

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 902:543.51(571.1)

Е.Г. Вертман<sup>1</sup>, Л.М. Плетнёва<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Русское географическое общество, Томск, Россия;

<sup>2</sup>Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия

## ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕТАЛЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗОВ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ ПРЕДМЕТОВ ТОРЕВТИКИ РАЗВИТОГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ ИЗ ТОМСКОГО ПРИОБЬЯ

В статье дан морфологический анализ предметов торевтики поясных наборов и конских уздечек из курганов Басандайского могильника и могильника у устья Малой Киргизки. Погребения из курганов №27 и 77 из могильника у устья Малой Киргизки по погребальному обряду и найденным в них предметам являются «элитными». Это воины-всадники. В первом из них найдена португеза, возможно, с частью пояса, а во втором – пояс, украшенный позолоченными бляхами. Эти предметы указывают на высокий социальный статус погребенных людей. Всего из двух могильников на анализ было отобрано 11 предметов. Для изучения технологий изготовления металлических предметов торевтики применен метод масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой на 61 элемент (ИСП-МС). По химическому составу выделены четыре типа медных сплавов: медь, бронза свинцовистая, бронза оловянно-свинцовистая, латунь. Часть предметов позолочена с применением амальгирования. Возможно, для позолоты использовался также сплав золота с серебром типа «электрум». Выявлены конструктивные особенности металлических частей воинских поясов и уздечек, а также способы их изготовления.

*Ключевые слова:* Томское Приобье, развитое Средневековье, пояс воина, португеза, уздечка, торевтика, анализ методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС)

DOI: 10.14258/tpai(2020)2(30).-04

### *Введение*

В настоящее время междисциплинарный подход к исследованию археологического материала становится все более признанным. Интеграция археологии и естественных наук позволяет получить дополнительную количественную и качественную информацию. При изучении артефактов (кроме морфологического анализа) можно применять метод масс-спектрометрического мультиэлементного анализа с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) для определения химического состава металла [Вертман, Федюнина, 2009; Вертман и др., 2009; Вертман, 2015] по методике «МВИ №002-ХМС-2009, ФР.1.31.2010.06998» III категории точности, разработанной в аккредитованном ООО «Химико-аналитический центр «Плазма» (ООО «ХАЦ «Плазма») на масс-спектрометре ELAN DRC-E фирмы «PerkinElmer Instruments LLS». Универсальность метода делает его особенно удобным для решения задач археологии. Основными преимуществами метода являются высокая чувствительность, широкий диапазон определяемых содержаний ( $100 - 1 \times 10^{-6}$  масс. %) для 62 элементов. 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 (0,1–0,001 г). 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 позволяет производить количественное сравнение химического состава предметов и выявлять достоверные критерии их подобия или отличия, что важно для идентификации артефактов.

### ***Материалы и результаты исследований***

Каждый средневековый воин имел пояс (редко два), так как к поясу крепилось оружие. Основа пояса изготовлялась из кожи, ткани, бересты и других материалов. Украшением и определителем социального статуса воина по поясу являлись прикрепленные к нему бронзовые, серебряные, золотые, нефритовые и железные бляхи, часто с отверстиями в нижней части этих блях для продергивания дополнительных ремешков, также имеющих украшения. Иногда сохраняются портупейные ремни, которыми к поясу прикреплялось оружие.

Источниками для анализа являются несколько предметов торовитики, использованных для украшения поясных наборов и узды коня из могильника у устья Малой Киргизки и Басандайского курганного могильника.

*Могильник у устья Малой Киргизки (МУМК).* Погребение-2 в кургане №27 МУМК относится к «элитным». В нем были найдены следующие предметы: палаш, пояс-портупея (рис. 1), железные наконечники стрел, железные предметы от колчана, части конского седла, стремяна, захоронение коня (череп, передние и задние конечности). На черепе коня сохранились части уздечки с удилами, нащечными металлическими пластинами и пластиной с султанчиком на наносном ремне [Плетнёва, 2011, с. 145–148].

Сохранность кожаного пояса-портупеи была такова, что из захоронения извлекли восемь фрагментов ремня, украшенных бляхами. При этом большинство металлических украшений уверенно держались на ремне в месте крепления. Они штамповались из тонкой листовой меди. Сохранились 52 бляхи, а часть их полностью окислилась и рассыпалась. Бляхи были пятиугольной формы, с острым мысыком с одного конца и V-образной выемкой с другого. Они обведены нервюрой, нервюра проходит и посередине блях (рис. 1). Интересен способ крепления блях к ремню с помощью медных скоб, которые



Рис. 1. МУМК. Курган №27, погребение-2. Фрагменты портупеи

припаивались к изделиям с обратной стороны. На рис. 1 видно, что третья слева бляха верхнего фрагмента отсутствует и видна проволочная скоба, концы которой протыкают ремень и загибаются с его обратной стороны. В нижней части рисунка показаны одна целая и несколько обломков скоб крепления блях. На перекресте ремней прикреплена бляха большего размера в виде четырехлепестковой розетки с нервюрной обводкой и фигурным краем. В центре бляхи нервюрой выделен кружок. Детали портупей зафиксированы в памятниках IX–XI вв. в северо-западных предгорьях Алтая. Ремни портупей украшены бронзовыми и серебряными бляхами [Могильников, 2007, с. 116].

Для ИСП-МС анализа были взяты пробы металла одной бляхи пояса-портупей, одной из нащечных пластин узды и пластины с султанчиком от наносного ремня (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав металла поясной и уздечной гарнитуры из МУМК.

Масс-спектрометрический анализ ИСП-МС (% масс), ООО ХАЦ «Плазма», Томск

Шифр пробы, место взятия, фото артефакта	Бляха портупей. МУМК, К27, п. 2	Пластинь нащечные. МУМК, К27, п. 2, №718	Пластина наносная. МУМК, К27, п. 2 №717	Пряжка. МУМК, К35, п. 1, №735	Обойма. МУМК, К43, п. 2, №627	Бляха большая, окисел. МУМК, К77	Пластина с обратной стороны большой бляхи, окисел. МУМК, К77
	1	2	3	4	5	6	7
ЭЛЕМЕНТ	СОДЕРЖАНИЕ, %						
Бериллий (Be)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Натрий (Na)	0,0080	0,13	0,0051	0,0079	0,0088	0,0057	0,011
Магний (Mg)	0,0098	0,050	0,012	0,0080	0,013	0,013	0,017
Алюминий (Al)	0,059	0,49	0,027	0,0069	0,025	0,071	0,058
Фосфор (P)	0,61	0,0084	0,0038	0,0032	0,0055	0,0058	0,0044
Калий (K)	0,013	0,10	0,0044	0,0048	0,0020	0,012	0,0097
Скандий (Sc)	<0,0001	0,00055	0,00017	<0,0001	0,00077	<0,0001	0,00020
Титан (Ti)	0,0098	0,028	0,0028	0,0018	0,0036	0,0039	<0,001
Ванадий (V)	<0,0001	0,00087	0,00031	0,0019	0,0016	0,00051	0,0022
Хром (Cr)	0,00056	0,0024	0,00074	0,0027	0,0027	0,00060	0,0018
Марганец (Mn)	0,0021	0,0071	0,0014	0,0061	0,0046	0,0018	0,0041
Железо (Fe)	1,00	0,36	0,042	0,66	0,18	0,059	0,033
Кобальт (Co)	0,000078	0,0038	0,00042	0,00018	0,0074	0,000018	0,000052
Никель (Ni)	0,0023	0,017	0,0017	0,025	0,037	0,000074	0,000045
Медь (Cu)	95,42	63,38	98,44	87,00	88,83	0,57	0,32
Цинк (Zn)	0,018	13,1	1,25	9,48	2,71	0,0035	0,022
Галлий (Ga)	0,000032	0,00039	0,000035	0,00017	0,0011	0,000032	0,000087
Германий (Ge)	0,000010	0,000069	<0,00001	0,00023	0,00022	<0,00001	0,000020
Мышьяк (As)	0,0046	0,089	0,0099	0,034	0,15	0,00031	0,0015
Селен (Se)	0,0011	0,0023	0,00051	0,0067	0,0044	0,00010	0,00029
Рубидий (Rb)	0,000060	0,00042	0,000015	0,000053	0,0000074	0,000085	0,000055

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Стронций (Sr)	0,0016	0,0020	0,00018	0,00018	0,00019	0,00015	0,00016
Иттрий (Y)	0,000024	0,00016	0,000025	0,000041	0,00012	0,000026	0,000047
Цирконий (Zr)	0,000083	0,00056	0,00014	<0,00001	0,00022	0,00011	0,00019
Ниобий (Nb)	0,000017	0,00023	0,000033	0,000068	0,00041	0,000043	0,000077
Молибден (Mo)	0,000018	0,000010	0,000013	0,000059	0,000095	0,0000073	0,000014
Рутений (Ru)	<0,00001	0,000023	<0,00001	0,000031	0,000029	<0,00001	<0,00001
Серебро (Ag)	0,085	0,054	0,0040	0,074	0,18	0,10	0,56
Кадмий (Cd)	0,000013	0,000024	0,0000033	<0,000001	0,0000067	0,0000085	0,0000020
Индий (In)	0,00020	0,0013	0,00010	0,000013	0,00067	0,0000021	<0,000001
Олово (Sn)	0,65	1,47	0,11	0,11	1,84	0,00032	0,0020
Сурьма (Sb)	0,018	0,030	0,0034	0,023	0,079	0,000015	0,00038
Теллур (Te)	0,013	0,00017	0,000013	0,0023	0,0020	0,00015	0,000031
Цезий (Cs)	0,0000061	0,000016	0,0000022	<0,000001	0,0000043	0,0000048	0,0000014
Барий (Ba)	0,0029	0,0036	0,00041	0,00048	0,0013	0,0010	0,00048
Лантан (La)	0,000033	0,00013	0,000017	0,0000099	0,000060	0,000030	0,000031
Церий (Ce)	0,000052	0,00019	0,000031	0,0000093	0,000053	0,000065	0,000044
Празеодим (Pr)	0,0000074	0,000030	0,0000032	0,0000027	0,000019	0,0000069	0,000011
Неодим (Nd)	0,000027	0,00013	0,0000082	0,000013	0,000078	0,000027	0,000033
Самарий (Sm)	0,0000058	0,000034	0,0000023	<0,000001	0,000019	0,0000061	0,000010
Европий (Eu)	0,0000015	0,000011	<0,000001	<0,000001	0,0000039	<0,000001	<0,000001
Гадолиний (Gd)	0,0000047	0,000020	<0,000001	<0,000001	0,000022	0,0000057	0,0000017
Тербий (Tb)	0,0000011	0,0000045	<0,000001	0,0000020	0,0000048	<0,000001	<0,000001
Диспрозий (Dy)	0,0000038	0,000027	<0,000001	<0,000001	0,0000050	0,0000070	<0,000001
Гольмий (Ho)	0,0000014	0,0000045	<0,000001	0,0000017	0,0000084	0,0000019	0,0000051
Эрбий (Er)	0,0000022	0,0000083	<0,000001	<0,000001	0,0000024	0,0000033	0,0000023
Тулий (Tm)	<0,000001	0,0000017	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Иттербий (Yb)	0,0000020	0,0000098	<0,000001	<0,000001	0,0000040	0,0000015	<0,000001
Лютеций (Lu)	<0,000001	0,0000026	<0,000001	<0,000001	0,0000026	<0,000001	<0,000001
Гафний (Hf)	0,0000014	0,000012	0,0000019	<0,000001	0,0000068	0,0000030	<0,000001
Тантал (Ta)	<0,000001	0,0000031	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Вольфрам (W)	0,000013	0,0000082	0,0000014	0,000017	0,000021	0,0000015	0,0000049
Рений (Re)	<0,000001	0,0000059	0,0000014	<0,000001	0,0000072	<0,000001	<0,000001
Платина (Pt)	0,000036	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00039	0,000011
Золото (Au)	0,29	0,0012	0,000037	0,0012	0,0062	5,51	0,10
Ртуть (Hg)	0,00046	0,0000055	<0,000001	0,000026	0,000075	0,00021	0,000067
Таллий (Tl)	<0,000001	0,0000062	<0,000001	0,0000030	0,0000067	0,000011	<0,000001
Свинец (Pb)	1,74	0,67	0,074	2,44	5,84	0,0061	0,014
Висмут (Bi)	0,032	0,0050	0,00046	0,097	0,056	0,0099	0,00038
Торий (Th)	0,0000066	0,000025	0,0000039	0,0000027	0,0000012	0,000010	0,0000044
Уран (U)	0,0000022	0,0000051	0,0000013	0,0000066	<0,000001	0,0000017	<0,000001

Погребение в кургане №77 МУМК также относится к «элитным». Зафиксировано захоронение с черепом и конечностями коня в ногах человека. С погребенным найдены железные наконечники стрел, нож, тесло-топор, кресало с кремнем, крючок, удила и железные предметы плохой сохранности. Уникальной находкой является парадный пояс знатного человека (рис. 2) [Плетнёва, 1997, с. 65].

Пояс изготовлен из кожаного ремня, ширина которого составляла 1,5–1,7 см на момент изъятия из погребения. К настоящему времени его ширина сократилась до 1,1–1,2 см. Ремень был несколько раз подогнут. Под ним прослежены в двух местах фрагменты ткани. Видимо, полоска плотной ткани пришивалась к ремню с тыльной стороны, чтобы прикрыть острые концы проволочных скобок, крепящих накладные бляхи, которые могли повредить



Рис. 2. МУМК, курган №77. Фрагменты пояса

одежду воина под ремнем. Ремень был украшен металлическими бляхами, из которых сохранилось 19 шт. Бляхи изготовлены методом штамповки и позолочены. Они выполнены в виде четырехлепестковой розетки с выемками по краю и обведены нервюрой (рис. 3). Два лепестка объединяет фигурка выпуклого овального тела «пчелки» и вогнутого кружка (ее головки). В двух других противоположающихся лепестках бляхи пробиты отверстия.

Кроме описанных блях сохранились три больших бляхи парадного пояса, служащих для соединения двух ремней, пересекающихся под прямым углом (рис. 4).

В центре больших блях находится нервюрная прямоугольная рамка. В ней расположен восьмилепестковый цветок, в его центре – четырехлепестковая розетка. За рамкой с каждой из ее сторон выполнен узор в виде трех дуг с тремя штрихами.

Описанные выше бляхи выполнены из тонкого (менее 0,3 мм) листового металла методом штамповки и позолочены. Следует отметить сложность и многоплановость содержания тонкого рисунка блях, что требовало высокого мастерства изготовления штампа при его достаточно высокой твердости. Полости с обратной стороны больших блях закрыты металлическими пластинами, точно подогнанными и вставленными в полость заподлицо с краями блях. Пластины отлиты вместе со скобами для крепления блях на ремнях. Кроме того, на ремне были зафиксированы два бронзовых тренчика с фигурными краями и пряжка с овальной рамкой и щитком. На одной пластине сохранились две целых скобы и небольшие выступы от третьей. Две скобы расположены параллельно, а третья – перпендикулярно к ним. На пластинах двух других блях имеется по две параллельных скобы.



Рис. 3. МУМК, курган №77. Малые бляхи пояса



Рис. 4. МУМК, курган №77. Большая бляха с лицевой и оборотной сторон

Полученные результаты анализа методом ИСП-МС, показавшие высокое содержание золота (0,10; 0,29; 5,51%) в пробах малой и большой блях и вставной пластины (табл. 1), подтверждают наши предположения о том, что желтый цвет покрытия их поверхности определяется позолотой (табл. 1). Поскольку позолота блях покрывает их поверхность со всех сторон, можно предположить, что золочение проводилось с их предварительной химической очисткой, погружением в амальгаму золота (раствор золота в ртути) и последующим нагреванием изделия для полного выпаривания ртути. Такое «огневое» амальгамное золочение весьма опасно для его исполнителей (возможно отравление парами ртути). В пользу того, что применялась такая технология золочения, свидетельствует хорошая сохранность позолоты на бляхах, хотя, возможно, мастера того времени владели и другими способами золочения [Горбунова и др., 2008, 2009].

Кроме описанных малых и больших блях были выполнены анализы ИСП-МС еще двух предметов из разных захоронений курганов МУМК. Пряжка отлита из медного сплава, макросостав которого содержит 87%



Рис. 5. МУМК. Курган №35, погребение-1.  
Пряжка от пояса



Рис. 6. МУМК. Курган №43, погребение-2.  
Обойма от пояса

ма, макросостав которого содержит 87% меди, 9,48% цинка и 2,44% свинца (рис. 5, табл. 1). Такой сплав меди, легированный цинком, относится к латуням.

Обойма с двумя бортиками из погребения-2 кургана №43 отлита также из латуни (рис. 6). Ее макроэлементный состав: медь – 88,83%, цинк – 2,71%, мышьяк – 0,15%, серебро – 0,18%, олово – 1,84%, свинец – 5,84% (табл. 1).

ИСП-МС анализ наносной пластины с султанчиком из комплекта уздечки (рис. 7) показал, что он выполнен из меди (98,44%) с повышенным содержанием цинка (1,25%) (табл. 1). Пластина с лицевой стороны окантована выпуклой насечкой и параллельно – чеканкой маленьких кружков в один ряд. К ремню пластина крепится шестью сквозными заклепками, расклепанными с обратной стороны ремня. В центр пластины вставлена трубочка (султанчик) с пучком конских волос, конец которой надрезан и разогнут с тыльной стороны пластины [Плетнева, 2011, рис. 1].

ИСП-МС анализ металлических нащечных пластин (рис. 8) от уздечки из погребения-2 кургана №27 МУМК показал, что они выполнены из латуни, то есть с более высоким содержанием цинка (медь – 63,38%, цинк – 13,1%, табл. 1).

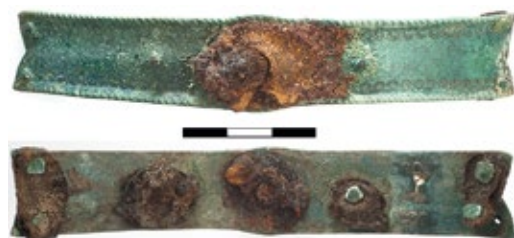


Рис. 7. МУМК. Курган №27, погребение-2. Пластина с султанчиком от наносного ремня узды

Высокочувствительный ИСП-МС анализ позволил количественно охарактеризовать по содержанию 61 элемента химический состав медных сплавов образцов поясной торевтики курганной группы у устья речки Малая Киргизка времени развитого Средневековья (табл. 1).

Три предмета (пряжка, обойма, нащечная пластина) из пяти проанализированных изделий выполнены из латуни (из медного сплава, легированного цинком от 2,71 до 13,1%). При этом они дополнительно легированы свинцом (от 0,67 до 5,84%), а два из них – еще и оловом (от 1,47 до 1,84%). Поскольку содержание свинца и олова сравнительно низкое, видимо, главным был процесс легирования цинком. При этом для получения сплава использовались куски вторичной бронзы неизвестного химического состава. Пластина с султанчиком выполнена из меди, но с повышенным содержанием цинка – до 1,25%.

Следует также отметить, что химический состав малых блях, украшающих португепю (рис. 1), существенно отличается от металла других предметов как по макро-, так и по микросоставу. Их макросостав близок к составу нелегированной чистой меди (95,4%) при повышенном содержании железа (1%) и свинца (1,74%). А вот содержание других элементов более чем на порядок ниже, чем в сплавах других предметов. Однако содержание золота (0,29%) в 100–1000 раз выше, чем в сплавах других предметов. Это объясняется тем, что при отборе пробы в нее попал кусочек позолоты бляхи. Следовательно, медный сплав малых блях португепи не легирован золотом, и его содержание близко к его низкому значению в сплавах других исследованных предметов, а бляхи португепи соответственно позолочены.

Микросостав сплава, в который на уровне содержания 0,000 001% входят в основном редкоземельные элементы (лантан (La), церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb), лютеций (Lu), гафний (Hf) и радиоактивные элементы (торий (Th), уран (U)), а также ряд других на уровне 0,000 01% (рубидий (Rb), иттрий (Y), цирконий (Zr), ниобий (Nb), молибден (Mo), рутений (Ru), тантал (Ta), вольфрам (W), рений (Re), платина (Pt), таллий (Tl)), позволяет оценивать чистоту меди и ее происхождение из руд, если известен их состав, а также дает возможность детально изучать процессы создания различных сплавов. Но такая задача в данном исследовании перед нами не стояла.

Отдельно надо остановиться на двух последних пробах в табл. 1. Эти пробы были отобраны от большой бляхи и пластины, вставленной в нее с обратной стороны, включая сохранившийся на их поверхности материал ремня, окислы и позолоту. Поэтому определен их усредненный химический состав, который не может количественно характеризовать металл, что подтверждает низкое содержание меди (0,32–0,57%) и других элементов, характерных для макросостава медных сплавов. Но вот золота, привнесенного в пробы за счет позолоты, оказалось довольно много (0,1% и 5,1%). Кроме того, в этих пробах отмечается повышенное содержание серебра (0,1% и 0,56%). Такое высокое содержание двух благородных металлов здесь не случайно, оно связано с тем, что для позолоты использовалось не чистое золото, а сплав золота с серебром. Состав позолоты в чистом виде мы количественно не анализировали. Однако его можно оценить по известной цветовой шкале: красивый светло-желтый цвет позолоты (рис. 3) соответствует добавке к золоту около 30% серебра. Такой драгоценный сплав золота и серебра был известен еще в древности. Эллины дали ему название «электрум». Кроме того, он встречается в природном виде и добывался еще в Древней Лидии.



Рис. 8. МУМК. Курган №27, погребение-2. Пластины с нащечных ремней узды



Рис. 9. БКМ. Курган №42, погребение-2. Бляхи-обоймы с лицевой и оборотной сторон

Выполнить анализ чистого металла большой бляхи из кургана №77 не удалось, но косвенно по анализу конгломерата и идентичности ее внешнего вида с малой бляхе уздечки можно предположить, что их состав аналогичен составу последней и является нелегированной медью.

Кроме того, выявлены конструктивные особенности металлических частей воинских поясов и уздечки коня, а также способы их изготовления. Изучение торевтики поясов и уздечек развитого Средневековья из курганов у устья Малой Киргизки показало их высокое художественное исполнение, а также продемонстрировало высокий уровень инженерных знаний и мастерство ее изготовителей в области механической обработки медных сплавов и технологий по работе с драгоценными металлами.

*Курганный могильник Басандайка (БКМ).* Пояс из погребения-2 кургана №42 БКМ располагался на тазовых костях и состоял из нескольких фрагментов. Пояс кожаный, с двух сторон прошит нитками, ширина его 1,8 см. Он украшен бронзовыми накладками в виде трилистника, которые крепились к ремню штифтиками. На пояс надеты три круглых бляхи-обоймы с овальными дужками. Кроме того, обнаружены два тренчика подпрямоугольной формы. К одному концу ремня прикреплена бронзовая пряжка с железным язычком [Басандайка, 1947, табл. 55]. В описании А.П. Дульзона [1947, с. 98] указано, что часть пояса украшений не имела. С умершим были положены наконечники стрел, кресало и нож (оба в деревянной оправе), топор-тесло, две бусины. Найдены кусочки шелковой ткани (в частности, на пряжке) и полоска ткани мешочного типа, сложенная вдвое. В области таза под костяком и над ним обнаружена шкурка. Из этого погребения для анализа взяты две круглых с лицевой стороны обоймы с прямоугольной рамкой на обороте, с небольшим выступом, видимо, от петли одной из них (рис. 9), и фрагменты двух тренчиков (рис. 10; табл. 2).

В Лесостепном Алтае похожий воинский пояс был найден на могильнике Кармацкий (курган №9, могила-2) [Тишкин, 2009, рис. 59]. Он отличается от басандайского более сложной конструкцией лицевой части. На обороте блях-обойм, как и у басандайских, имеются две прямых скобки для продевания ремня. На ремне из Кармацкого могильника, как и на басандайском, имеются три круглые бляхи-обоймы, две из которых с петлями внизу. В басандайском комплекте два тренчика, а в кармацком – один.







Рис. 10. БКМ. Курган №42, погребение-2. Тренчики

Воинские пояса, подобные басандайскому, найдены в могильнике Высокий Борок, курганы №4 (погребение-1) и №10 [Адамов, 2000, рис. 73-15, 16, 17; 76.-9, 15.-1]. Отличием является изготовление деталей поясов из железа. Указанные пояса из Лесостепного Алтая и Новосибирского Приобья датируются XIII–XIV вв. [Тишкин, 2009, с. 82; Адамов, 2000, рис. 109].



Таблица 2

Химический состав металла поясной гарнитуры из БКМ.  
ИСП-МС анализ (% масс), ООО ХАЦ «Плазма», Томск

Название предмета, памятник, фото	Тренчик. БКМ, К42, п. 2, №534/1 	Тренчик. БКМ, К42, п. 2, №534/2 	Бляха-обойма. БКМ, К42, п. 2, №538 	Бляха-обойма. БКМ, К42, п. 2, №535 	Стандарт сплава меди СОП 40008-2000 М2р контрольный
ЭЛЕМЕНТ	СОДЕРЖАНИЕ, %				
Бериллий (Be)	0,00037	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Натрий (Na)	0,029	0,0017	0,082	0,13	0,0019
Магний (Mg)	0,023	0,0034	0,033	0,12	0,0019
Алюминий (Al)	0,066	0,038	0,15	0,25	0,0024
Фосфор (P)	0,57	0,019	0,93	0,092	0,0031
Калий (K)	0,014	<0,001	0,064	0,065	<0,001
Скандий (Sc)	0,0021	0,00082	0,0035	0,012	<0,0001
Титан (Ti)	0,0037	<0,001	0,023	0,013	<0,001
Ванадий (V)	0,0026	0,0027	0,0027	0,027	0,00025
Хром (Cr)	0,0035	0,0045	0,0044	0,027	0,000697
Марганец (Mn)	0,014	0,0026	0,012	0,059	0,00062
<b>Железо (Fe)</b>	<b>0,32</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,18</b>	<b>0,0033</b>
Кобальт (Co)	0,0041	0,0033	0,0029	0,0028	0,000016
Никель (Ni)	0,026	0,031	0,022	0,025	0,017
<b>Медь (Cu)</b>	<b>83,15</b>	<b>88,57</b>	<b>82,43</b>	<b>88,67</b>	<b>99,89</b>
<b>Цинк (Zn)</b>	<b>0,031</b>	<b>0,042</b>	<b>0,028</b>	<b>0,070</b>	<b>0,0073</b>
Галлий (Ga)	0,00072	0,00041	0,00055	0,00090	<0,00001
Германий (Ge)	0,00018	0,000076	0,00023	0,000036	<0,00001
Мышьяк (As)	0,11	0,10	0,091	0,10	0,0044
Селен (Se)	0,0049	0,0051	0,0050	0,0058	0,0054
Рубидий (Rb)	0,000059	0,000048	0,00023	0,000040	0,000016
Стронций (Sr)	0,00091	0,00016	0,0014	0,0015	0,000012
Иттрий (Y)	0,00016	0,00012	0,000198	0,000037	<0,00001
Цирконий (Zr)	0,00020	0,00028	0,00044	0,00068	0,000010
Ниобий (Nb)	0,00014	0,00028	0,00053	0,0011	0,000017
Молибден (Mo)	0,000043	<0,000001	0,000054	0,000079	0,000016
Рутений (Ru)	0,000033	0,000044	0,000055	0,00012	<0,00001
<b>Серебро (Ag)</b>	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,079</b>	<b>0,10</b>	<b>0,0071</b>
Кадмий (Cd)	0,000046	0,000054	0,000052	0,000054	<b>0,010</b>
Индий (In)	0,0036	0,0022	0,0026	0,00048	0,000018
<b>Олово (Sn)</b>	<b>5,01</b>	<b>2,00</b>	<b>3,14</b>	<b>3,02</b>	0,0045
Сурьма (Sb)	0,068	0,051	0,046	0,048	0,012
Теллур (Te)	0,0035	0,0027	0,0027	0,0022	0,0050
Цезий (Cs)	0,000018	0,000038	0,000093	0,000010	<0,000001
Барий (Ba)	0,0034	0,00052	0,0048	0,0055	0,00011
Лантан (La)	0,00025	0,000035	0,00014	0,000081	<0,000001
Церий (Ce)	0,00018	0,000018	0,00013	0,00021	0,0000086
Празеодим (Pr)	0,000062	0,000023	0,000027	0,000045	<0,000001
Неодим (Nd)	0,00018	<0,000001	0,00014	0,000043	0,0000021

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Самарий (Sm)	0,000045	0,000018	0,000041	0,000029	0,000026
Европий (Eu)	0,000011	0,0000012	0,0000055	<0,000001	<0,000001
Гадолиний (Gd)	0,000081	<0,000001	0,0000076	0,000056	<0,000001
Тербий (Tb)	0,0000069	<0,000001	0,0000030	0,0000032	<0,000001
Диспрозий (Dy)	0,000034	0,0000092	0,000030	0,000051	<0,000001
Гольмий (Ho)	0,000013	0,000012	0,000015	0,000035	<0,000001
Эрбий (Er)	0,000014	<0,000001	0,0000074	<0,000001	<0,000001
Тулий (Tm)	<0,000001	<0,000001	0,0000021	0,0000012	<0,000001
Иттербий (Yb)	0,0000054	<0,000001	<0,000001	0,0000087	<0,000001
Лютеций (Lu)	0,0000041	<0,000001	0,0000011	<0,000001	<0,000001
Гафний (Hf)	<0,000001	0,000011	<0,000001	<0,000001	<0,000001
Тантал (Ta)	0,0000022	<0,000001	<0,000001	0,0000089	<0,000001
Вольфрам (W)	0,000086	0,0000016	0,000047	0,00046	0,000079
Рений (Re)	0,0000085	0,0000042	<0,000001	0,000071	0,000015
Платина (Pt)	<0,00001	<0,00001	0,000022	0,000026	0,000018
<b>Золото (Au)</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0026</b>	<b>0,0016</b>	<b>0,0056</b>	<b>0,00046</b>
Ртуть (Hg)	0,0018	0,000054	0,00025	0,00033	<0,000001
Таллий (Tl)	0,0000032	0,0000087	0,000011	0,000014	<0,000001
<b>Свинец (Pb)</b>	<b>10,3</b>	<b>8,72</b>	<b>12,5</b>	<b>6,87</b>	<b>0,012</b>
<b>Висмут (Bi)</b>	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	<b>0,093</b>	<b>0,089</b>	<b>0,011</b>
Торий (Th)	0,0000083	0,0000025	0,000024	0,000015	<0,000001
Уран (U)	0,0000073	0,0000057	<0,000001	0,000047	<0,000001

Методом ИСП-МС проанализированы всего лишь четыре предмета поясной атрибутики из Басандайского курганного могильника (табл. 2). Химический макросостав их сплавов существенно отличается от состава сплавов предметов из могильника у устья Малой Киргизки, изготовленных из латуни. В басандайских сплавах практически отсутствует характерный для латуни цинк, его всего 0,028–0,07%. При этом наблюдается высокое содержание легирующих элементов (олова – 2–5,1%, свинца – 6,9–13,0%) и повышенное содержание серебра (0,08–0,1%) и висмута (0,089–0,15%). Таким образом, все четыре предмета (пряжки-обоймы и тренчики) отлиты из оловянно-свинцовой бронзы, причем довольно близкого макро- и микросостава. Вывод по микросоставу сплавов БКМ аналогичен приведенному выше выводу по могильнику МУМК.

В последней колонке таблицы 2 приведены результаты анализа химического состава государственного стандартного образца состава сплава достаточно чистой меди СОП 40008–2000 М2р, который использовался для контроля правильности анализа ИСП-МС для партии проб наших артефактов. Кроме того, демонстрация результатов анализа стандартного образца с каждой партией проб позволяет контролировать правильность результата ИСП-МС анализа в разновременных публикациях.

### Заключение

Сравнение сплавов по их макросоставу всех проанализированных проб наглядно представлено в таблице 3. Для изучения технологий создания металлических предметов торевтики мужских поясов и уздечек развитого Средневековья Томского Приобья использовался нетрадиционный для археологов, но современный и сравнительно дешевый в расчете на один элемент мультиэлементный высокоточный метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) для анализа химического состава металла.

Результаты анализа позволили выделить четыре типа используемых медных сплавов (табл. 1–3). Большие и малые бляхи, украшающие воинские пояса и уздечки коней из курганов могильника у устья Малой Киргизки, были выполнены из свинцовой бронзы, для их позолоты использовался сплав золота с серебром типа «электрум». Пряжки пояса и нащечные пластины уздечки того же могильника выполнены из латуни. Наносная

Таблица 3

Макросостав, содержание основных элементов в медных сплавах предметов торевтики из МУМК и БМК (по данным анализа ИСП-МС, % масс.)

Элемент	Лагунь. МУМК 3 пробы	Медь. Пластина наносная. МУМК 1 проба	Бронза. свинцовистая бляха малая. МУМК 1 проба	Бронза. Оловянисто-свинцовистая. БМК 4 пробы	Окисел. Бляха большая. МУМК 1 проба	Окисел. Пластина с обратной стороны бол. бляхи. МУМК 1 проба
<b>Cu</b>	<b>63,38–88,83</b>	<b>98,44</b>	<b>95,42</b>	<b>82,43–88,67</b>	0,57	0,32
<b>Zn</b>	<b>2,71–13,1</b>	1,25	0,018	0,04–0,07	0,004	0,022
<b>Sn</b>	0,11–1,84	0,11	0,65	<b>2,0–5,0</b>	0,0003	0,0020
<b>Pb</b>	0,67–5,8	0,704	<b>1,74</b>	<b>6,9–13,0</b>	0,14	0,14
<b>Ag</b>	0,054–0,18	0,0040	<b>0,085</b>	<b>0,08–0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,56</b>
<b>Au</b>	0,0012–0,006	0,000037	0,29	0,002–0,006	<b>5,5</b>	<b>0,10</b>

пластина по составу близка к нелегированной меди с повышенным содержанием цинка. Бляхи-обоймы и тренчики пояса из Басандайского курганного могильника выполнены из оловянно-свинцовой бронзы. Кроме того, выявлены конструктивные особенности металлических частей воинских поясов и уздечек коней, а также способы их изготовления.

### Библиографический список

- Адамов А.А. Новосибирское Приобье в X–XIV вв. Тобольск ; Омск : Изд-во ОмГПУ, 2000. 256 с.
- Басандайка : сборник материалов и исследований по археологии Томской области. Томск : Полиграфиздат, 1947. 220 с.
- Вертман Е.Г., Федюнина Н.В. Методика выполнения измерений массовых долей 62 элементов в почвах, донных отложениях, горных породах и сплавах цветных металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. МВИ №002-ХМС-2009, ФР.1.31.2010.06998. ООО «Химико-аналитический центр «Плазма». Томск, 2009.
- 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. Масс-спектрометрический мультиэлементный анализ артефактов древнего бронзово-литейного центра и шаманской атрибутики Таймыра // Теория и практика археологических исследований. 2015. №1(11). С. 94–112.
- Горбунова Т.Г., Тишкин А.А., Хаврин С.В. Золотое амальгамирование в оформлении художественного металла сrostкинской культуры // Древние и средневековые кочевники Центральной Азии. Барнаул : Азбука, 2008. С. 168–172.
- Горбунова Т.Г., Тишкин А.А., Хаврин С.В. Средневековые украшения конского снаряжения на Алтае: морфологический анализ; технологии изготовления, состав сплавов. Барнаул : Азбука, 2009. 144 с.
- Дульзон А.П. Дневники раскопок курганного могильника на Басандайке // Басандайка : сборник материалов и исследований по археологии Томской области. Томск : Полиграфиздат, 1947. С. 65–115.
- Могильников В.А. Кочевники северо-западных предгорий Алтая в IX–XI вв. М. : Наука, 2002. 362 с.
- Плетнёва Л.М. Томское Приобье в начале II тыс. н.э. (по археологическим источникам). Томск : Изд-во Том. ун-та, 1997. 350 с.
- Плетнёва Л.М. Металлические предметы узды коня из кургана 27, погребения 2 курганного могильника у Устья Малой Киргизки // Этническая история и культура тюркских народов Евразии. Омск : Полиграфист, 2011. С. 145–148.
- Тишкин А.А. Алтай в монгольское время (по материалам археологических памятников). Барнаул : Азбука, 2009. 208 с.

### References

- Adamov, A.A. Novosibirskoe Priobyie v X–XIV vv. [Novosibirsk Ob Region in the 10<sup>th</sup> – 14<sup>th</sup> Centuries]. Tobolsk – Omsk : Omsk State Pedagogical University, 2000. 256 p.
- Basandajka: sbornik materialov i issledovanij po arheologii Tomskoj oblasti [Basandaika: Collection of Archaeological Materials and Studies for the Tomsk Region]. Tomsk : Poligrafizdat, 1947. 220 p.
- Vertman E.G., Fedyunina N.V. Metodika vypolneniya izmerenij massovyh dolej 62 elementov v pochvah, donnyh otlozheniyah, gomyyh porodah i splavah cvetnyh metallov metodom mass-spektrometrii s induktivno svyazannoj

plazmoj. MVI №002-HMS-2009, FR.1.31.2010.06998 [Mass Fraction Measurement Procedure for 62 Elements in Soils, Bottom Sediments, Rocks and Non-Ferrous Metal Alloys by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. Measurement Procedure No. 002-KhMS-2009, FR.1.31.2010.06998]. Tomsk : OOO "Himiko-analiticheskij centr "Plazma", 2009.

Vertman E.G., Fedyunina N.V., Tenyaksheva S.E. Mass-spektrometričeskij analiz s induktivno svyazanoj plazmoj i osobennosti ego primeneniya v arheologii [Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry and Its Applications to Archaeology]. Rol estestvenno-nauchnyh metodov v arheologičeskikh issledovaniyah [The Role of Natural Scientific Methods in Archaeological Research]. Barnaul : Izd-vo Alt. un-ta, 2009. Pp. 48–50.

Vertman E.G. Mass-spektrometričeskij multielementnyj analiz artefaktov drevnego bronzovo-litejnogo centra i shamanskoj atributiki Tajmyra [Mass Spectrometry Multielement Analysis of Artifacts of an Ancient Bronze Foundry Center and Shamanistic Attributes from Taimyr]. Teoriya i praktika arheologičeskikh issledovanij [Theory and Practice of Archaeological Studies]. 2015. №1 (11). Pp. 94–112.

Gorbunova T.V., Tishkin A.A., Havrin S.V. Srednevekove ukrasheniya konskogo snaryazheniya na Altae: morfoloģičeskij analiz; tehnologii izgotovleniya, sostav splavov [Medieval Decorations of Horse Harness Decorations in the Altai Region: Morphological Analysis, Manufacturing Techniques and Alloy Composition]. Barnaul : Azbuka, 2009. 144 p.

Gorbunova T.V., Tishkin A.A., Havrin S.V. Zolotoye amalgamirovanie v oformlenii hudozhestvennogo metalla srostskinskoj kultury [Gold Amalgamation in Designing Metal Works of Art of the Srostki Culture]. Drevnie i srednevekove kočevniki Central'noj Azii [Ancient and Medieval Nomads of Central Asia]. Barnaul : Azbuka, 2008. Pp. 168–172.

Dulzon A.P. Dnevnik raskopok kurgannogo mogil'nika na Basandajke [Excavation Diaries of a Burial Mound in Basandaika]. Basandajka: sbornik materialov i issledovanij po arheologii Tomskoj oblasti [Basandaika. Collection of Archaeological Materials and Studies for the Tomsk Region]. Tomsk : Poligrafizdat, 1947. Pp. 65–115.

Mogilnikov V.A. Kočevniki severo-zapadnyh predgorij Altaya v IX–XI vv. [The Nomads of the Northwestern Foothills of the Altai Mountains in the 9<sup>th</sup>–11<sup>th</sup> Centuries]. Moscow : Nauka, 2002. 362 p.

Pletneva L.M. Tomskoye Pribye v nachale II tys. n.e. (po arheologičeskim istočnikam) [The Tomsk Ob Region in the Early Second Millennium AD (Based on Archaeological Data)]. Tomsk : Izd-vo Tom. un-ta, 1997. 350 p.

Pletneva L.M. Metallicheskie predmety uzdy konya iz kurgana 27, pogrebeniya 2 kurgannogo mogil'nika u Ust'ya Maloj Kirgizki [Metal Fragments of a Horse Bridle from Mound No. 27, Grave No. 2 of the Burial Ground at the Mouth of the Malaya Kirgizka River]. Etničeskaya istoriya i kul'tura tyurkskikh narodov Evrazii [The Ethnic History and Culture of the Turkic Peoples of Eurasia]. Omsk : Poligrafist, 2011. Pp. 145–148.

Tishkin A.A. Altaj v mongol'skoe vremya (po materialam arheologičeskikh pamyatnikov) [The Altai Region in the Mongolian Period (Based on Archaeological Data)]. Barnaul : Azbuka, 2009. 208 p.

**E.G. Vertman<sup>1</sup>, L.M. Pletneva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*The Russian Geographical Society, Tomsk, Russia;*

<sup>2</sup>*Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, Russia*

## **MANUFACTURING TECHNIQUES AND CHEMICAL COMPOSITIONS OF METALS, DETERMINED BY INDUCTIVELY COUPLED PLASMA MASS SPECTROMETRY, IN TOREUTICS OF THE HIGH MIDDLE AGES FROM THE TOMSK OB REGION**

The paper presents a morphological analysis of toreutics, such as belt sets and horse bridles, from mounds of the Basandaika burial ground and the burial ground at the mouth of the Malaya Kirgizka River. Graves from mounds No. 27 and No. 77 in the burial ground at the mouth of the Malaya Kirgizka River can be classified as elite graves in terms of funeral rites and the artifacts found in them. These are graves of military horse riders. In mound No. 27 a shoulder harness, possibly with a belt fragment, was found. In mound No. 77, a belt decorated with gilded plaques was found. These items indicate a high social status of the buried men. In total, 11 items were sampled from two mounds for analysis. In order to study manufacturing techniques of the metal toreutics, inductively coupled plasma mass spectrometry was used. The analysis for 61 chemical elements identified four types of copper alloys: copper, lead bronze, tin-lead bronze, and brass. Some items are gilded using amalgamation. Possibly, an alloy of gold and silver (electrum) was also used for gilding. Some design features of the metal parts of military belts and bridles, as well as associated manufacturing techniques were identified.

*Key words:* warrior belt, shoulder harness, bridle, toreutics, inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)