Е.В. Берсенев, И.И. Бахшиев
E.V. Bersenev, I.I. Bakhshiev
Институт этнологических исследований им. Р.Г. Кузеева УФИЦ РАН, г. Уфа,
ibahsh@gmail.com

Опыт применения геометрической морфометрии при изучении бронзовых орудий Волго-Уральского региона

Experience implementation of geometric morphometry in the study of Volga-Urals bronze tools

Работа посвящена апробации возможностей геометрической морфометрии на примере анализа форм серпов эпохи бронзы Волго-Уралья в сравнении с традиционным морфометрическим подходом. В выборку вошли 167 серпов с крюками, которые методами традиционной морфометрии ранее выделялись исследователями в четыре самостоятельных типа (Ибракаево, Дербедень, Перелюб, Явленка). Опыт применения инструментов геометрической морфометрии показывает, что внутри выборки отчетливо группируются три основные формы за исключением серпов, раннее отнесенных типу Явленка, вероятно, в силу их малочисленности. Результаты исследования вполне согласуются с данным традиционной морфометрии, в вопросе выделения отдельных типов. В то же время имеется возможность проследить векторы изменчивости форм всех типов орудий по трем главным компонентам. В целом, можно сказать, что метод геометрической морфометрии демонстрирует свою работоспособность при анализе форм металлических серпов и в своей перспективе может быть применен для анализа большей выборки.

This paper aims evaluate the possibilities of geometric morphometry based on the analysis of the forms of Bronze Age sickles from the Volga-Ural region compared with the traditional morphometric approach. The sample includes 167 sickles with hooks, which with the help the traditional morphometry had been previously identified as four independent types. The experience of using geometric morphometry tools shows that within the sample, three main shapes can easily be grouped except for the crescents, earlier attributed to the Yavlenka type, probably due to their small number. In terms of identifying individual types, the results of the study are rather consistent with the data obtained with the traditional morphometry. Simultaneously, it is possible to trace the vectors of shape variability for all types of tools regarding three main components. Altogether, it can be claimed that within the analysis of the shapes of metal crescents, the method of geometric morphometry demonstrates its efficiency and, in the future, might be applied to analyses of wider sample groups.

В числе подходов по изучению форм различных археологических артефактов в последние годы заметными становятся методы геометрической морфометрии, которая в отличие от традиционной морфометрии позволяет выявлять различия между объектами только по их форме, исключая абсолютные размеры (длина, ширина, высота, глубина и др.) [Васильев и др. 2018, с. 43]. Этот относительно новый метод, использовавшийся изначально в биологии, уже нашел свое применение в археологии. Например, керамика, каменные орудия, а также контуры могильных ям и форм очажных пятен [Бахшиев, Берсенев, 2021; Суханов, Волкова, 2018; Полянская, 2017; Казарницкий, Туркина, 2015; Бычков и др., 2021]. Представляется актуальным применение данного подхода и к изучению предметов из металла, в особенности литых изделий. Для апробации возможностей инструментария геометрической морфометрии при работе в этом направлении была привлечена такая категория археологических находок, как металлические серпы, известные по материалам комплексов Волго-Уральского региона эпохи поздней бронзы.

Цель исследования – выявление основных вариаций (типов) бронзовых серпов с крюками методами геометрической морфометрии, а также сравнение полученных дан-

ных с результатами традиционного морфометрического подхода, примененного к изучению этой же выборки изделий.

Для анализа взяты литые бронзовые серпы с крюками, выделенные В.А. Дергачевым и В.С. Бочкаревым посредством традиционного морфометрического подхода в типы *Ибракаево, Дербедень, Перелюб* и *Явленка.* Все изделия проанализированы и опубликованы в обобщающей работе, посвященной серпам эпохи бронзы Восточной Европы [Дергачев, Бочкарев, 2002]. В настоящей работе использовались лишь полные прорисовки изделий, включая реконструированные, тогда как фрагментированные предметы не учитывались. Исследуемая выборка насчитывает 167 объектов: тип Ибракаево – 86, тип Дербедень – 49, тип Перелюб – 24, тип Явленка – 8.

Отметим, что различные классификационные схемы серпов эпохи бронзы, а также более поздних периодов Восточной Европы и Азии подразумевают выделение ведущих типов орудий, учитывая такие метрические показатели (абсолютные размеры) как длина, ширина, высота, углы и т.д. [Тихонов, 1960; Манисян, 1978; Аванесова, 1991; Дергачев, Бочкарев, 2002].

Геометрическая морфометрия, как сказано выше, эти показатели не учитывает. Методика работы предполагает описание (оцифровку) формы каждого объекта выборки путем нанесения особых меток – ландмарок на определенных участках. При этом для корректных выводов следует анализировать лишь объекты, имеющие схожую конфигурацию. Ландмарки необходимо расставить таким образом, чтобы они на каждом из рассматриваемых объектов соответствовали ландмаркам на любом другом объекте выборки [Павлинов, Микешина, 2002, с. 479]. Иначе говоря, метки должны быть расставлены на всех объектах однообразно – на одних и тех же точках в одинаковом количестве.

Нужно отметить, что в практике геометрической морфометрии имеются различные способы оцифровки объектов. Так, например, существующее программное обеспечение позволяет в автоматическом порядке установить определенное количество ландмарок на равноудаленном расстоянии друг от друга. При этом чем большее число будет задано, тем большая степень детализации формы будет достигнута. Однако данный способ в нашем случае имеет недостатки. При общем сходстве форм орудий каждое из них в отдельности имеет свои особенности, связанные со степенью сработанности, конфигурации отдельных частей, которые в то же время не несут функциональной, типологической значимости (например, степенью изогнутости крюка, выраженностью уступчика при переходе от лезвия к рукояточной части, приостренностью или округлостью носка и др.).

В данном случае наиболее подходящим способом представляется является ручная расстановка меток в так называемых точках максимальной кривизны структур [Bookstein, 1991, p. 64]. Такой подход при работе с указанной выборкой предполагает нанесение 6 меток на каждом объекте следующим образом: *метка № 1* в точке максимального изгиба обуха; *метка № 2* в крайней точке рукояточной части (крюка); *метка № 3* в точке максимального выступа при переходе от лезвия к рукояти; *метка №4* в точке максимальной высоты изгиба лезвия; *метка № 5* в точке максимальной кривизны лезвия при переходе к острию; *метка № 6* в крайней точке острия (рис. 1). Эти точки являются гомогенными для всей коллекции, то есть присущи всем изделиям рассматриваемой выборки. Именно эти показатели кривизны задают орудию изогнутость и вместе с тем общие пропорции.

Подготовка первичных файлов для записи координат ландмарок и обработка файлов с записанными координатами проводилась в программе tpsUtil. Непосредственно оцифровка (описание) объектов выполнена в программе tpsDig (Rohlf, 2015). Анализ

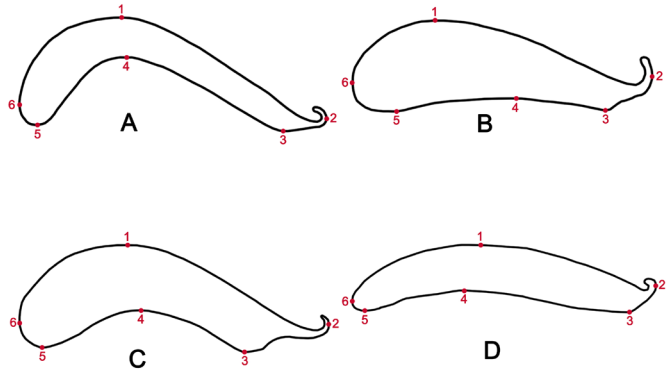

Рис. 1. Схема нанесения меток на контуры серпов разных типов: A – Ибракаево; B – Дербедень; C – Перелюб; D – Явленка.

особенностей изменения форм выполнен методом главных компонент (ГК) в программе MorphoJ (Klingenberg, 2011).

Визуализация результатов анализа показывает, что изменчивость форм связана в основном с тремя главными компонентами (ГК). В процентном отношении это выглядит следующим образом: ГК1 определяет 46 % изменчивости, ГК2 – 19.5 %, ГК3 – 18 %.

ГК1 демонстрирует изменчивость с тенденцией увеличения ширины клинка со смещением к острию. На графике более широкие изделия смещаются в сторону положительных значений компоненты.

ГК2 указывает на уменьшение общих пропорций относительно положительных значений компоненты – отношения общей длины к общей высоте (за которую здесь принимается расположение метки 1 по отношению к меткам 3 и 5). Кроме того, здесь же наблюдается тенденция изменения от ассиметричных форм к симметричным.

ГК 3 напротив будет указывать на увеличение общих пропорций в сторону положительных значений компоненты и также от ассиметричных форм к симметричным.

Распределение объектов на графике ГК1–ГК2 позволяет зафиксировать выделение типов Ибракаево и Дербедень. Объекты типа Перелюб также образуют компактную группу точек на графике. При этом наблюдается и некоторое пересечение серпов перелюбского типа с изделиями типа Дербедень.

Результаты анализа не позволяют выделить на графике тип Явленка, вероятно потому, что он включает небольшое количество объектов, которые рассеиваются на общем фоне выборки и в целом не относятся ни к одной из выделенных групп (рис. 2).

В целом, распределение указанных трех типов вдоль ГК1 отображает тенденцию к увеличению ширины лезвия, где Ибракаево – это наиболее узкие изделия, Дербедень – наиболее широкие, а Перелюб имеет промежуточное положение со смещением в пользу ибракаевского типа. Распределение вдоль ГК2 указывает на изменение общих пропорций орудия и вместе с этим степени изгиба орудия (рис. 3).

Обобщая полученные результаты, можно сказать, что методом главных компонент удалось выделить три основные вариации изделий. Наиболее четко прослеживаются различия типов Ибракаево и Дербедень, между которыми практически не наблюдается пересечений. Промежуточное положение между ними занимает тип Перелюб,

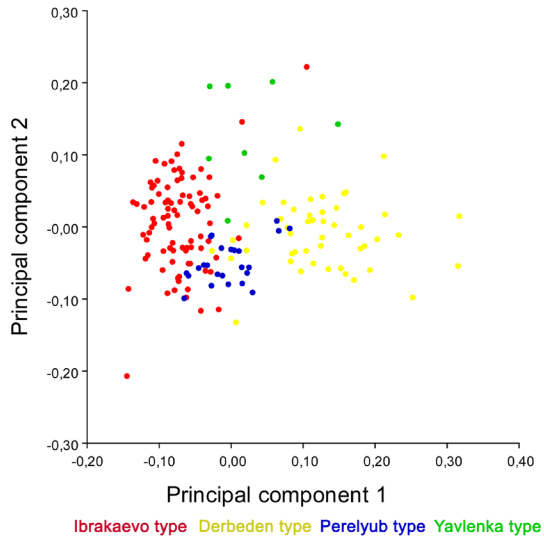

Рис. 2. Результаты анализа методом главных компонент с визуализацией типов, выделенных традиционным морфометрическим подходом.

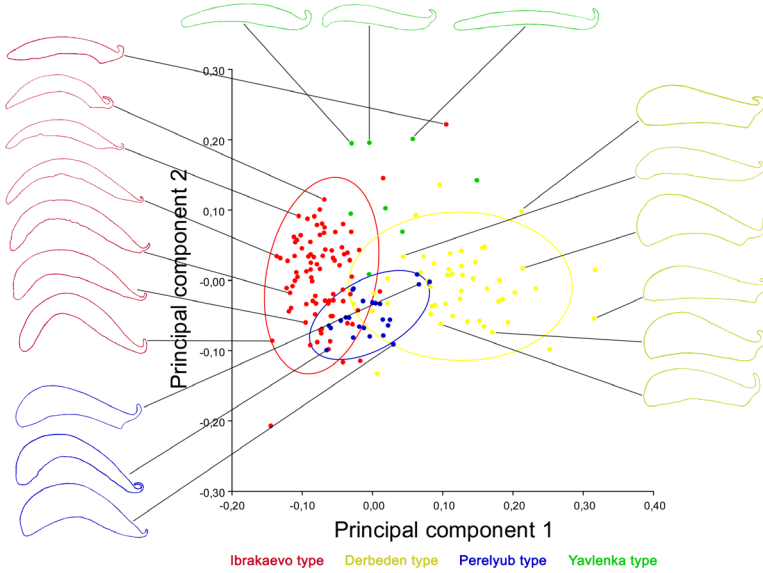

Рис. 3. Результаты анализа методом главных компонент с визуализацией расположения на графике отдельных орудий.

также группирующийся на графике с большой выраженностью и плотно примыкающий к группе ибракаевских орудий.

Стоит обратить внимание на то, что между некоторыми формами серпов, определенных в качестве разных типов обнаруживаются не слишком выраженные различия. На графике некоторые объекты разных вариаций располагаются достаточно близко.

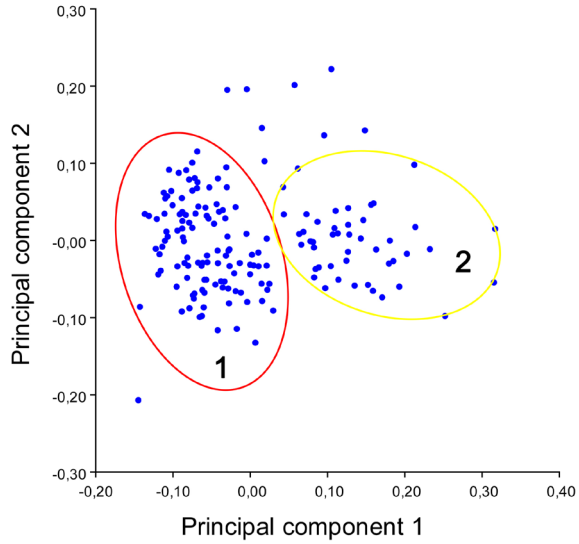

Рис. 4. Результаты анализа методом главных компонент без визуализации типов, выделенных традиционным морфометрическим подходом. 1 – соответствует типу Ибракаево, включая тип Перелюб; 2 – соответствует типу Дербедень.

Если анализировать выборку без учета типологической схемы, разработанной традиционными морфометрическими подходами, и попытаться выделить основные вариации серпов методом главных компонент, то можно выделить две большие группы. В целом, они будут соответствовать типам Ибракаево (рис. 4, *1*) и Дербедень (рис. 4, *2*), тогда как Перелюбский тип можно будет рассматривать в качестве разновидности ибракаевских серпов. Это, по всей видимости, можно интерпретировать как подтверждение того, что перелюбские формы, также, как и дербеденевские, являются дальнейшим развитием типа Ибракаево [Дергачев, Бочкарев, 2002, с. 99, 107]. Заметим и то, что изменчивость форм внутри первой группы связана преимущественно с ГК2 и отображает, главным образом, различия в степени изгиба и общих пропорций соответственно. Изменчивость внутри второй группы практически равномерно распределена между ГК1 и ГК2.

На данном этапе исследования методами геометрической морфометрии не удалось обосновать выделение серпов типа Явленка в качестве самостоятельной группы. Не удалось также соотнести их с другими группами изделий. Отметим, что В.А. Дергачев и В.С. Бочкарев рассматривают их как самостоятельный тип – боковую ветвь развития типа Ибракаево [2002, с. 111]. Однако, анализ методом главных компонент не дает оснований для подтверждения таких утверждений. Впрочем, как и для их отрицания. Сама выборка этих серпов не только малочисленна, но и достаточно неоднородна. Возможно, в этом проявляется ограниченность используемого метода в сравнении с другими подходами и для обоснования выделения данного типа в качестве самостоятельного к анализу следует привлечь больше орудий аналогичной формы.

Таким образом, данные, полученные методом геометрической морфометрии, согласуются с результатами, полученными методом традиционной морфометрии. Это выражается при выделении основных вариаций – типов орудий. Для этого уже вполне достаточно анализа по шести меткам. В качестве перспективы дальнейшего изучения

данной категории находок методами геометрической морфометрии можно обозначить включение в выборку изделий эпохи бронзы с сопредельных территорий (например, Южный Урал), а вместе с тем и проработку других способов оцифровки объектов для более подробного и корректного описания форм.

Работа осуществлена в рамках выполнения государственного задания по теме «Культурные интеграции населения Южного Урала в древности, средневековье и Новое время: факторы, динамика, модели» № АААА-А21-121012290083-9.

Литература

Аванесова А.Н. Культура пастушеских племен эпохи бронзы азиатской части СССР (по металлическим изделиям). Ташкент: Фан, 1991. 202 с.

Бахшиев И.И., Берсенёв Е.В. Опыт изучения форм керамических сосудов методами геометрической морфометрии (на примере Николаевского могильника эпохи бронзы из Башкирского Приуралья) // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2021. Т. 20, № 7: Археология и этнография. С. 21–36.

Бычков Д.А., Волков П.В., Колосов В.П. Следы использования огня в межжилищном пространстве поселений эпохи неолита и палеометалла в Северном Приангарье // Вестник Томского государственного университета. История. 2021. № 70. С. 152–162.

Васильев А.Г., Васильева И.А., Шкурихин А.О. Геометрическая морфометрия: от теории к практике. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. 471 с.

Дергачёв В.А., Бочкарёв В.С. Металлические серпы поздней бронзы Восточной Европы. Кишинёв: Высшая антропологическая школа. 2002. 348 с.

Казарницкий А.А., Туркина И.С. Форма могильной ямы и положение скелета: опыт анализа изменчивости методами геометрической морфометрии // Краткие сообщения Института археологии. 2015. № 238. С. 277–287.

Минасян Р.С. Классификация серпов Восточной Европы железного века и раннего средневековья // Археологический сборник Государственного Эрмитажа. Вып. 19. 1978. С. 74–85.

Павлинов И.Я., Микешина Н.Г. Принципы и методы геометрической морфометрии // Журнал общей биологии. 2002. Т. 63, № 6. С. 473–493.

Полянская Е.Ю. Опыт применения методов геометрической морфометрии при анализе форм каменных мотыжек сочи-адлерского типа (по материалам Имеретинской низменности) // Краткие сообщения Института археологии. 2017. № 249. С. 74–84.

Суханов Е.В., Волкова Е.В. Три примера использования геометрической морфометрии для изучения форм глиняных сосудов (к вопросу о возможностях метода) // Формы глиняных сосудов как объект изучения. Историко-культурный подход. М.: Изд-во ИА РАН, 2018. С. 214–227.

Тихонов Б.Г. Металлические изделия эпохи бронзы на Среднем Урале и в Приуралье // Материалы и исследования по археологии. 1960. № 90. С. 5–115.

Bookstein F.L. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. N.Y.: Cambridge Univ. Press. 1991. 435 p.

Klingenberg C.P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics // Molecular Ecology Resourses. 2011. Vol. 11. P. 353–357.

Rohlf F.J. The tps series of software // Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy. 2015. Vol. 26 (1), P. 9–12.