

И. В. Сальникова

*Институт археологии и этнографии СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия*

salnikovair@rambler.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ МЕДНОЛИТОЙ ПЛАСТИКИ *

Представлены результаты интерпретации рентгенофлуоресцентного анализа лигатурного состава крестов-тельников Илимского острога. Исследование ставило цели систематизировать результаты анализа элементного состава сплавов крестов-тельников, определить виды сплавов и выявить связь между типами предметов и видами лигатурного состава изделий. В изучении коллекции крестов-тельников (196 предметов) комплексно применен единый подход, основанный на методе математической статистики для характеристики лигатурных составляющих. Использование статистических методов необходимо для получения корреляции морфологических признаков. Показаны количественные характеристики элементного состава изделий. Дана объективная характеристика химического состава коллекции в целом, и различных типов крестов. Определены статистические закономерности отдельных лигатурных характеристик и их сочетаний для распределения по типам. Прослежена связь между составом сплавов и формой изделий. В итоге выявлены несколько видов сплавов, используемых для изготовления крестов-тельников, уточнена хронология изделий. Создана база данных элементного состава предметов, которая может быть применима для дальнейшей аналитики.

Ключевые слова: коллекция, меднолитая православная пластика, крест-тельник, метод рентгенофлуоресцентного анализа, лигатурный состав сплава, метод математической статистики.

Кресты-тельники из раскопок Илимского острога составляют значительную часть коллекции предметов православной пластики собрания Музея истории и культуры народов Сибири и Дальнего Востока ИАЭТ. Целью нашего исследования стало определение с использованием рентгенофлуоресцентного анализа основных закономерностей, которые могли быть технологическим и хронологическим маркером такого массового материала. Актуальность работы обусловлена необходимостью интерпретации результатов рентгенофлуоресцентной диагностики, определения статистических закономерностей распределения отдельных ли-

гатурных характеристик и их сочетаний для распределения по типам, выявленным автором собрания академиком В. И. Молодиным [2007. С. 38–87], а также уточнения хронологических рамок артефактов подобного рода. Новизна исследования заключается в том, что впервые в изучении коллекции крестов-тельников комплексно применен единый подход, основанный на методе математической статистики, для характеристики лигатурных составляющих, систематизации результатов анализа элементного состава сплавов, определения видов сплавов и выявления связи между типами предметов и видами лигатурного сплава. Использование

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00036).

статистических методов необходимо также для получения корреляции морфологических признаков.

Статистические методы в исследовании массового материала получили широкое распространение с 60–70-х гг. XX в. Ряд публикаций посвящен вопросу применения математических методов в археологических исследованиях. В специализированном сборнике статей «Археология и естественные науки» авторы аргументируют необходимость использования статистической обработки при исследовании массового материала, приводят конкретные примеры обработки данными методами археологических коллекций [Ковалевская (Деопик), 1965; Круг Г. К., Круг О. Ю., 1965; Маршак, 1965]. Здесь же описан, вероятно, один из первых опытов применения электронно-вычислительных машин для создания фонда археологических источников – базы данных [Шер, 1965]. В 70-е гг. XX в. результаты статистических исследований публиковались в сборнике научных статей «Статистико-комбинаторные методы в археологии», где излагалась методика формализации и статистического анализа археологического материала [Деопик, Карапетьянц, 1970; Шер, 1987]. Статья В. Ф. Генинга «Программа статистической обработки керамики» [1973] посвящена теории, терминологии и практике применения статистической обработки керамического комплекса. Проблемы формализации описания, кодирования признаков и использования математических методов в анализе массовых коллекций излагались в статьях Н. Ф. Федоровой [1977] и Д. В. Деопик [1977].

В 80–90-е гг. XX в. интерес к применению в исследовательской практике методов математической статистики возрос. В статьях и монографиях обсуждались способы статистического выявления взаимосвязей между признаками, предметами и группами предметов, актуальным стал вопрос археологической интерпретации полученных математических выводов. В их числе и монография Г. А. Федорова-Давыдова «Статистические методы в археологии» [1987]. Автор предлагает основные понятия теории вероятностей и математической статистики, приводит примеры разнообразных методов исследования массового археологического материала.

Проблеме информатизации археологических исследований, выбору процедур и алгоритмов посвящена монография А. П. Дервянко, А. Ф. Фелингера, Ю. П. Холюшкина «Методы информатики в археологии каменного века» [1989]. Опубликован ряд специализированных сборников научных статей: «Методология и методика археологических реконструкций», «Интеграционные программы фундаментальных исследований», «Информационные технологии в гуманитарных исследованиях», в которых представлена информация о результатах исследования археологических коллекций, где были использованы методы математической статистики [Дервянко, Холюшкин и др., 1994; Дервянко и др., 1998; Дервянко, Лбов и др., 1998]. Данный способ корреляции показателей использован для систематизации разнообразных характеристик наконечников стрел из археологических памятников Западной Сибири [Сальникова, 1997].

Приведенный выше краткий очерк методов использования математической статистики говорит о целесообразности его применения для анализа количественных и морфологических признаков.

«Во всех типологических работах... то есть там, где мы имеем множество однородных предметов... должна использоваться статистика – метод комбинирования, анализа и обобщения данных наблюдения» [Ковалевская (Деопик), 1965. С. 287].

Полученные в результате проведения РФА химического состава крестов-тельников данные необходимо было систематизировать для выявления связи между количественными характеристиками элементов сплавов и их типологией по морфологическим признакам. Была создана база данных, включающая всю полноту характеристик отдельных предметов: результаты РФА, типология предмета, место обнаружения. Затем сформирована сводная таблица, характеризующая всю полноту коллекции, – в нее вошли 196 образцов.

Всю совокупность количественных характеристик мы разделили по ингредиентам, составляющим вид сплава, и соотнесли их с типами изделий. Полученные результаты обрабатывались с использованием статистической программы SPSS Statistics, позволяющей вычислить большой набор

характеристик, установить связи между переменными. В результате выявлены распределения всех ингредиентов сплавов, из которых изготовлены кресты-тельники в целом по всей коллекции, дана количественная характеристика составляющих элементов сплавов по типам (использована классификация В. И. Молодина). Представлены минимальные и максимальные значения всех компонентов сплавов.

В итоге определено, что медь является основным компонентом и присутствует в 192 изделиях, цинк – в 152, свинец – в 123, олово – в 89. Максимальное значение меди 99,19 % (тип 8.1.3.1.), минимальное значение 0,54 % (тип 4.3.3). Цинк – соответственно 59,79 (тип 1.2.4.2) и 0,36 % (тип 11). Олово – 99,2 (тип 2.3.2) и 0,22 % (тип 6.3.1.2). Свинец – 98,63 (тип 6.3.1.2) и 0,28 % (тип 8.1.3.1) (табл. 1).

Автором методики выявления сочетаний ингредиентов сплавов является М. С. Шемаханская [Шемаханская и др., 1996. С. 15–16]. Использование данной методики дало возможность раскрыть различные виды сплавов, поэтому на следующем этапе предполагалось проследить связь между лигатурным составом и типом предмета.

Установлено распределение лигатурных характеристик наиболее крупных типов крестов-тельников.

Тип 1 – самая многочисленная группа предметов. Это 62 образца (см. табл. 1). Медь является основным компонентом сплава, ее содержание от 20,29 до 97,09 %. В качестве легирующей добавки в 57 экз. использован цинк (границы значений от 0,4 до 59,64 %). В 28 изделиях присутствует свинец (от 1,26 до 23,61 %). В 16 изделиях обнаружено олово (от 1,43 до 33,46 %). В составе одного изделия имеется серебро. Необходимо отметить, что четкой корреляции между составляющими ингредиентами сплавов не обнаружено. Единственная связь между переменными – это отрицательная зависимость между количеством цинка и олова: количество цинка увеличивается при уменьшении олова; слабая положительная связь между оловом и свинцом: при увеличении количества олова увеличивается количество свинца в изделиях. Все предметы данной группы, кроме одного, практически полностью состоящего из меди, изготовлены из многокомпонентных сплавов бронзы и латуни (см. табл. 1).

В первом типе встречены следующие сплавы: «медь-цинк» – 29 ед., это означает, что 48,7 % изделий изготовлены из латуни. «Медь-цинк-свинец» – 16 ед., что составляет 25 % изделий – свинцовая латунь. «Медь-цинк-олово-свинец» – 8 ед. – 12,8 %, сложная многокомпонентная латунь. «Медь-олово-свинец» – 3 ед. – 4,8 %, данный состав можно отнести к группе оловянистых бронз. Сплав «медь-цинк-олово» – 3 ед. (4,8 %) можно считать многокомпонентным бронзовым сплавом, поскольку главной составляющей является медь. Сплав «медь-олово» отнесен к классической бронзе – 2 ед. (1,2 %); «медь-цинк-олово-серебро» – 1 ед. (0,62 %).

Тип 2 включает пять предметов. Выявлены следующие сплавы: «медь-цинк-свинец» – (2 экз.); «медь-олово-свинец», где основным ингредиентом является свинец при минимальном количестве меди (1 экз.). Далее: «медь-цинк» и «медь-олово» по одному экземпляру: одно оловянное, одно изделие выполнено из латуни, одно бронзовое, и два отнесены к изделиям из оловянистых бронз.

Тип 3 – состав: «медь-цинк-свинец». Это означает, что предмет изготовлен из свинцовой латуни.

Тип 4 (см. табл. 1) – 31 экз. В составе пяти изделий обнаружено серебро, в двух экземплярах отсутствует медь, наблюдается увеличение количества свинца в сплавах и отрицательная зависимость между количеством цинка и олова – уменьшение количества цинка при увеличении количества олова. В данном типе выявлены следующие типы сплавов: «медь-олово-свинец» – 9 ед. (27,9 %) – оловянистая бронза; «медь-цинк-олово-свинец» – 5 ед. (16,2 %), «медь-серебро» – 5 ед. (16,1 %), «медь-цинк-олово» – 4 ед. (12,9 %), «медь-цинк» – 3 ед. (10,3 %), «медь-цинк-свинец» – 3 ед. (10,3 %), «олово-свинец» 2 ед. (6,2 %).

Тип 5 (см. табл. 1) – 10 ед. Отличается отсутствием олова, меньшим содержанием свинца (максимальное значение 4,36 %). Данные изделия можно отнести к латуням. Состав сплава: «медь-цинк» – 5 ед., «медь-цинк-свинец» – 5 ед.

Тип 6 представлен 23 образцами (см. табл. 1). Отличается от предыдущих высоким содержанием свинца (до 98,63 %) и олова (до 95,15 %). Можно с большой долей вероятности отнести данные изделия к

Таблица 1

Статистическая характеристика элементного состава крестов-тельников

Показатель		Cu	Zn	Sn	Pb
N	Валидные	192	152	89	123
	Пропущенные	4	44	107	73
Среднее		65,9973	16,3432	23,6676	10,0318
Медиана		73,5600	15,9850	14,6200	3,8700
Мода		,71 ^a	,58 ^a	6,16 ^a	1,77 ^a
Стандартное отклонение		24,62628	11,71092	24,60308	15,26861
Асимметрия		-1,549	,431	1,504	3,317
Минимум		,54	,36	,22	,28
Максимум		99,19	59,64	99,20	98,63

Кресты-тельники 1 типа

N	Валидные	62	57	16	28
	Пропущенные	0	5	46	34
Среднее		76,2861	18,5540	13,5481	5,5257
Медиана		77,9700	19,3100	12,7450	3,2800
Мода		20,29 ^a	,40 ^a	1,43 ^a	1,26 ^a
Стандартное отклонение		12,13810	11,49264	10,25923	5,14325
Асимметрия		-1,482	,667	,477	2,192
Минимум		20,29	,40	1,43	1,26
Максимум		97,09	59,64	33,46	23,61

Кресты-тельники 4 типа

N	Валидные	31	17	21	21
	Пропущенные	2	16	12	12
Среднее		60,0297	15,2894	18,6614	11,2871
Медиана		70,9400	15,4100	12,8100	8,8400
Мода		,54 ^a	,87 ^a	2,84 ^a	2,58
Стандартное отклонение		28,61870	12,19020	20,62453	11,18486
Асимметрия		-1,233	,126	1,898	1,002
Минимум		,54	,87	2,84	,77
Максимум		95,72	31,99	68,52	34,59

Кресты-тельники 5 типа

N	Валидные	10	10	0	5
	Пропущенные	1	1	11	6
Среднее		74,0960	24,2500		3,1400
Медиана		72,6250	26,8950		3,8700
Мода		64,68 ^a	4,37 ^a		,86 ^a
Стандартное отклонение		9,30803	9,25493		1,49571
Асимметрия		1,452	-1,358		-1,097
Минимум		64,68	4,37		,86
Максимум		95,28	34,09		4,36

Окончание табл. 1

Показатель		Cu	Zn	Sn	Pb
Кресты-тельники 6 типа					
N	Валидные	23	19	15	22
	Пропущенные	5	9	13	6
Среднее		48,4148	12,1700	47,5627	16,0950
Медиана		61,1900	9,7900	53,5600	4,1800
Мода		,71	,36 ^a	,22 ^a	,70 ^a
Стандартное отклонение		33,57059	10,03065	33,08545	23,63016
Асимметрия		–,215	,675	–,213	2,318
Минимум		,71	,36	,22	,70
Максимум		91,19	31,86	95,15	98,63
Кресты-тельники 7 типа					
N	Валидные	31	22	20	24
	Пропущенные	0	9	11	7
Среднее		62,8326	8,5536	15,4645	10,9742
Медиана		73,6400	3,4050	13,0200	4,1950
Мода		4,67 ^a	,58 ^a	5,02 ^a	1,23 ^a
Стандартное отклонение		25,39461	8,99169	12,19958	16,83003
Асимметрия		–1,378	1,158	3,015	3,500
Минимум		4,67	,58	5,02	1,23
Максимум		90,09	32,63	61,51	81,42
Кресты-тельники 8 типа					
N	Валидные	27	22	13	16
	Пропущенные	0	5	14	11
Среднее		72,69633	16,8432	16,1015	4,2469
Медиана		74,69000	18,1200	19,2600	4,1550
Мода		11,001 ^a	,58 ^a	,62 ^a	,28 ^a
Стандартное отклонение		16,452067	10,57682	14,08695	2,89653
Асимметрия		–2,280	–,099	,830	,168
Минимум		11,001	,58	,62	,28
Максимум		99,190	32,26	48,96	8,92

свинцовым латуням, в трех изделиях отсутствует в составе медь, в трех она минимальна (1 %). Данную группу характеризует наличие разнообразных сплавов.

Выявлены следующие сплавы: «медь-цинк-олово-свинец» – 7 ед. (30,4 %), «медь-цинк-свинец» – 5 ед. (21,7 %), «медь-цинк» – 2 ед. (13 %), «медь-олово-свинец» – 3 ед. (11,3 %), «олово-свинец» – 3 ед. (11,3 %), «медь-серебро-цинк-свинец» – 2 экз. (8,6 %), «медь-серебро-цинк» – 1 ед. (3,83 %).

Необходимо отметить неоднородность состава металла данной группы и определенную зависимость между количеством меди и другими компонентами сплава. При содержании меди менее трети основным легирующим элементом является олово, при минимальном содержании меди основной металл – свинец.

В тип 7 (см. табл. 1) входит 31 образец. Для него характерно отсутствие в сплаве цинка и олова в трети изделий, уменьшение доли цинка в составе изделий, наличие са-

мого большого количества изделий из серебра (6 ед., что составляет 20,6 %).

Определены следующие составы: «медь-цинк-олово-свинец» – 10 ед. (32 %), «медь-олово-свинец» – 7 ед. (22,5 %), «медь-цинк-свинец-серебро» – 5 ед. (16,3 %), «медь-цинк» – 3 ед. (9,3 %), «медь-цинк-свинец» – 2 ед. (6,4 %), «медь-олово» – 2 ед. (6,4 %), «медь-цинк-олово» – 1 ед. (3,2 %), «медь-цинк-серебро» – 1 ед. (3,2 %).

К типу 8 (см. табл. 1) относятся 27 изделий. Медь присутствует во всех экземплярах, олово отсутствует в половине случаев, в 11 ед. отсутствует такой компонент сплава, как свинец – его общее количество минимально (8,92 %), один предмет с добавлением серебра, сплав меди и свинца зафиксирован впервые.

Составы сплавов следующие: «медь-цинк-олово-свинец» – 7 ед., что составляет 25,9 %, «медь-цинк» – 7 ед. (25,9 %), «медь-цинк-свинец» – 5 ед. (18,5 %), «медь-цинк-олово» – 3 ед. (11 %), «медь-олово-свинец» – 3 ед. (11 %), «медь-свинец» – 1 ед. (3,8 %), «медь-серебро» 1 ед. (3,8 %).

Тип 9 представлен одним экземпляром. Сплав «олово-свинец-медь», меди меньше 2 %, олова 58 %, остальное свинец, крест по составу близкий к образцу из типа 7.

Тип 10 – серебряное изделие, в лигатуре присутствуют медь, свинец и цинк.

Тип 11 – сплав «олово-цинк», основным металлом является олово (77,25 %), цинк – легирующая добавка.

Такова общая характеристика составов сплавов по данным РФА образцов крестов-тельников Илимского острога. Результаты исследования – лигатурные ингредиенты и их сочетания (виды сплавов), аналогичны результатам, представленным в статье [Шемаханская и др., 1996. С. 15–17]. Исключением является наличие сплавов, содержащих серебро. Представительность исследуемой коллекции позволила сделать некоторые выводы по материалу изготовления крестов-тельников.

Из итоговой таблицы видно, что самая многочисленная группа изделий изготовлена из сплава «медь-цинк» – 50 ед. (табл. 2). Данный сплав является латунью, «широкое распространение которой было не ранее середины XVIII в.» [Там же. С. 18]. На втором месте по количеству изделий предметы, изготовленные из сплава «медь-цинк-свинец» (39 ед.). Близка к ней группа изделий из

многокомпонентного сплава, где присутствуют все 4 легирующих элемента (37 предметов). 27 образцов изготовлены из сплава «медь-олово-свинец». Представительная группа крестов (17 ед.) имеет в своем составе серебро. Последняя крупная группа изделий изготовлена из сплава «медь-цинк-олово» (10 ед.). В составе коллекции имеются изделия, выполненные из классической бронзы – сплав меди и олова (6 ед.), практически свинцовые или из сплава «олово-свинец» (5 ед.) и «медь-свинец» (1 ед.).

К сожалению, не удалось проследить взаимосвязь между отдельными компонентами сплавов, поскольку величины не подчиняются закону нормального распределения. Предполагаем, это связано с тем, что изготовление крестов было повсеместным промыслом и использовалось вторичное сырье, поэтому четкой рецептуры быть не могло. Тем не менее удалось проследить определенные тенденции и связь между элементами сплавов и формой предметов, особенно при изготовлении изделий, имитирующих благородный металл, в частности серебро. Литейщикам XVIII–XIX вв. были известны рецептуры, меняющие не только технологические свойства сплавов, придавая им пластичность и текучесть, но и изменяющие цвет предмета, что помогало имитировать изделия из драгоценных металлов.

По составам сплавов коллекция крестов-тельников и икон входит в группу изделий XVIII–XIX вв.

Необходимо отметить, что для литья изделий чаще использовали лом, но отдельные образцы могли служить моделями для формы и последующей отливки предметов. Форма изделий может повторяться, однако при использовании вторичной матрицы размеры меняются в сторону уменьшения. Допустимо предположить, что существовали местные центры бронзолитейного производства и мастера были знакомы с лучшими образцами православной пластики. Так, например, кресту 4 типа [Молодин, 2007. С. 57] по форме аналогичен крест из собрания Российского этнографического музея [Островский, Федоров, 2007. С. 83], но существует разница в размерах изделий – в нашем собрании крест меньше. Формы 4 и 5 типов были известны с конца XVII – начала XVIII в. [Там же. С. 120]. Таким образом, можно утверждать, что образцы православной пластики могли не только приво-

Таблица 2

Распределение типов сплавов по типам крестов-тельников

Компоненты сплава	Тип	Количество	Наименование сплава	Примечание
Медь-цинк	1	29	Латунь	Отсутствует в типах 3, 9–11
	2	1		
	4	3		
	5	4		
	6	3		
	7	3		
	8	7		
Медь-цинк-свинец	1	16	Свинцовая латунь	Отсутствует в типах 9–11
	2	2		
	3	1		
	4	2		
	5	6		
	6	5		
	7	2		
	8	5		
Медь-цинк-олово-свинец	1	8	Многокомпонентная латунь	Отсутствует в типах 2–3, 5, 9–11
	4	5		
	6	7		
	7	10		
	8	7		
Медь-олово-свинец	1	3	Оловянистая бронза	Отсутствует в типах 3, 5, 10, 11
	2	1		
	4	9		
	6	3		
	7	7		
	8	3		
	9	1		
Медь-серебро Медь-серебро-цинк-олово	1	1	Серебряные изделия	Отсутствует в типах 2, 3, 5, 9, 11
	4	5		
	6	3		
	7	6		
	8	1		
	10	1		
Медь-цинк-олово	1	3	Цинковая бронза	Отсутствует в типах 2, 3, 5, 6, 9–11
	4	3		
	7	1		
	8	3		
Медь-олово	1	2	Бронза	Отсутствует в типах 2, 3, 5, 6, 8–11
	4	2		
	7	2		
Олово-свинец	4	2	Изделия из свинца	Отсутствует в типах 1–3, 5, 7–10
	6	2		
	11	1		
Медь-свинец	8	1	Свинцовая медь	Отсутствует в типах 1–7, 9–11

зиться, но и создаваться в Сибири. Литейщики, вероятно, использовали вторичную матрицу, изготовив ее по подлинному образцу. Аргументом в пользу данного утверждения служит тот факт, что на двух литых иконах из собрания нашего музея обнаружены клейма, похожие на клеймо известного московского мастера Родиона Хрусталева. Изделия датируются последней третью XIX в. Подобные предметы с клеймами присутствуют и в фондах Художественного музея Новосибирска. В коллекции Центрального музея древнерусской культуры и искусства им. Андрея Рублева находятся документированные предметы с клеймом мастера. Изучение размеров изделий и особенностей подлинного клейма, консультация с канд. ист. наук Е. А. Зотовой позволяют заключить, что данное клеймо могло быть клеймом ученика Родиона Хрусталева. Доказательством является наличие в Курганском областном краеведческом музее изделий местного мастера с подобным клеймом.

Итоги нашего исследования показали, что необходимо продолжить изучение элементного состава меднолитой православной пластики в двух направлениях: пополнение самой базы исследования данными из собраний других музеев и использование более сложного набора статистических программ. Такой программой может быть «Ластан», которая позволяет найти связи между количественными и качественными признаками, что даст возможность выявить новые закономерности между переменными (компонентами сплавов). Дальнейшие исследования позволят обнаружить различные типы сплавов, которые могут стать хронологическим маркером изделий.

Список литературы

- Генинг В. Ф. Программа статистической обработки керамики из археологических раскопок // СА. 1973. № 1. С 114–137.
- Деоник Д. В. Соотношение статистических методов, классификаций и культурно-стратиграфических характеристик в археологическом исследовании // КСИА. 1977. № 148. С. 3–8.
- Деоник Д. В., Каранетьянц А. М. Некоторые принципы описания применительно к возможностям статистического анализа // Статистико-комбинаторные методы в археологии. М.: Наука, 1970. С. 3–17.
- Деревянко Е. И., Лбов Г. С., Рыбина Е. В., Худяков Ю. С., Гришин А. Е., Бериков В. Б., Неделько В. М., Викентьев А. А. Компьютерная система анализа данных погребальных памятников эпохи неолита и ранней бронзы // Интеграционные программы фундаментальных исследований. Новосибирск, 1998. С. 135–143.
- Деревянко А. П., Фелингер А. Ф., Холюшкин Ю. П. Методы информатики в археологии каменного века. Новосибирск: Наука, 1989. 272 с.
- Деревянко А. П., Холюшкин Ю. П., Воронин В. Т., Ростовцев П. С. Некоторые статистические подходы к оценке фашиальности позднего палеолита Енисея // Методология и методика археологических реконструкций. Новосибирск, 1994. С. 72–82.
- Деревянко А. П., Холюшкин Ю. П., Ростовцев П. С. Статистический анализ распределения находок на памятниках позднего палеолита Дальнего Востока // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях. Новосибирск, 1998. С. 91–93.
- Ковалевская (Деоник) В. Б. Применение статистических методов к изучению массового археологического материала // Археология и естественные науки. М.: Наука, 1965. С. 286–301.
- Круг Г. К., Круг О. Ю. Математический метод классификации древней керамики // Археология и естественные науки. М.: Наука, 1965. С. 318–325.
- Маршак Б. И. К разработке критериев сходства и различия керамических комплексов // Археология и естественные науки. М.: Наука, 1965. С. 308–317.
- Молодин В. И. Кресты-тельники Илимского острога. Новосибирск: Инфолио, 2007. 246 с.
- Островский А. Б., Федоров Ю. А. Русский православный крест в собрании Российского этнографического музея. СПб.: Арт-Палас, 2007. 376 с.
- Сальникова И. В. База данных «Наконечники» и статистические корреляции результатов // Электронные библиотеки и базы данных по истории Евразии в средние века. М., 1997. Вып. 6. С. 62–69.
- Федоров-Давыдов Г. А. Статистические методы в археологии. М.: Высш. шк., 1987. 216 с.
- Федорова Н. Ф. Код для описания и возможности машинной обработки фигурно-штампованной керамики эпохи средневековья // Археологические исследования на Урале и Западной Сибири. Новосибирск, 1977. С. 50–55.
- Шемаханская М. С., Дубровин А. Ф., Дубровин М. Ф., Равич И. Г. Исследование ме-

талла меднолитой пластики как основа ее атрибуции // Экспресс-информация. 1996. Вып. 5–6. 22 с.

Шер Я. А. О создании кибернетического фонда археологических источников с автоматическим поиском информации // Археология и естественные науки. Новосибирск, 1965. С. 326–333.

Шер Я. А. Интуиция и логика в археологическом исследовании (к формализации типологического метода в археологии) // Статистико-комбинаторные методы в археологии. Новосибирск, 1987. С. 8–24.

Материал поступил в редколлегию 11.02.2016

I. V. Salnikova

*Institute of Archaeology and Ethnography, SB RAS
17 Acad. Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630099, Russian Federation*

salnikovair@rambler.ru

STATISTICAL ANALYSIS OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL RESEARCH ON COPPER BAPTISMAL CROSS COLLECTION FROM ILIMSK FORTRESS

Purpose. On the basis of the X-ray fluorescence (XRF) analysis applied to the collection of copper baptismal crosses from Ilimsk fortress, the author identifies the alloys used and finds correlations between the features of the alloy and the type of the item made of such an alloy. Methods of mathematical statistics are used to classify alloys on the basis of the features of their ligature components.

Results. The author compiles a database of the ligature composition of 196 samples analyzed and provides the data, which contain the results of XRF analysis, as a summary table based on the academician V. I. Molodin's classification. The article is illustrated with bar charts and graphs showing the number of components and their distribution by type. All the items of the collection are systematized based on the information about the alloy components and the item type. The results of the analysis were processed using the statistical program SPSS Statistika.

Our analysis shows that the main component of the items is copper, which is determined in 192 items. There are some items found containing no copper or a very small amount of it (less than 7.97 %). The latter group includes six types of crosses: the sixth type (5 items), the second, seventh and fourth types (2 items in each type), and the ninth and eleventh types (1 item in each). Crosses of the sixth and seventh types were made almost entirely of lead (98.63 and 81.42 % respectively) while others were made of a tin-zinc alloy.

Conclusions. Statistical analysis showed that the most representative group of the items were made of brass, a composition of copper and zinc (50 items). The second biggest group included items made of copper-tin-plumbum alloy (35 items). Then comes the group made of a multi-component alloy including all four of the alloying constituents (34 items). It is followed by a group of 28 items made of copper-zinc-plumbum alloy. There is also a group of items made of copper-zinc-tin, and 17 items contain silver. The differences recorded in each type of the alloys speak in favor of certain recipes for manufacturing products, which were connected with the shape of the items manufactured. Alloy components changed the technological properties of the alloy giving them flexibility and fluidity, and the use of certain dopants changed the color of the alloy helping to imitate some noble metals, particularly silver.

Our results of analyzing the alloys used in the items made it possible to identify the chronological frameworks of manufacturing baptismal crosses. We date them the XVIII–XIX centuries.

Keywords: baptismal crosses, X-ray fluorescence (XRF) analysis, method of mathematical statistics, alloy composition.

References

Gening V. F. Programma statisticheskoi obrabotki keramiki iz arkheologicheskikh raskopok. [The program of statistical processing of ceramics from archaeological excavations]. *Sovetskaya arkheologiya* [Soviet archaeology], 1973, no. 1, p. 114–137. (in Russ.)

Deopik D. V. Sootnoshenie statisticheskikh metodov, klassifikatsii i kul'turno-stratigraficheskikh kharakteristik v arheologicheskom issledovanii [Ratio of statistical methods, classifications and cul-

turally-stratigraficheskikh of characteristics in archaeological research]. *Kratkie Soobshcheniya Instituta Arkheologii* [Brief reports of the Institute of Archaeology], 1977, no. 148, p. 3–8. (in Russ.)

Deopik D. V., Karapet'yants A. M. Nekotorye printsipy opisaniya primenitel'no k vozmozhnostyam statisticheskogo analiza [Some of the principles of the description in relation to the capabilities of the statistical analysis]. *Statistiko-kombinatornye metody v arkheologii* [Statistical-combinatorial methods in archaeology]. Moscow, Nauka, 1970, p. 3–17. (in Russ.)

Derevyanko E. I., Lbov G. S., Rybina E. V., Khudyakov Yu. S., Grishin A. E., Berikov V. B., Nedel'ko V. M., Vikent'ev A. A. Komp'yuternaya sistema analiza dannykh pogrebal'nykh pamyatnikov epokhi neolita i rannei bronzy [Computer system data analysis of the burial monuments of the Neolithic and early bronze age]. *Integratsionnye programmy fundamental'nykh issledovaniy* [Integration programme of fundamental research], 1998, p. 135–143. (in Russ.)

Derevyanko A. P., Felinger A. F., Kholyushkin Yu. P. *Metody informatiki v arkheologii kamennogo veka* [Informatics methods in archeology of the Stone Age]. Novosibirsk, Nauka, 1989, 272 p. (in Russ.)

Derevyanko A. P., Kholyushkin Yu. P., Voronin V. T., Rostovtsev P. S. Nekotorye statisticheskie podkhody k otsenke fasial'nosti pozdnego paleolita Eniseya [Some statistical approaches to the evaluation of faceted knapping techniques the late Paleolithic of the Yenisei]. *Metodologiya i metodika arkheologicheskikh rekonstruktsii* [Methodology and methods of archaeological reconstruction], 1994, p. 72–82. (in Russ.)

Derevyanko A. P., Kholyushkin Yu. P., Rostovtsev P. S. Statisticheskii analiz raspredeleniya nakhodok na pamyatnikakh pozdnego paleolita Dal'nego Vostoka [Statistical analysis of the distribution of finds on monuments of the late Paleolithic in the Far East]. *Informatsionnye tekhnologii v gumanitarnykh issledovaniyakh* [Information technologies in humanities studies]. Novosibirsk, NII MIOO, NGU Publ., 1998, p. 91–93. (in Russ.)

Kovalevskaya (Deopik) V. B. Primenenie statisticheskikh metodov k izucheniyu massovogo arkheologicheskogo materiala [The application of statistical methods the study of huge archaeological collections]. *Arkheologiya i estestvennye nauki* [Archeology and nature sciences]. Moscow, Nauka, 1965, p. 286–301. (in Russ.)

Krug G. K., Krug O. Yu. Matematicheskii metod klassifikatsii drevnei keramiki [The Mathematical method for the classification ancient ceramics]. *Arkheologiya i estestvennye nauki* [Archeology and nature sciences]. Moscow, Nauka, 1965, p. 318–325. (in Russ.)

Marshak B. I. K razrabotke kriteriev skhodstva i razlichiya keramicheskikh kompleksov [Developing criteria for similarities and differences in ceramic complexes]. *Arkheologiya i estestvennye nauki* [Archeology and nature sciences]. Moscow, Nauka, 1965, p. 308–317. (in Russ.)

Molodin V. I. *Kresty-tel'niki Ilimskogo ostroga* [Crosses-vests Ilimsk Fortress]. Novosibirsk, Infolio Publ., 2007, 246 p. (in Russ.)

Ostrovskii A. B., Fedorov Yu. A. *Russkii pravoslavnyi krest v sobranii Rossiiskogo etnograficheskogo muzeya* [Russian Orthodox cross in the collection of the Russian Museum of Ethnography]. St. Petersburg, Art-Palas Publ., 2007, 376 p. (in Russ.)

Sal'nikova I. V. Baza dannykh «Nakonechniki» i statisticheskie korrelyatsii rezul'tatov [Database «Arrowheads» and statistical correlation results]. *Elektronnye biblioteki i bazy dannykh po istorii Evrazii v srednie veka* [Electronic database on the history of Eurasia in the Middle Age], 1997, iss. 6, p. 62–69. (in Russ.)

Fedorov-Davydov G. A. *Statisticheskie metody v arkheologii* [Statistical Methods in Archaeology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1987, 216 p. (in Russ.)

Shemakhanskaya M. S., Dubrovin A. F., Dubrovin M. F., Ravich I. G. Issledovanie metalla mednolitoi plastiki kak osnova ee atributsii [Investigation of metal copper-molded plastics as the basis of its attribution]. *Ekspress-informatsiya* [Express information], 1996, iss. 5–6, 22 p. (in Russ.)

Sher Ya. A. O sozdaniy kiberneticheskogo fonda arkheologicheskikh istochnikov s avtomaticheskim poiskom informatsii [On the creation of cybernetic fund archaeological sources with automatic information search]. *Arkheologiya i estestvennye nauki* [Archeology and nature sciences]. Moscow, Nauka, 1965, p. 326–333. (in Russ.)

Sher Ya. A. Intuitsiya i logika v arkheologicheskom issledovanii (k formalizatsii tipologicheskogo metoda v arkheologii) [Intuition and Logic in the archaeological study (to the formalization of the typological method in archeology)]. *Statistiko-kombinatornye metody v arkheologii* [Statistical and combinatorial methods in archaeology], 1987, p. 8–24. (in Russ.)