, % масс.

Элемент	Глина обожж. льячки	Металл. капля из льячки	Глина обожж. льячки	Металл. капля из льячки	Глина обожж. льячки	Глина обожж. льячки	Глина обожж. льячки
	ПОР-I-72 р. №27		ПОР-У-73 р. №157		ПОР-III-72 40-72	ПОР-V-73 20-23-73	ПОР-V-73 41-73
Li	0,0013	<0,00001	0,0016	0,00038	0,0014	0,0014	0,0016
Be	0,00038	0,00015	0,00017	<0,000001	0,000043	<0,000001	0,00038
Na	1,02	0,0031	1,33	0,040	1,32	1,04	1,32
Mg	1,09	0,0040	1,68	0,023	2,08	1,69	2,20
Al	3,39	0,011	4,41	0,042	4,32	4,49	5,99
Si	31,55	0,016	31,49	<0,001	23,80	26,91	30,16
P	0,057	0,044	1,23	0,091	0,11	0,57	0,056
K	1,22	0,0056	1,69	0,22	1,05	1,00	1,24
Sc	0,0011	0,012	0,0016	0,92	0,0018	0,0016	0,0021
Ti	0,37	0,0012	0,53	<0,00001	0,42	0,58	0,77
V		0,0014		<0,001			
Cr	0,0072	0,00049	0,010	0,0024	0,013	0,012	0,015
Mn	0,066	0,00074	0,15	0,0027	0,094	0,12	0,11
Fe	2,92	0,017	4,92	0,21	4,55	5,04	6,73
Co	0,0020	0,0035	0,045	0,0017	0,0034	0,0089	0,0032
Ni	0,0043	0,037	0,021	0,039	0,019	0,012	0,0070
Cu	0,12	98,30	1,31	94,19	2,71	1,82	0,036
Zn	0,0091	0,010	0,037	0,075	0,029	0,015	0,014
Ga	0,00091	0,000085	0,0014	0,00021	0,0013	0,0015	0,0019
Ge	0,00020	0,000035	0,0012	<0,00001	0,00013	0,00011	0,00020
As	0,0011	<b>0,91</b>	<b>0,22</b>	<b>1,03</b>	0,045	0,026	<0,0001
Se	<0,0001	0,013	0,013	0,014	0,00069	<0,0001	0,0054
Rb	0,0040	0,000014	0,0063	<0,000001	0,0034	0,0038	0,0047
Sr	0,019	0,00011	0,034	0,0013	0,025	0,020	0,022
Y	0,0012	0,000010	0,0018	0,000022	0,0015	0,0020	0,0022
Zr	0,0047	0,000068	0,023	0,00048	0,0066	0,0073	0,016
Nb	0,00046	<0,00001	0,00082	0,000066	0,00043	0,00075	0,00094
Mo	0,013	0,000042	0,00015	0,00039	0,0012	<0,000001	0,00016
Ru	0,000004	0,000011	<0,000001	0,000038	<0,000001	<0,000001	0,000012
Pd	0,000042	0,000005	0,000073	<0,000001	0,000039	0,000009	0,000053
Ag	0,00019	<b>0,061</b>	0,0019	<b>0,076</b>	0,0034	0,0017	0,000063
Cd	0,000024	0,000039	0,000015	0,00084	<0,000001	<0,000001	0,000017
In	0,000010	0,000059	0,00063	0,00041	0,000048	0,000062	0,000020

Окончание таблицы 2

Элемент	Глина обожж. льячки	Металл. капля из льячки	Глина обожж. льячки	Металл. капля из льячки	Глина обожж. льячки	Глина обожж. льячки	Глина обожж. льячки
	ПОР-I-72 р. №27		ПОР-У-73 р. №157		ПОР-III-72 40-72	ПОР-V-73 20-23-73	ПОР-V-73 41-73
Sn	0,0016	0,0094	0,18	0,084	0,024	0,23	0,0053
Sb	0,0043	<b>0,40</b>	<b>0,12</b>	<b>0,49</b>	0,012	0,031	0,0014
Te	0,000033	0,00065	0,000036	0,0042	0,000055	0,000076	<0,000001
Cs	0,00010	<0,000001	0,00012	<0,000001	0,000084	0,00011	0,00022
Ba	0,050	0,00025	0,058	0,0059	0,039	0,039	0,054
La	0,0015	0,000050	0,0020	0,000030	0,0011	0,0019	0,0022
Ce	0,0033	0,000019	0,0043	<0,000001	0,0026	0,0042	0,0048
Pr	0,00039	0,000002	0,00050	<0,000001	0,00032	0,00047	0,00058
Nd	0,0013	0,000017	0,0019	<0,000001	0,0012	0,0017	0,0019
Sm	0,00032	<0,000001	0,00034	<0,000001	0,00023	0,00034	0,00047
Eu	0,000062	0,000001	0,00011	<0,000001	0,000064	0,00011	0,00011
Gd	0,00025	<0,000001	0,00038	<0,000001	0,00028	0,00040	0,00044
Tb	0,000038	<0,000001	0,000058	<0,000001	0,000039	0,000061	0,000075
Dy	0,00025	<0,000001	0,00033	<0,000001	0,00025	0,00038	0,00041
Ho	0,000042	<0,000001	0,000078	<0,000001	0,000059	0,000082	0,000085
Er	0,000097	0,000002	0,00016	<0,000001	0,00014	0,00020	0,00022
Tm	0,000027	<0,000001	0,000025	<0,000001	0,000027	0,000031	0,000024
Yb	0,000090	<0,000001	0,00018	<0,000001	0,00013	0,00013	0,00019
Lu	0,000017	<0,000001	0,000029	<0,000001	0,000021	0,000035	0,000043
Hf	0,00017	0,000001	0,00047	0,000046	0,00017	0,00019	0,00035
Ta	0,000030	0,000001	0,000065	0,000029	0,000036	0,000036	0,000064
W	0,000043	0,000006	0,000071	0,00017	0,000037	0,000046	0,0067
Re	0,0000023	<0,000001	0,0000005	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Pt	0,0000063	0,000002	0,00016	0,000012	0,0000088	0,0000063	0,000023
Au	0,000013	0,00081	0,0000091	<b>0,0013</b>	0,00071	0,000048	<0,000001
Hg	0,000024	<0,000001	0,000039	<0,000001	0,000071	0,000031	<0,000001
Tl	0,000011	0,000077	0,000011	0,000029	0,000011	0,000020	0,0000092
Pb	0,0047	0,049	0,51	0,35	0,0026	0,019	0,011
Bi	0,000019	0,010	0,010	0,20	0,00054	0,0024	0,000098
Th	0,00031	0,000003	0,00041	<0,000001	0,00024	0,00040	0,00049
U	0,000064	<0,000001	0,00011	0,000018	0,000046	0,000092	0,00011

Макросостав материала льячек определяют окислы породообразующих элементов (Na, Mg, Al, Si, K, Ti, Fe), которые содержатся в нем в сравнительно больших количествах – от 0,5 до 31%. В льячке при высоких температурах происходит обмен химическими элементами между расплавом и материалом льячки. Из сопоставления химсостава двух льячек и приставших к их стенкам капель металла (1–2 и 3–4 колонки таблицы 2) видим, что в сплаве содержание меди – 94–98%, мышьяка – 0,5%, олова – 0,0094–0,084%, свинца – 0,049–0,35%, а в глине обожженной содержание меди – 0,12–1,31%, мышьяка – 0,0011–0,22%, олова – 0,0016–0,18%, свинца – 0,0047–0,51%. Пары расплава пропитывают поры стенки льячки, и содержание этих и некоторых других элементов увеличивается в материале льячек в 100–1000 раз, что сравнимо с их рудными содержаниями. Отсюда следует, что соотношения повышенных содержаний



элементов в материале льячек, по сути, отражают состав сплава, находившегося в них. Этот факт может использоваться как критерий оценки химсостава сплава, когда отсутствует сам сплав, но имеется материал бывших в работе льячек.

В таблице 3 приведены результаты анализа ИСП-МС проб древней таймырской бронзы (сплески металла из плавков на трех разных стоянках на р. Пясине) и фрагментов железных предметов из коллекции Л.П. Хлобыстина (экспедиции 1971, 1972, 1973 гг.) Таймырского краеведческого музея г. Дудинки. Из таблиц 1–3 можно сделать вывод, что в основном в древних печах Таймыра плавляли самородную медь, не используя каких-либо присадок для получения специальных бронз или латуни. Однако повышенные по сравнению с самородной медью содержания серебра, мышьяка, олова, сурьмы, свинца и висмута, но превышающие в среднем 0,5%, а для золота – 0,003%, свидетельствуют о возможных добавках лома бронзы различного состава, полученной из медных руд.

Таблица 3

Химический состав бронзы, меди и железа древнего Таймыра.  
Анализ методом ИСП-МС, ООО «ХАЦ «Плазма», Томск, % масс.

Элемент	Бронза, сплеск ПОР-III-72, р. №128, стоянка У-Половинка, р. Пясина, Музей Дудинки	Бронза, сплеск НР-III-74, стоянка Ново-рыбная-III, р. Пясина, Музей Дудинки	Бронза, сплеск ДюП 1-73, стоянка Дюна-II, р. Пясина, Музей Дудинки	Медная пластина-конь без перед. ног, ВФ6547-22, Музей Норильска	Железо, пластина КП -72, р. №1, стоянка Капканная-II, р. Пясина, Музей Дудинки	Железо, пластина ПО IV-71, р. №174, стоянка У-Половинка, р. Пясина, Музей Дудинки	Железо, пластина МК1-72, стоянка Малая Коренная, р. Пясина, Музей Дудинки
Li	0,000032	0,000030	0,000089	<0,00001	0,000087	<0,00001	0,000097
Be	0,000024	<0,000001	0,00013	0,00016	<0,000001	0,00059	<0,000001
Na	0,0056	0,0042	0,0045	0,017	0,016	0,0058	0,013
Mg	0,0069	0,0057	0,0078	0,0024	0,073	0,025	0,024
Al	0,011	0,024	0,033	0,0028	0,35	0,028	0,077
Si	0,0028	0,062	0,038	0,020	0,11	0,16	0,020
P	0,042	0,025	0,0055	0,0024	0,067	0,053	0,062
K	<0,001	0,016	<0,001	0,015	0,016	0,019	0,035
Ca	0,049	<0,01	0,014	0,024	0,11	<0,01	0,050
Ti	0,00065	0,00095	0,0012	0,00053	0,013	0,0011	0,0037
V	0,0015	<0,001	<0,001	0,0013	<0,001	<0,001	<0,001
Cr	<0,0001	0,00020	0,00043	<0,0001	0,00018	0,00068	<0,0001
Mn	0,0029	0,00059	0,00092	0,00024	0,013	0,0074	0,040
<b>Fe</b>	<b>0,23</b>	<b>0,040</b>	<b>0,034</b>	<b>0,013</b>	<b>76,38</b>	<b>99,30</b>	<b>99,64</b>
Co	0,0015	0,00027	0,00012	0,00047	0,0020	0,066	0,0037
Ni	0,039	0,020	0,21	0,070	0,026	0,057	0,0071
<b>Cu</b>	<b>97,33</b>	<b>96,94</b>	<b>98,89</b>	<b>95,91</b>	<b>20,78</b>	<b>0,23</b>	<b>0,010</b>
Zn	0,015	0,0059	0,0028	0,013	0,0085	0,021	0,012
Ga	0,000017	0,000012	0,000015	0,000023	0,00036	0,00032	0,00047
Ge	0,000037	<0,00001	<0,00001	0,000020	0,000062	0,000025	0,000045
<b>As</b>	<b>0,72</b>	<b>0,040</b>	<b>0,46</b>	<b>0,055</b>	<b>0,073</b>	<b>0,0077</b>	<b>&lt;0,0001</b>
Se	0,0028	0,00021	<0,0001	0,011	0,0021	0,0080	<0,0001
Rb	0,000017	0,000013	0,0000073	0,000011	0,000056	0,0000036	0,000053

Окончание таблицы 3

Элемент	Бронза, сплеск ПОР-III-72, р. №128, стоянка У-Половинка, р. Пясины, Музей Дудинки	Бронза, сплеск НР-III-74, стоянка Ново-рыбная-III, р. Пясины, Музей Дудинки	Бронза, сплеск ДюII 1-73, стоянка Дюна-II, р. Пясины, Музей Дудинки	Медная пластина-конь без перед. ног, ВФ6547-22, Музей Норильска	Железо, пластина КII -72, р. №1, стоянка Капканная-II, р. Пясины, Музей Дудинки	Железо, пластина ПО IV-71, р. №174, стоянка У-Половинка, р. Пясины, Музей Дудинки	Железо, пластина МК1-72, стоянка Малая Коренная, р. Пясины, Музей Дудинки
Sr	0,00029	0,00011	0,000077	0,00018	0,00046	0,00040	0,00067
Y	0,000013	0,000019	0,000027	<0,000001	0,00015	0,000028	0,000067
Zr	0,000071	0,000086	0,000094	0,000020	0,00044	0,000074	0,00025
Nb	0,000021	<0,00001	0,000017	0,000019	0,00017	0,00023	0,00027
Mo	0,000048	0,000039	0,000010	0,00014	0,0077	0,0041	0,00023
Ru	0,000011	0,000014	<0,000001	0,000016	0,000014	<0,000001	<0,000001
Pd	0,000017	0,0000039	0,0000048	<0,000001	0,000011	<0,000001	<0,000001
Ag	0,11	0,084	0,062	0,057	0,0064	0,00010	0,00026
Cd	0,00011	0,000041	0,000012	0,00011	0,000083	0,000084	0,00013
In	0,00019	0,0047	0,000020	0,000032	0,0047	0,000024	0,000033
Sn	0,014	<b>1,35</b>	0,0029	0,0034	1,54	0,0052	0,00052
Sb	<b>0,54</b>	0,080	0,13	0,040	0,016	0,00064	0,00017
Te	0,0027	0,00066	0,0014	0,0014	0,00048	0,000023	0,00016
Cs	<0,000001	0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000011	0,000003	0,000004
Ba	0,00085	0,0013	0,0015	0,00028	0,0024	0,0015	0,0012
La	0,000042	0,000014	0,000035	0,000005	0,00014	0,000042	0,000057
Ce	0,000043	0,000027	0,000027	0,0000034	0,00029	0,000037	0,000088
Pr	<0,000001	0,000015	0,0000028	<0,000001	0,000042	0,0000060	0,000003
Nd	<0,000001	0,000012	0,0000020	<0,000001	0,00013	0,000015	0,000066
Sm	0,0000067	0,0000054	<0,000001	<0,000001	0,000042	<0,000001	0,000006
Eu	0,0000031	0,000003	<0,000001	<0,000001	0,000001	0,0000023	0,0000031
Gd	<0,000001	0,000003	0,0000028	<0,000001	0,000017	0,0000089	0,000006
Tb	<0,000001	0,000002	<0,000001	<0,000001	0,000003	<0,000001	0,000003
Dy	0,0000026	<0,000001	0,0000052	<0,000001	0,000018	0,0000041	0,000002
Ho	<0,000001	<0,000001	0,0000020	<0,000001	0,0000060	0,0000035	0,000008
Er	<0,000001	0,0000021	<0,000001	<0,000001	0,0000098	<0,000001	0,000006
Tm	<0,000001	0,000001	0,0000012	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000004
Yb	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000009	<0,000001	<0,000001
Lu	<0,000001	0,000001	<0,000001	0,0000025	0,000002	0,0000012	0,000003
Hf	0,0000054	0,000003	0,0000085	<0,000001	0,000013	0,0000047	0,000008
Ta	0,0000013	<0,000001	0,0000016	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000005
W	0,000012	0,000010	0,0000030	0,000017	0,0022	0,000043	0,000024
Re	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000008
Pt	<0,000001	0,000003	0,0000024	0,0000046	0,000002	0,0000017	<0,000001
Au	0,0014	0,0023	0,0029	0,00065	0,00041	0,000021	0,000027
Hg	0,000044	0,00010	0,000013	0,000020	0,00015	<0,000001	0,000036
Tl	0,000020	0,000006	0,000014	0,000011	0,000015	0,000022	0,000031
Pb	0,14	0,88	0,059	0,0065	<b>0,052</b>	0,00053	0,00068
Bi	<b>0,30</b>	0,0065	0,033	0,00029	0,0023	0,000025	0,000022
Th	<0,000001	0,000005	0,0000048	0,0000048	0,000019	0,000007	0,000018
U	0,0000011	<0,000001	0,0000040	0,0000036	0,000002	0,000005	0,000003

Находки Л.П. Хлобыстиным железных пластин со следами меди на их поверхности говорят, что они использовались, видимо, как инструмент для перемешивания расплава. Оказалось, что при высоких температурах медь проникает в поверхностный слой железа. Анализ химсостава такой пластины КП-72 (р. №1, стоянка Капканная-II, р. Пясины) служит тому подтверждением, так как содержание меди достигает 20,78%, а содержание железа, соответственно, понижается до 76,38%. Две другие железные пластины участвовали, видимо, в менее горячем процессе или не так длительно и поэтому содержат всего 0,1–0,2% меди. Содержание железа (по двум последним колонкам таблицы 3) достигает 99,5%, что свидетельствует о его высокой чистоте, при этом содержание легких элементов составляет сотые доли процента, а содержание остальных значительно ниже. Низкое содержание никеля (менее 0,03%) говорит, что это неметеоритное железо, в котором никеля содержится десятки процентов. Метод анализа ИСП-МС позволяет впервые определить такой детальный химсостав таймырского железа, которое по датировке Л.П. Хлобыстина относится к раннему железному веку. Происхождение такого чистого железа на Таймыре не известно.

Химсостав пластины красной меди, из которой вырублен конь (№ВФ 6547-22, Норильский музей), по составу близок к самородной меди. Изделия из нее могли отливаться или выковываться напрямую без присадок. Артефакт является предметом атрибутики шаманского костюма позднего средневековья, но мог быть изготовлен из медной пластины эпохи бронзы.

Также изучена лучшая таймырская коллекция металлической атрибутики нганасанских шаманов Таймыра, представленная частным Этнографическим музеем О.Р. Крашевского на оз. Лама [Крашевский, 2009; Вертман, 2010, с. 124].

Шаманы Таймыра являлись главными собирателями и хранителями металлических предметов, датировка которых может иметь диапазон в несколько тысячелетий начиная с бронзового века, при этом предпочтение отдавалось круглым медальонам, прикреплявшимся в центре короны или подвешивавшимся на груди (рис. 5).

Особое место занимали крупные (диаметром около 10 см) медальоны с изображением древнерусских богов-волшебников китоврасов, через которых шаманы общались с вышним миром. Передавая свою атрибутику из поколения в поколение своим преемникам, шаманы веками накапливали и сохраняли самые разные металлические изделия, которые для них являлись священными дарами богов.

Химический макро- и микросостав, а также фото меда-



Рис. 5 (фото). Корона Леонида Костёркина – последнего шамана Таймыра. Этнографический музей О.Р. Крашевского на оз. Лама. Таймыр

льонов китоврасов Таймыра из коллекций краеведческих музеев Дудинки, Норильска, оз. Лама, Красноярска приведены в таблице 4.

Таблица 4

Химический состав и фото медальонов китоврасов Таймыра из коллекций краеведческих музеев Дудинки, Норильска, Красноярска, оз. Лама.  
Анализ методом ИСП-МС, ООО «ХАЦ «Плазма», Томск, % масс.

Фото						
Элемент	Китоврас, д-103 мм, оз. Лама	Китоврас – Полкан, д-87 мм оз. Лама	Китоврас – Полкан, №11590/11, Норильск	Китоврас, №11590/9, Норильск	Китоврас, №6547/4, Дудинка	Китоврас, №1531-1, Красноярск
Li	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00026	0,000089	0,0012
Be	0,000046	<0,000001	0,0004027	<0,000001	0,0001237	0,0016883
Na	0,057	0,019	<0,001	0,044	0,011	0,037
Mg	0,0039	0,0037	0,022	0,0077	0,021	0,010
Al	0,093	0,24	0,010	0,0063	0,043	0,027
Si	0,30	0,18	0,96	0,012	0,17	4,63
P	0,015	0,016	0,079	0,035	0,071	0,18
K	0,021	<0,001	0,16	0,15	0,034	0,14
Ca	0,18	0,072	0,76	0,50	0,23	0,56
Ti	0,00027	0,00014	0,004586	<0,00001	<0,00001	<0,00001
V	0,0021	0,0015	0,0022	0,0024	0,0040	<0,0001
Cr	0,0023	0,0016	0,00072	0,00094	0,012	0,17
Mn	0,0023	0,0017	0,0053	0,0019	0,0056	0,0059
Fe	0,78	0,066	0,39	0,16	0,25	0,81
Co	0,0024	0,00033	0,00094	0,00030	0,0013	0,00099
Ni	0,026	0,034	0,054	0,047	0,013	0,020
Cu	78,99	87,45	80,09	67,92	84,61	77,37
Zn	<b>3,61</b>	0,04	<b>14,14</b>	<b>21,17</b>	0,072	0,28
Ga	0,00025	0,00011	0,00020	0,00019	0,000087	<0,00001
Ge	0,000026	0,00016	<0,00001	<0,00001	0,000041	<0,00001
As	0,047	0,066	0,021	0,046	0,034	0,093
Se	0,013	0,0022	<0,0001	<0,0001	0,010	0,27
Rb	0,000040	0,000032	<0,000001	0,000039	0,000060	<0,000001
Sr	0,00024	0,00020	0,00093	0,00057	0,00076	0,0022
Y	0,000012	0,000010	0,000019	0,000035	0,000031	0,00019
Zr	0,000028	0,000066	0,00071	0,00064	0,00017	0,00171
Nb	<0,00001	0,000010	0,000089	0,000027	0,000023	0,00033
Mo	0,000031	0,000029	0,000092	0,00015	0,00013	0,000097
Ru	0,000021	0,0000044	0,000043	<0,000001	<0,000001	0,00012
Pd	0,000017	0,0000084	0,0011	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Ag	0,091	0,13	0,047	0,032	0,079	0,076
Cd	0,00012	0,000072	0,0022	0,0095	0,00018	0,0014
In	0,0016	0,00074	0,0017	0,0014	0,0021	0,028

Окончание таблицы 4

Фото						
Элемент	Китоврас, д-103 мм, оз. Лама	Китоврас – Полкан, д-87 мм оз. Лама	Китоврас – Полкан, №11590/11, Норильск	Китоврас, №11590/9, Норильск	Китоврас, №6547/4, Дудинка	Китоврас, №1531-1, Красноярск
Sn	13,06	3,38	0,57	0,44	10,20	10,37
Sb	0,045	0,15	0,031	0,034	0,022	0,034
Te	0,000076	0,00085	0,0058	0,00121	0,000079	0,0018
Cs	0,000036	0,000008	0,000057	<0,000001	0,000043	<0,000001
Ba	0,00068	0,00062	0,0046	0,0046	0,0019	0,0038
La	0,000029	0,000014	0,000057	0,000051	0,000022	<0,000001
Ce	0,000044	0,000026	0,00010	<0,000001	0,000084	0,00041
Pr	0,000013	0,000003	0,000053	<0,000001	0,000019	0,000061
Nd	<0,000001	<0,000001	0,000038	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Sm	0,000004	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Eu	0,000005	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000027	<0,000001
Gd	0,000004	<0,000001	0,000033	<0,000001	0,0000052	<0,000001
Tb	0,000003	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000026	<0,000001
Dy	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Ho	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000013	<0,000001
Er	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Tm	0,000002	<0,000001	<0,000001	0,0000039	0,0000026	<0,000001
Yb	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Lu	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Hf	0,000004	0,000005	0,000095	0,000024	0,0000074	0,000066
Ta	<0,000001	0,0000010	0,000066	0,000019	0,0000029	0,000023
W	0,000027	0,000018	0,00023	0,000053	0,0026	0,067
Re	<0,000001	0,000002	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Pt	0,000002	0,000002	0,000061	0,0000082	<0,000001	0,000037
Au	0,0023	0,0013	0,00074	0,00044	0,0023	0,0022
Hg	0,000019	0,000024	0,00012	<0,000001	0,00010	0,0012
Tl	0,000028	0,000037	0,00065	0,00018	0,000066	0,00040
Pb	2,02	8,39	2,80	9,56	3,57	5,25
Bi	0,038	0,0032	0,0010	0,0058	0,013	0,030
Th	0,000010	0,000001	0,000037	0,0000058	0,0000098	<0,000001
U	<0,000001	<0,000001	0,000012	<0,000001	0,0000022	<0,000001

Макросостав всех медальонов (табл. 4) имеет общее в том, что они отлиты не из чистой самородной меди, а являются сплавами и содержат менее 0,01% мышьяка, 0,57–13,0% присадки олова и 2–9,5% свинца. Однако красноярский и дудинский китоврасы, а также китоврас-полкан с оз. Лама отличаются от остальных низким содержанием цинка 0,04–0,28% и отлиты из оловянистой бронзы (Sn – 3,38–10,37%). В остальных медальонах отмечается высокое содержание цинка (от 14 до 21%), что

позволяет отнести их к латунным сплавам. Более наглядно это различие сплавов представлено в таблице 5 по девяти элементам (медь, цинк, олово, никель, серебро, вольфрам, золото, висмут, от группы редкоземельных элементов (РЗЭ) – лантан).

Таблица 5

Различие элементного состава медальонов китоврасов Сибирского Заполярья из оловянистой бронзы (1) и латуни (2), % масс.

Элемент	Китоврас, №6547/4, в.ф., Музей Дудинска (1)	Китоврас №1531-1, Музей Красноярск (1)	Отличие первых (1) от вторых (2)	Китоврас – Полкан, №11590/11, о.ф., Музей Норильск (2)	Китоврас, №11590/9, о.ф., Музей Норильск (2)
Медь	<b>84,61</b>	<b>77,37</b>		<b>80,09</b>	<b>67,92</b>
Цинк	0,072	0,20	в 200 раз меньше	<b>14,14</b>	<b>21,17</b>
Олово	<b>10,20</b>	<b>10,37</b>	больше в 20 раз	0,57	0,54
Никель	0,013	0,020	в 2–4 раза меньше	0,054	0,047
Серебро	0,079	0,076	в 2 раза больше	0,047	0,032
РЗЭ, лантан	0,000057	0,000051	в 2 раза больше	0,000022	<0,000001
Вольфрам	0,00023	0,000053	в 10–100 раз меньше	0,0026	0,067
Золото	0,0023	0,0022	в 3–5 раз больше	0,00074	0,00044
Висмут	0,0010	0,0058	в 5–10 раз меньше	0,013	0,030

В коллекции О.Р. Крашевского помимо крупных круглых медальонов на шаманском костюме и короне можно выделить еще медальоны меньшего диаметра 55–40 мм с фигурами охотников, гагары – мифологической утки, поднявшей со дна

моря землю, и др.



Рис. 6 (фото). Медальон «Вознесение головы человека грифонами» (диаметр 40 мм) на короне шамана Л. Костёркина. Этнографический музей О.Р. Крашевского

Среди малых медальонов выделяется единственный медальон в центре короны шамана Л. Костёркина с изображением малоизвестного персонажа: странная голова человека с длинными до плеч волосами и надутыми щеками. Голова поддерживается слева и справа двумя львами-грифонами. Скорее всего, это изображение (рис. 6) символизирует северного таймырского бога ветра Борея, который постоянно дует из-за гор Бырранга.

Следует выделить еще две группы подвесок – ромбов. Равносторонние ромбы подразделяются на чисто геометрические фигуры, поделенные

на 16 и 25 равных ромбов поменьше, а также есть равносторонние ромбы с фигурой стоящего внутри ромба человека или льва.







Из круглых подвесок чаще всего встречаются восьмилучевые звезды в круге.

Химический состав и фото подвесок из металлической атрибутики шаманов Таймыра из Этнографического музея О.Р. Крашевского на оз. Лама приведены в таблице 6.

Таблица 6







Химический состав подвесок из металлической атрибутики шаманов Таймыра из коллекции этнографического музея О.Р. Крашевского на оз. Лама.

Анализ методом ИСП-МС, ООО «ХАЦ «Плазма», Томск, % масс.

Фото						
Элемент	<b>Человек в ромбе, 70 x 50 мм, Кр-8 РЧ</b>	<b>Ромб ½ – 7 ромбиков, 100 x 58 мм, Кр-9 Р1/2</b>	<b>Ромб ½, 10 ромбиков, Кр-10 Р1/2</b>	<b>Утка-гагара, д-40 мм, Кр-11 УТ</b>	<b>Звезда, 8 луч. в круге, д-65 мм, Кр-13 Зв</b>	<b>Звезда, 8 луч. в круге, д-65 мм, Кр-14 Зв</b>
Li	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00016	0,00013
Be	<0,000001	0,0000530	<0,000001	0,0002800	<0,000001	<0,000001
Na	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0011
Mg	0,0076	<0,001	0,0028	<0,001	0,0029	0,0029
Al	0,014	0,0012	0,0020	0,0053	0,0081	0,0048
Si	0,16	0,019	<0,001	0,36	<0,001	0,065
P	0,0071	0,011	0,0053	0,012	0,014	0,0056
K	<0,001	<0,001	0,024	<0,001	<0,001	0,034
Ca	0,0049	0,023	0,0034	0,16	0,095	0,074
Ti	0,00019	0,00039	0,00019	0,0012	0,00033	0,00011
V	0,0022	0,00090	0,0010	0,0024	0,0018	0,00013
Cr	0,0012	0,00051	0,00057	0,0018	0,00032	0,00060
Mn	0,0027	0,00028	0,00046	0,00056	0,00031	0,00042
Fe	1,10	0,35	0,30	0,24	0,093	0,20
Co	0,0053	0,00072	0,00082	0,0011	0,0021	0,0018
Ni	0,061	0,047	0,084	0,082	0,048	0,051
<b>Cu</b>	<b>77,60</b>	<b>84,56</b>	<b>73,63</b>	<b>71,77</b>	<b>83,55</b>	<b>80,76</b>
<b>Zn</b>	<b>11,37</b>	<b>5,25</b>	<b>22,40</b>	<b>24,10</b>	<b>2,39</b>	<b>6,47</b>
Ga	0,000083	0,00020	0,00019	<0,00001	0,000064	0,00011
Ge	<0,00001	0,000016	0,000042	0,00022	<0,00001	0,00011
<b>As</b>	<b>0,049</b>	<b>0,061</b>	<b>0,043</b>	<b>0,037</b>	<b>0,34</b>	<b>0,088</b>
Se	0,0094	0,011	0,0066	0,012	0,0027	0,0037
Rb	<0,000001	0,000026	0,000024	0,00013	0,000082	0,00015
Sr	0,00039	0,000065	0,000094	0,00023	0,00038	0,00031
Y	0,000015	0,0000095	0,0000026	0,000010	0,000014	0,000011
<b>Zr</b>	<b>0,000090</b>	<b>0,000053</b>	<b>0,000069</b>	<b>0,00016</b>	<b>0,000063</b>	<b>0,00018</b>
Nb	0,000012	<0,00001	0,000016	0,000010	0,000020	0,000017
Mo	0,000053	0,000032	0,000024	0,000049	0,000037	0,000033
Ru	0,000032	0,000014	0,000013	0,000025	0,000040	0,000048



Окончание таблицы 6

Фото						
Элемент	Человек в ромбе, 70 x 50 мм, Кр-8 РЧ	Ромб ½ – 7 ромбиков, 100 x 58 мм, Кр-9 Р1/2	Ромб ½, 10 ромбиков, Кр-10 Р1/2	Утка-гагара, д-40 мм, Кр-11 УТ	Звезда, 8 луч. в круге, д-65 мм, Кр-13 Зв	Звезда, 8 луч. в круге, д-65 мм, Кр-14 Зв
Pd	0,000048	0,000030	0,000084	0,000045	<0,000001	0,00017
Ag	<b>0,056</b>	<b>0,063</b>	<b>0,21</b>	<b>0,026</b>	<b>0,042</b>	<b>0,031</b>
Cd	0,00050	0,00035	0,0028	0,0042	0,0020	0,0015
In	0,0010	0,00063	0,0042	0,0027	0,013	0,00062
Sn	<b>3,06</b>	<b>2,10</b>	<b>1,29</b>	<b>1,63</b>	<b>7,50</b>	<b>5,88</b>
Sb	0,057	0,082	0,036	0,019	<b>1,46</b>	<b>0,87</b>
Te	0,00099	0,00082	<b>0,0010</b>	0,00074	0,00028	0,00098
Cs	0,000016	0,0000073	0,0000047	0,000012	0,000011	0,000019
Ba	0,00058	0,00026	0,00067	<b>0,0012</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,0015</b>
La	<b>0,000020</b>	<b>0,000017</b>	<0,000001	<b>0,000021</b>	<b>0,000094</b>	<b>0,000051</b>
Ce	0,000061	0,000028	0,000010	0,000076	0,000081	0,000062
Pr	0,000012	0,0000017	0,0000030	0,0000040	0,000012	0,000016
Nd	0,000030	<0,000001	0,000012	0,000013	0,000017	<0,000001
Sm	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Eu	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<b>0,0000041</b>	<0,000001	<b>0,0000056</b>
Gd	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<b>0,0000044</b>
Tb	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<b>0,0000010</b>
Dy	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Ho	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000039
Er	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Tm	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000025	0,0000025
Yb	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Lu	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000020
Hf	0,0000092	0,0000025	0,0000033	<b>0,000017</b>	0,000015	0,0000034
Ta	0,0000066	<0,000001	<0,000001	<b>0,000010</b>	0,0000018	<b>0,000018</b>
W	0,000022	0,000089	0,000060	0,000099	0,000039	0,000047
Re	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000032	<0,000001
Pt	<b>0,000012</b>	<b>0,0000084</b>	<b>0,0000073</b>	<b>0,0000067</b>	<0,000001	<b>0,000013</b>
Au	<b>0,00093</b>	<b>0,00097</b>	<b>0,0042</b>	0,00070	0,00055	<b>0,0011</b>
Hg	<b>0,00026</b>	0,000031	<b>0,00017</b>	0,000040	0,000049	0,000071
Tl	0,000084	0,000050	0,00036	0,00018	0,00011	0,00012
Pb	<b>5,80</b>	<b>7,61</b>	<b>2,03</b>	<b>1,74</b>	<b>5,99</b>	<b>6,42</b>
Bi	0,0045	0,0029	0,0032	0,0046	0,0031	0,0072
Th	0,0000084	<0,000001	0,0000029	<0,000001	0,0000073	0,0000074
U	0,0000030	<0,000001	0,0000010	0,0000062	0,0000077	<0,000001

В таблице 6 металл подвесок существенно отличается от самородной меди и сплосков древней бронзы (см. табл. 1, 3) наличием присадок цинка (2,4–24%), олова (1,3–8,7%), сурьмы (0,04–1,5%), свинца (1,7–7,6%). Высокое содержание цинка позволяет



отнести эти медные сплавы к латуням. По содержанию микроэлементов сплавы различаются незначительно и, возможно, изготовлены из таймырских руд, но не исключается версия привозной бронзы. Различия химсостава предметов объясняются многократными переплавками лома разных изделий и разновременными плавками.

Из приведенных выше таблиц видим, что отсутствуют медальоны и подвески, изготовленные из самородной меди. Это свидетельствует о том, что эти предметы отливались не в древних бронзолитейных центрах Заполярья, а гораздо позднее (XII–XVI вв.) в мастерских, имеющих заготовки, скорее всего, привозной бронзы или латуни.

В таблице 7 сопоставляются результаты полуколичественного спектрального анализа бронзы и руд Таймыра, выполненные в лаборатории ИГЕМ РАН (Москва) [Хлобыстин, 1998], с данными ИСП-МС древних сплавов Таймыра, пос. Чекист Томского региона, и елунинской культуры Алтая [Вертман, Васильев, Грушин, 2010, с. 71]. Здесь сопоставляем химсоставы только 21 элемента, которые, на наш взгляд, наиболее информативны и позволяют выявить различие или близость элементного состава объектов различных регионов.

Таблица 7

Химсостав бронзы и самородной меди Таймыра, по данным спектрального анализа ИГЕМ РАН [Хлобыстин, 1998], в сравнении с химсоставом древних сплавов Таймыра, пос. Чекист Томского региона, и елунинской культуры Алтая [Вертман, Васильев, Грушин, 2010, с. 71], по данным ИСП-МС ООО «ХАЦ «Плазма», Томск, % масс.

Элемент	Таймыр, бронза, стоянка Уст-Половинка, Спектрал.	Таймыр, медь из льячек и сплески, 5 проб, ИСП-МС	Таймыр, медь самородная, 3 пробы, ИСП-МС	Томск, медный сплав, пос. Чекист, Томский регион, 5 проб, ИСП-МС	Алтай, бронза елунинской культуры, 9 проб, ИСП-МС
Mg		0,002–0,02	0,001–0,002	0,0009–0,004	0,004–0,05
Al		0,003–0,04	0,01–0,06	0,004–0,008	0,006–0,2
Ti		0,00001–0,0012	0,00008–0,001	0,0001–0,001	0,0003–0,006
Mn		0,0002–0,003	0,000005–0,001	0,00001–0,0003	0,0001–0,004
Fe		0,02–0,2	0,001–0,01	0,005–0,03	0,001–0,8
Ni	0,2–0,5	0,02–0,2	0,001–0,4	0,06–0,2	0,0007–0,002
<b>Cu</b>	<b>&gt;8</b>	<b>94–99</b>	<b>99,5–99,7</b>	<b>82–98</b>	<b>86–93</b>
Zn		0,003–0,02	0,0005–0,0002	0,0007–0,003	0,002–0,1
As	0,8–5,0	0,04–1,0	0,0009–0,004	0,8–1,9	0,01–3,1
Ag	0,05–0,08	0,06–0,1	0,017–0,02	0,08–0,2	0,002–0,3
In		0,00003–0,005	0,0000003–0,000003	0,00002–0,00009	0,0000001–0,01
Sn	0,08–0,2	0,003–1,4	0,00004–0,0003	0,002–0,4	<b>0,2–11,5</b>
Sb	0,2–0,8	0,04–0,5	0,000009–0,0002	0,12–0,3	0,0001–0,04
La		0,000005–0,00005	0,000001–0,00001	0,00001–0,00003	0,000006–0,0001
W		0,000003–0,0002	0,000001–0,000004	0,000003–0,000004	0,000004–0,0003
Pt		0,000001–0,00001	0,000001–0,002	0,000002–0,000005	0,000001–0,0002
Au	0,01–0,05	0,0007–0,003	0,00001–0,0009	0,002–0,004	0,00007–0,0005
Pb	0,2–0,5	0,007–0,9	0,00003–0,007	0,08–0,3	0,009–1,1
Bi	0,02–0,2	0,0003–0,3	0,0000008–0,0002	0,03–0,08	0,002–0,005
Th		0,000001–0,000005	0,0000003–0,000001	0,0000003–0,0000004	0,0000003–0,00003
U		0,000001–0,00002	0,0000001–0,000002	0,0000001–0,000006	0,000003–0,0001

Из таблицы 7 видно, что спектральным анализом не определяется количественно даже медь, на фоне которой определяются относительно высокие содержания восьми элементов с недостаточным для некоторых проб пределом определения (до сотых долей процента). Из теории погрешностей химического анализа следует, что в этом случае результаты спектрального анализа могут быть существенно завышенными и полуколичественными. Преимущества масс-спектрометрического метода анализа (ИСП-МС) были отмечены выше.

Количественные соотношения таких элементов, как Mg, Al, Nb, Mo, Pr, Nd, Gd, Ho, Tm, Ta, Th, медного сплава из Томского региона близки микросоставу самородной меди и сплавам Таймыра. Можно предположить, что таймырская самородная медь или сплавы на ее основе поставлялись в томские бронзолитейные мастерские древними таймырскими горно-металлургическими центрами.

В алтайских же бронзах содержания данных микроэлементов на порядок (два) выше, чем в томских сплавах и таймырской самородной меди. Кроме того, высокие содержания олова 0,2–11,5% выводят алтайскую бронзу в разряд оловянистых бронз.

### **Выводы**

1. Метод масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой ИСП-МС позволил впервые определить содержания 63 элементов в бронзах, самородной меди и рудах, материалов льячек древнего Таймырского горно-металлургического комплекса в диапазоне от 100 до 10<sup>-7</sup>% масс.

2. Метод анализа ИСП-МС позволил впервые количественно оценить детальный химсостав (63 элемента) таймырского железа эпохи бронзы как химически высокочистого.

3. Результаты определения химического макро- и микросостава металлических предметов шаманской атрибутики Таймыра позволяют выделить три типа используемых медных сплавов: самородная медь, оловянистая бронза и латунь.

4. ИСП-МС анализ химсостава материала льячек и капель расплава из них показал, что соотношения повышенных содержаний элементов в материале льячек могут использоваться для оценки химсостава сплава, когда отсутствует сам сплав, но имеется материал бывших в работе льячек.

5. Сопоставление содержаний 63 элементов в древней бронзе, самородной меди и рудах Таймыра, бронзе Алтая и Томского региона позволяет предположить, что таймырская самородная медь или выплавленная на ее основе бронза поставлялись в томские бронзолитейные мастерские древними таймырскими горно-металлургическими центрами.

6. Высокие метрологические параметры метода анализа ИСП-МС позволяют выявлять новые количественные критерии более точной идентификации и оценки генезиса артефактов, а также дают возможность уточнить их адресную принадлежность к конкретным центрам древней металлургии.

### **Библиографический список**

Вертман Е.Г., Федюнина Н.В., Тенякшева С.Е. Масс-спектрометрический анализ с индуктивно связанной плазмой и особенности его применения в археологии // Роль естественно-научных методов в археологических исследованиях. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2009. С. 48–50.

Вертман Е.Г., Лавбин Ю.Д., Тошев А.И. Таймыр – Сибирская Прародина. Научно-поисковая краеведческая экспедиция – 2009 // Красноярский край: прошлое, настоящее, будущее. Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. пед. ун-та им. В.П. Астафьева, 2009. Т. 1. С. 18–23.

Вертман Е.Г., Васильев Е.А., Грушин С.П. Масс-спектрометрический многоэлементный анализ древних бронз Томской области, Алтая и Таймыра // Труды Томского областного краеведческого музея. Т. 56. Томск : ТМЛ-Пресс, 2010. С. 71–77.

Вертман Е.Г. Китоврасы в атрибутике шаманов Таймыра // Культура как система в историческом контексте: опыт Западно-Сибирских археолого-этнографических совещаний. Томск : Аграф-Пресс, 2010. С. 124–127.

Грушин С.П., Папин Д.В., Позднякова О.А. и др. Алтай в системе металлургических провинций энеолита и бронзового века. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2009. 160 с.

Крашевский О.Р. Нганасаны. Коллекция шаманской атрибутики. Этнографический музей на озере Лама Крашевского О.Р. Каталог. Норильск : Апекс, 2009. 86 с.

Савушкин М.П. Из истории изучения проявлений самородной меди на северо-западе Сибирской платформы // Очерки по истории открытий минеральных богатств Таймыра. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. С. 51–107.

Свидетельство аттестации №224.03.12.001/2010. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. МВИ №002-ХМС-2009. Методика выполнения измерений массовых долей 62 элементов в почвах, донных отложениях, горных породах и сплавах цветных металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Томск : ООО «Химико-аналитический центр «Плазма», 2009. С. 1.

Урванцев Н.Н. Открытие Норильска. М. : Наука, 1981. 176 с.

Хлобыстин Л.П. Древняя история таймырского Заполярья и вопросы формирования культур Севера Евразии. СПб. : Изд-во Дм. Буланина, 1998. 342 с.

**E.G. Vertman**

## **MASS SPECTROMETRIC MULTIELEMENT ANALYSIS OF ARTIFACTS FROM THE ANCIENT BRONZE-FOUNDRY CENTER AND SHAMANISTIC ATTRIBUTES FROM TAIMYR**

Scientific-search expedition «Siberian ancestral homeland – Taimyr – 2009» (chief: E.G. Vertman) have made a selection and study of archaeological artifacts from the Bronze Age of the Siberian Arctic in the collections of the regional museums in the Yenisei region. A collection of copper ores was gathered as well.

The contents of 63 elements (in the range from 100% to 10<sup>-7</sup>%) in Bronze, in native Copper, ores and in Iron artifacts and in the materials of buckets for bottling metal from the ancient Taimyr mining and metallurgical complex from the collection of L.P. Khlobystin in the Taimyr regional Museum in Dudinka town were determined using the method of mass spectrometric analysis with inductively coupled plasma (ICP-MS). It is shown that the ancient metallurgists used pure native copper without additives of other elements.

The objects of shamanistic ritual practices from the Ethnographic Museum named by O.R. Krashevski at the lake Lama (the Putorana plateau) were studied using the ICP-MS method also. The chemical composition of Bronze medallions with the image of kitovras and pendants from museums of Dudinka, Norilsk, lake Lama, Krasnoyarsk significantly differ from the native copper. This fact indicates that they are not related to the Early Bronze Age of Arctic, and have a more recent origin (XVI–XII centuries).

*Keywords:* mass spectrometric analysis (ICP-MS), Copper, Bronze, Iron, Bronze Age, shamanistic rituals, kitovras, Taimyr.