

МЕТОД ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ В МОРФОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ СОСУДОВ

Введение

В процессе исследования глиняных сосудов с точки зрения их форм мы определили своей целью выявление морфологических признаков, способных в дальнейшем стать инструментом сравнения и категоризации материала.

Работа в этой области привела нас к необходимости выработки собственного подхода к проблеме, поиска нестандартных приемов и способов анализа и, как необходимое условие работы, разработки понятийного аппарата, словаря терминов и соответствующей системы измерений.

В качестве обобщенного итога проводимых в лаборатории экспериментов, в предыдущем номере журнала было приведено описание процедуры морфологического анализа сосудов, в основу которой положен *метод геометрической сегментации* (МГС) и математического выражения их форм (Николаенко, 2004). Фиксированные таким образом особенности конфигурации сосудов и степени их проявления могут, на наш взгляд, по мере накопления информации сложиться в критерии отбора и идентификации объектов изучения.

Для привлечения более широкого круга читателей, интересующихся данной проблематикой, аналогичная по содержанию статья была опубликована в журнале этнографического направления (Николаенко, 2004а). Предлагаемая работа является продолжением и развитием темы, а также опытом применения описанной методики на примере сравнительного анализа группы реальных сосудов.

Метод геометрической сегментации и морфологический анализ сосудов

Не имело бы смысла возвращаться к теоретической части нашей работы, если бы экспериментальный характер процедуры анализа не заставлял нас вносить в нее коррективы, обусловленные практическими результатами отдельных операций в тех случаях, когда эти результаты не отвечают поставленным задачам. Поэтому мы ненадолго остановимся на принципиальной основе морфологического исследования сосудов.

Метод геометрической сегментации (МГС) предполагает рассмотрение тела сосуда как комбинации фигуры, состоящей из нескольких простых геометрических форм, расположенных в определенных сочетаниях (*модуль*). Выделение в контуре сосуда этих геометрических составляющих является сутью сегментации (частным случаем являются сосуды, конфигурация которых сводится к одной геометрической форме).

Не останавливаясь на технической, достаточно простой стороне вопроса, напомним только, что *аппроксимация* (замена реальной поверхности тела максимально близкой к ней геометрической, поддающейся измерениям) принята в математике как необходимый начальный этап теоретических исследований. В дальнейшем мы будем употреблять в этом смысле термин «геометризация».

В процессе работы требуется соблюдение двух условий. Первое из них заключается в том, что все операции должны производиться на идеализированной фигуре, для чего профиль сосуда необходимо снять с нескольких позиций (в нашей практике – от четырех до восьми проекций). В результате усреднения линия поверхности сосуда избавляется от случайных, точечных дефектов, а сам контур – от асимметрии, возникающей в процессе изготовления сосуда.

Следующее условие – минимизация количества выделяемых форм («не умножать сущностей»). Для этого следует находить такие сегменты геометрических тел, линии поверхностей которых совпадали бы с участками контура сосуда в максимальном количестве точек (на максимальном протяжении).

Дальнейшие операции анализа проводятся на полученной «концептуальной» модели сосуда. Подобные модели принято называть *конфигурациями*.

Процессы геометризации и сегментации неотделимы друг от друга, и если бы мы ограничивались только задачей описания сосуда, то после установления границ выделяемых сегментов можно было бы немедленно переходить к их измерениям.

Однако, поскольку описание сосудов не является самоцелью, параллельно с анализом сосуда как *объекта*

та мы совершаем аналитические операции другого уровня - сравнительного, в ходе которого исследуемый сосуд рассматривается как *часть множества* родственных ему объектов. Уже в самом начале процесса сегментации мы даем первичную оценку формы сегмента, заложенного в основу контура сосуда (*радикала*), относя его тем самым к определенной совокупности (*классу*) **сопоставимых** между собой объектов (сфероиды, конусоиды, цилиндроиды).

После окончания сегментации контуры сосудов предстают перед нами в виде комбинаций сегментов (*элементов*), каждый из которых обладает индивидуальной формой. И прежде чем мы приступим к их измерениям, мы разделяем (*дифференцируем*) сосуды в соответствии с этими комбинациями (*конструкциями*) и конкретными формами элементов, разграничивая сопоставимые в своей основе объекты на группы **сравнимых** по морфоструктуре (*модусу*).

Именно в этих отдельно взятых группах изоморфных сосудов логичны и целесообразны последующие действия по их измерению (*морфометрия*), описанию (*морфография*) и дальнейшему сравнению.

Результатом этих действий становится возможность отбора (*селекции*) групп **подобных** объектов, формы которых характеризуются близкими по значению математическими показателями и которые мы определяем как *модели*. Среди моделей, в свою очередь, в силу каких-либо частных особенностей их конфигурации могут быть выделены *модификации*, *варианты* и пр. (**схожие** объекты).

Так, в общих чертах, выглядит двухуровневая (описание и сравнение) цепочка операций морфологического анализа, которую можно отобразить следующей схемой



Те или иные формы, достаточно жестко привязанные к археологическим памятникам, могли бы стать хорошим индикатором эпохи, культуры и времени, т.е. эффективным орудием познания. В свою очередь, установление их связи с технологическими особенностями и ролью носителей этих форм в хозяйственной деятельности человека означало бы превращение сосудов из сопутствующего археологического материала в полноценный источник археологической информации.

Морфометрия и морфография сосудов

Поскольку, как уже упоминалось, практика подсказала необходимость внести небольшие коррективы в систему измерений и описания форм сосудов,

напомним, какими показателями и формулами мы оперируем (см. любую табл. к рисункам).

В первой графе каждой таблицы, сопровождающей сосуд («паспорт» сосуда), перечислены его элементы в том порядке, в каком они расположены по вертикали. Указывать их формы не обязательно, они определяются тем, какие графы таблицы заполнены.

Левая часть таблицы содержит метрические (морфометрические) данные, а именно: высоты элементов (H), верхние и нижние их диаметры (D,d), а также радиусы элементов-сфероидов в вертикальной плоскости (R) и радиусы в горизонтальной плоскости (R_г) - только для радикалов (в мм). Значение величины h объясняется ниже.

Этот минимальный набор числовых характеристик элементов настолько достаточен, что позволяет, при необходимости, восстановить контур сосуда, его визуальный образ, или, попросту говоря, нарисовать его заново, глядя на приведенные в таблице цифры. Исключение составляют мелкие, неучитываемые детали формы.

Однако для сравнительного анализа сосудов различных размеров необходимы относительные величины, производные от имеющихся у нас абсолютных. Мы получаем их с помощью несложных формул, заполняя полученными результатами правую, морфографическую часть таблицы и характеризуя ими линию контура сосуда - ее кривизну, уклон и протяженность (высоту).

Для тех, кто впервые сталкивается с нашей методикой, коротко сообщим содержание используемых нами математических понятий.

Коэффициент радиальности (K), определяющий форму радикала-сфероида (ее уплощенность-вытянутость), является соотношением кривизны его поверхности в горизонтальной плоскости с кривизной в вертикальной плоскости и выражается отношением его радиусов (R/R_г).

Коэффициент кривизны (K) сообщает об отношении кривизны поверхности любого другого элемента-сфероида в вертикальной плоскости (вверх и вниз от радикала) к аналогичной кривизне предшествующего элемента (R_г²/R'). Этот показатель регистрирует изменения кривизны линии контура сосуда выше и ниже радикала.

Изменения, вносимые нами в систему морфографических показателей, коснулись трех оставшихся показателей.

Увлечшись подробным и тщательным описанием форм элементов сосуда и не соотнеся его в достаточной степени с потребностями операций сравнения, мы использовали готовые, принятые в математике формулы. Так, относительную высоту цилиндра мы выражали, как и положено, отношением H/D, а высоту конуса - как (H: (D+d/2)). Уклон боковых сторон элементов мы определяли через синус угла их отклонения от вертикальной оси ((D-d/2):h), где h означала длину боковой стороны, вписанной в контур элемента трапеции.

Эти формулы, будучи совершенно корректными с точки зрения математики, в нашей практике оказались

избыточными, громоздкими, затруднительными в применении и не показательными в своих результатах.

Удачно найденная формула *профилированности* (отношение глубины прогиба поверхности к радиусу ее образующей) в характеристике слабо профилированных сосудов не играет сколько-нибудь значимой роли, так как величины ее несущественны.

Поскольку нашей задачей является описание сосудов в математических терминах, пригодных именно для их сравнения, мы, не меняя сути используемых показателей (коэффициентов), внесли изменения в их содержательную часть. Эти непринципиальные, технические изменения в способах выражения тех же морфологических свойств намного упрощают операции математического их описания, а получаемые величины показателей более наглядны и удобны для сравнения.

Во-первых, мы отказались от использования показателя степени профилированности (K_n), убрав соответствующую графу из правой части таблицы и графу P (глубина прогиба) - из левой.

Во-вторых, содержанием коэффициента высоты (K) элемента мы решили сделать отношение его высоты к высоте предшествующего элемента (HVH^1), аналогично коэффициенту кривизны поверхности.

Для радикала, играющего особую роль в формировании фигуры (контура) сосуда, K_n характеризует отношение высоты его верхней, расположенной выше экватора части (графа h в левой части таблицы) к общей (H) его высоте (h/H). Этот показатель сообщает нам, какая (верхняя или нижняя) из частей радикала доминирует, задавая общую направленность линии контура. При их равенстве обе части радикала равны, боковые поверхности вертикальны, а сам показатель выражается величиной 0,5. Значения K , превышающие 0,5, означают, что радикал сужается в верхней (большей) своей части, меньшие - соответственно наоборот.

В-третьих, мы сочли более простым и удобным характеризовать степень уклона боковых поверхностей элементов (K) не через *угол* их отклонения от вертикальной оси, а простым соотношением верхнего и нижнего диаметров элемента (D/d). Значения K равные 1 означают вертикальное положение боковых поверхностей элемента, значения большие единицы говорят о расхождении, развале боковых поверхностей в верхнем направлении, меньшие - наоборот.

Последние два показателя (K_n , K) коррелируются (рост или падение величин одного соответствует противоположным изменениям другого) и тем самым контролируют друг друга.

Еще раз подчеркнем, что изменение формул намного > простило операции описания, а получаемые с их помощью величины показателей обладают гораздо большей наглядностью в процессе сравнения форм.

Что касается замененных формул, то они вовсе не изъяты из обращения, поскольку крайне не обходимы для частных случаев, например, для характеристики моноэлементных сосудов, контур которых образует единственная геометрическая форма, или для устано-

вления большего сходства, более точного, направленного поиска схожих объектов.

В свое время мы сделали оговорку, что не собираемся отказываться от использования простых пропорций - до последнего времени основного инструмента морфологических исследований. Вопрос в том, где, когда и какие пропорции следует использовать.

Статистические операции с высотно-широтными показателями *не сравнимых* в принципе объектов - полная бессмыслица. Прежде всего должны быть доказаны их сравнимость, подобие - только тогда соотношение величин, характеризующих эти объекты, способно принести ту или иную информацию. Поэтому потребность в их использовании возникает на последнем этапе морфологического анализа, в процессе отбора все более и более устойчивых в своих морфологических характеристиках разновидностей форм, т.н. *морфотипов*.

Предлагаемая система описания сосудов - открытая система. Количество, характер и содержание используемых в ней показателей (тех же пропорций) не регламентируются и определяются исключительно целью исследования. Если нам, с целью реконструкции сосудов по их фрагментам, понадобится более подробное и скрупулезное описание их аналогов - мы введем в наши таблицы новые показатели, служащие нашей задаче, в случае необходимости - расширим базу данных, получаемых измерениями. То же может сделать любой исследователь, увеличивая или видоизменяя свой инструментарий сообразно своим интересам - была бы понятна цель и направленность его действий.

Опыт сравнительного анализа группы сосудов

Как упоминалось выше, необходимость внесения поправок в систему описания форм возникла в процессе работы с реальными сосудами. Небольшую часть этой работы мы предлагаем в качестве примера практического применения метода геометрической сегментации и других операций морфологического анализа.

Материалом исследования стали сосуды, обнаруженные в 60-90 гг. при раскопках археологических памятников Приольхонья - Нурэ I (Грязнов, 1960). Харанса I, Сарма IV (Зайцев, 1989), Сохтер VII, Курма XII (Алтухов и др., 1996; Харинский, 1999) и Южного Байкала - Угловая I (Харинский и др., 2003) (рис. 1.).

В целом сосуды датируются I тыс. н.э.

После первичной обработки нескольких десятков сосудов нам удалось выделить достаточно репрезентативную группу из 15 объектов, модус (морфоструктура) которых определяется как устье-глобоид (сфероид с вогнутой поверхностью), радикал-сфероид и нижний свод-конус.

Диапазон значений основных морфографических показателей радикалов в данной группе невелик и укладывается в интервалы: K (2,25 - 2,54), K (0,24 - 0,51), K_n (1,0 - 1,3).

Это означает, что сегменты исходных геометрических фигур, заложенные в основы форм сосудов,

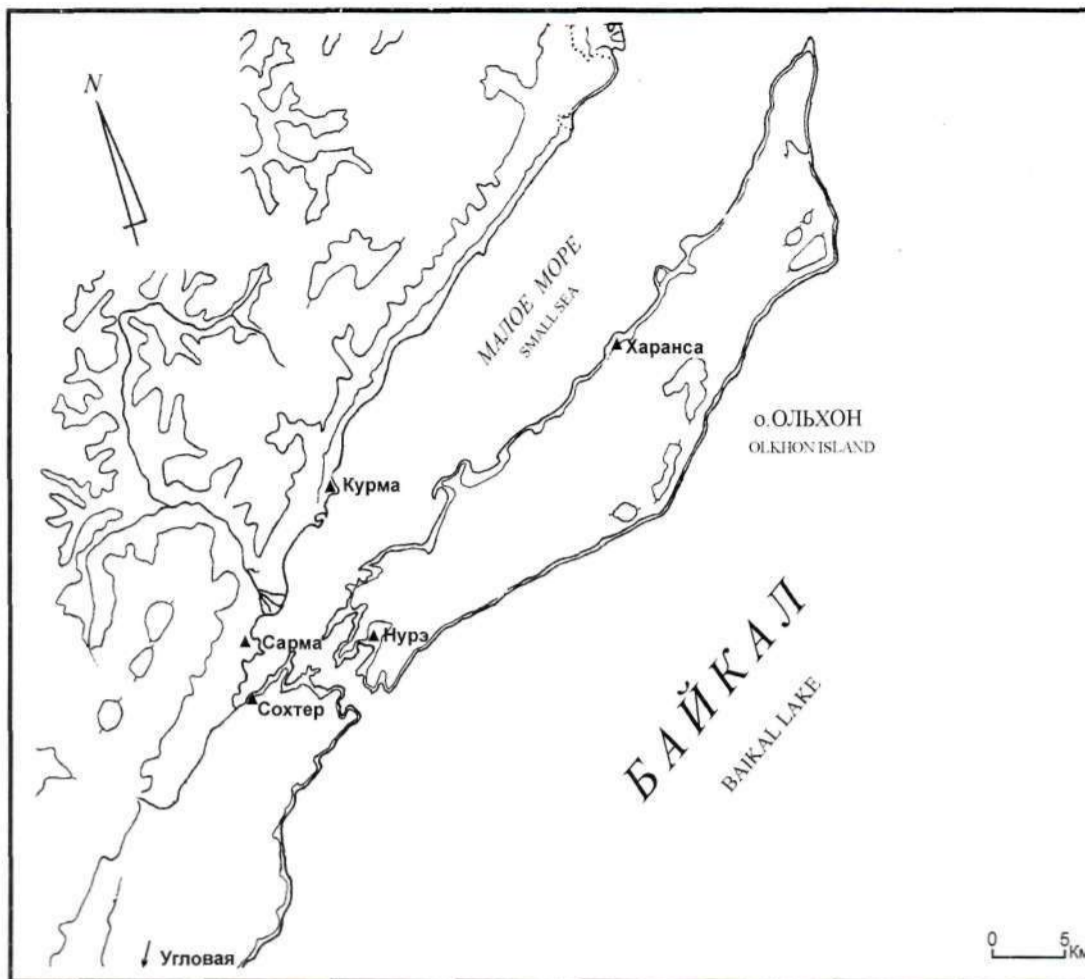


Рис.1. Расположение археологических памятников

очень близки по степени кривизны их поверхностей, относительной высоты верхней и нижней частей радикалов (т.е. по относительному расположению экватора) и уклона (расхождения боковых сторон контуров) в верхнем направлении.

Сходство и различия в характеристиках устьев мы отметим позднее.

Коэффициенты уклона поверхностей нижних сводов (1,24 - 1,50) также дают основание считать сосуды этой группы подобными, т.е. отнести их к одной модели.

Разброс значений показателей радикалов невелик, градация не слишком последовательна и не создает жестко очерченных границ для выделения каких-либо подгрупп.

Какая-либо отчетливая градация показателей уклона поверхностей нижних сводов не проявилась.

Однако показатели относительной высоты нижних сводов позволили достаточно легко выделить три модификации, различия между которыми заключаются именно в величинах этих показателей.

Так, интервал значений K_v нижних сводов сосудов первой модификации определяется как (0,27 - 0,32) (рис. 2), второй - как (0,42-0,49) (рис. 3, 4), третьей - как (0,70 - 1,0) (рис. 5).

В соответствие с показателями высот нижних сводов пришли некоторые показатели радикалов (необходимо отметить, что корреляция всех показате-

телей не является обязательным условием, т.к. полной взаимозависимости между ними не существует),

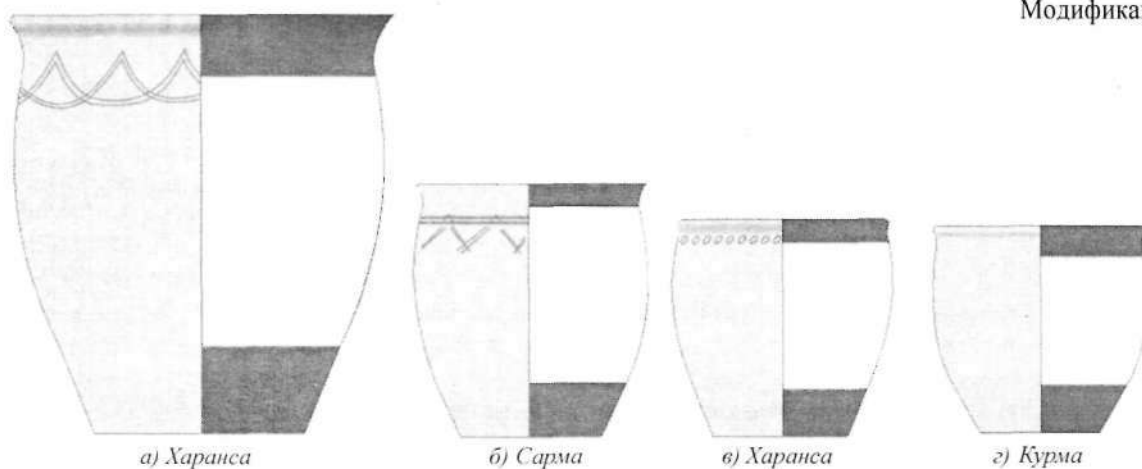
Радикалы трех модификаций характеризуются следующими показателями:

1. $K_p(2,25 - 2,30) \mid K_y(1,14 - 1,30) \uparrow K_b(0,24 - 0,37)$
2. $K_p(2,36 - 2,42) \mid K_y(1,10 - 1,16) \mid K_b(0,27 - 0,38)$
3. $K_p(2,51 - 2,54) \downarrow K_y(1,00 - 1,12) \mid K_b(0,32 - 0,51)$

Как видно из приведенных цифр, помимо показателей высоты нижних сводов дополнительное основание для выделения модификаций дают величины коэффициентов радиальности и уклона поверхностей радикалов, растущие при этом в противоположных направлениях.

Следует помнить, что все сосуды этой модели являются результатом индивидуальной, «штучной» работы, поиск их *сходства* пока не ставится. Наша задача - уловить и конкретизировать черты их *подобия* и *различия*.

Устья сосудов (не путать с «венчиками») по причине небольших их размеров создают немало трудностей в процессе анализа, хотя с точки зрения визуального восприятия играют заметную роль в создании образа сосуда. Напомним, что работая с этими деталями, мы стараемся восстановить или выявить их исходные контуры, не учитывая утолщения, срезы и другие виды дополнительного оформления края сосуда.



	Величина	R _г	R _в	D	d	H	h	K _p	K _к	K _в	K _у
	Элемент										
а)	Устье	-	30	208	188	30	-	-	0,13	0,2	1,12
	Радикал	100	230	188	156	147	44	2,3	-	0,3	1,21
	Н.свод	-	-	156	114	46	-	-	-	0,3	1,37
б)	Устье	-	13	126	118	12	-	-	0,09	0,12	1,07
	Радикал	63	143	118	104	97	36	2,27	-	0,37	1,14
	Н.свод	-	-	104	80	26	-	-	-	0,27	1,3
в)	Устье	-	19	124	120	12	-	-	0,14	0,15	1,03
	Радикал	60	136	120	92	81	19	2,27	-	0,24	1,3
	Н.свод	-	-	92	70	24	-	-	-	0,3	1,31
г)	Устье	-	19	120	111	15	-	-	0,15	0,21	1,08
	Радикал	57	128	111	90	73	20	2,25	-	0,27	1,23
	Н.свод	-	-	90	70	23	-	-	-	0,32	1,29

Примечание. Формулы вычисления для элементов: $K_k (R_n/R_{n \text{ радикала}})$, $K_h (H/H_{\text{радикала}})$, $K_d (D/d)$; формулы вычисления для радикала: $K_p (R_n/R_r)$, $K_h (h/H)$, $K_d (D/d)$.

Рис. 2. а - Харанса - I-18; б - Сарма - IV-42-1; в - Харанса-I-5; г - Курма-XII-38

Флексуры (переходные от радикала к устью элементы) мы не выделяли из-за крайне малых их размеров.

Наше внимание привлекли параметры устьев сосудов второй модификации. При всей их незначительности хорошо заметно, что часть устьев отличается меньшими высотами и уклоном поверхности, а кривизна почти неуловима.

Это позволило разделить вторую модификацию на два варианта (рис. 3, 4), которые характеризуются следующими интервалами показателей устьев (величины которых тоже коррелируются):

$$\begin{matrix} 1 \text{ вар. } K_u (0,24 - 0,29) \uparrow & K_d (1,07 - 1,11) \uparrow \\ 2 \text{ вар. } K_u (0,08 - 0,19) \downarrow & K_d (1,0 - 1,01) \downarrow \end{matrix}$$

У двух крупных сосудов (а,б) второго варианта, кроме того, больший уклон поверхности нижнего свода. Если вернуться к формулам более тщательного описания, то окажется, что внутренние, индивидуальные параметры радикалов и нижних сводов этих крупных сосудов заметно отличаются большими величинами показателей. Но для группировки общего характера этого не требуется.

Исследуя формы с точки зрения их подобия, мы намеренно не обращаем внимания на абсолютные размеры сосудов. Необходимость в использовании

этого признака возникает на последнем этапе анализа, когда выделенные формы приводятся в соответствие, «увязываются» с реальными размерами объектов.

В нашем эксперименте мы не ставили перед собой никаких задач, кроме демонстрации возможностей МГС в сочетании с самыми несложными формулами. Но если бы количество сосудов в выделенных модификациях и вариантах исчислялось не единицами, а десятками, можно было бы говорить о нахождении устойчивых группообразующих признаков и даже попытаться сделать определенные выводы.

Третья модификация также состоит из вариантов с той разницей, что вариантами являются все сосуды этой группы (рис.5).

Их общность обуславливается единой морфоструктурой, почти совпадающими значениями основных показателей формы радикала и близкими значениями других показателей.

Однако первая пара сосудов (а,б) выделяется показателями высоты (0,71; 0,73) и уклона (1,50: 1,40) нижних сводов, в то же время различаясь между собой высотами (0,16- 0,08) и уклоном устьев (1,06 - 1,0). Это различие делит их на два варианта,

Сосуд (в) имеет заметно большие высоты радикала (0,51) и нижнего свода (0,95), и мог бы образовать

отдельную модификацию. Но, поскольку аналогов ему пока не найдено, мы принимаем этот сосуд в качестве варианта данной группы.

Сосуд (г) как раз и мог бы составить пару с сосудом (в), совпадая с ним по основным параметрам, если бы не одна маленькая деталь (в буквальном и переносном смысле слова). С формальной точки зрения, следуя нашей же логике, мы должны отнести его к совершенно другой морфоструктуре из-за наличия у него помимо конусовидного нижнего свода второго, сфероидального.

Мы не думаем, что автор этого сосуда задавался целью придать ему какую-то особую, индивидуальную форму, тем более в малозаметной придонной его части. Будучи немного знакомыми с технологиями тех времен, мы считаем, что гончар попал в ситуацию, когда ему пришлось соединять нижний свод сосуда с подсохшим донцем меньшего, чем это требовалось, диаметра, для чего он был вынужден слегка закруглить край свода. Поэтому, пока не найдены схожие с ним сосуды, мы воспринимаем этот случай как своего рода технический казус и рассматриваем его как вариант данной модификации. Из таблицы видно, что если принять его нижний свод за единый конус, показатели высоты и

уклона этого конуса будут совершенно теми же, что и у предыдущего сосуда.

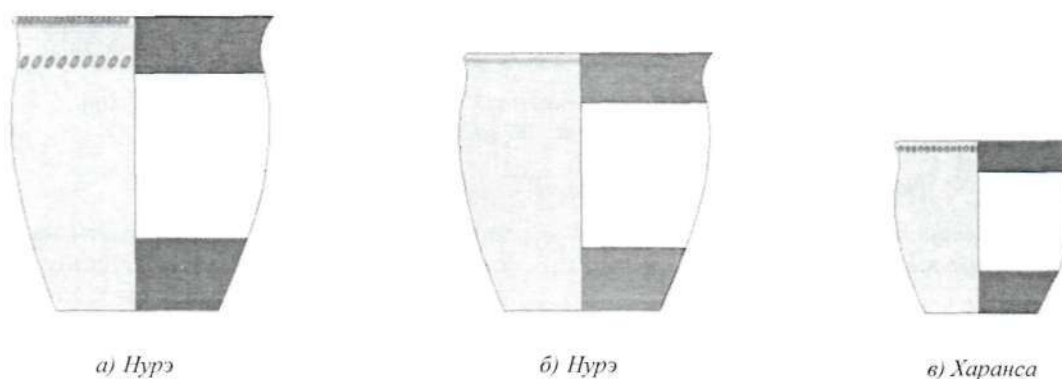
Отбирая группы сравнимых, подобных сосудов, мы использовали самые отчетливые морфоструктурные и морфографические их признаки. Однако каждая из модификаций демонстрирует множество мелких различий, определяющих индивидуальность форм отдельных сосудов. Эти различия достаточно заметны при сопоставлении форм в целом, но выявить и конкретизировать их невозможно без поэлементного сравнительного анализа.

Образец такого анализа мы приводим на рис. 6. Взятые попарно сосуды одной модификации сравниваются по величинам показателей радикалов, что позволяет выделить наиболее существенные признаки их форм, установить характер и степень их сходства или различия.

Первая пара имеет почти одинаковую относительную кривизну поверхности радикалов (K_r), т.е. в основе сосудов лежит одна геометрическая форма, Уклон поверхности радикала (β) чуть больше, а абсолютная высота его верхней части меньше, чем у радикала (а).

Граница между устьем и радикалом этого сосуда (терминаль) как бы опущена ближе к экватору, за счет

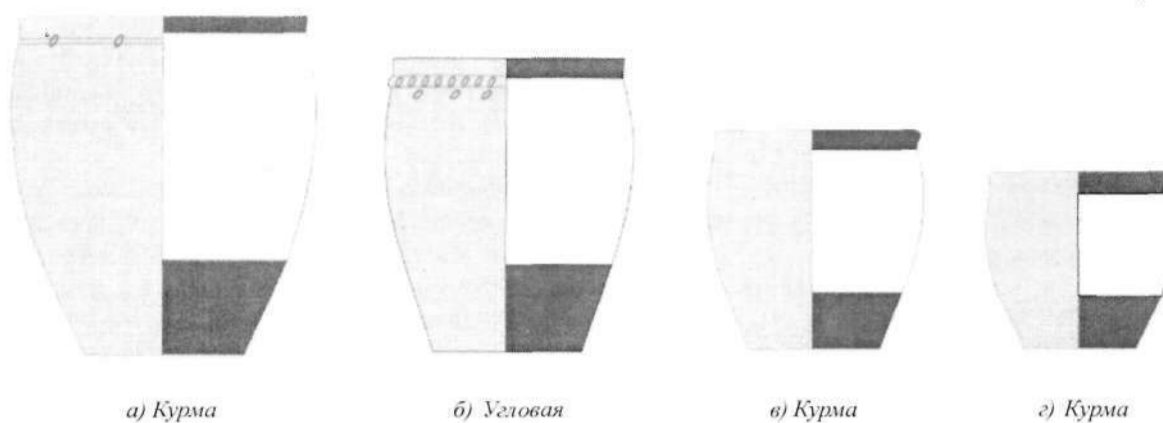
Модификация 2
Вариант 1



	Величина	R_r	R_v	D	d	H	h	K_r	K_k	K_v	K_u
	Элемент										
а)	Устье	-	27	148	134	23	-	-	0,16	0,24	1,1
	Радикал	70	166	134	118	95	35	2,37	-	0,37	1,14
	Н.свод	-	-	118	88	40	-	-	-	0,42	1,34
б)	Устье	-	31	142	128	24	-	-	0,2	0,29	1,11
	Радикал	67	158	128	110	82	22	2,36	-	0,27	1,16
	Н.свод	-	-	110	84	35	-	-	-	0,43	1,31
в)	Устье	-	21	94	88	14	-	-	0,2	0,26	1,07
	Радикал	45	107	88	76	53	16	2,38	-	0,3	1,16
	Н.свод	-	-	76	60	24	-	-	-	0,45	1,27

Примечание. Формулы вычисления для элементов: $K_k (R_v/R_r)$, $K_u (H/H_{\text{радикала}})$, $K_v (D/d)$; формулы вычисления для радикала: $K_r (R_v/R_r)$, $K_h (h/H)$, $K_y (D/d)$.

Рис.3. а - Нурэ, №25; б - Нурэ, №22; в - Харанса-1-13



	Величина	R _г	R _в	D	d	H	h	K _р	K _к	K _в	K _у
	Элемент										
а)	Устье	-	20	154	154	9	-	-	0,1	0,08	1
	Радикал	82	194	154	134	120	46	2,37	-	0,38	1,15
	Н.свод	-	-	134	90	51	-	-	-	0,43	1,49
б)	Устье	-	18	128	128	9	-	-	0,11	0,09	1
	Радикал	67	162	128	110	98	37	2,42	-	0,37	1,16
	Н.свод	-	-	116	80	48	-	-	-	0,49	1,45
в)	Устье	-	22	116	114	8	-	-	0,16	0,11	1,01
	Радикал	58	137	114	98	71	24	2,36	-	0,34	1,16
	Н.свод	-	-	98	74	32	-	-	-	0,45	1,32
г)	Устье	-	24	92	92	10	-	-	0,21	0,19	1
	Радикал	47	113	92	84	54	18	2,4	-	0,33	1,1
	Н.свод	-	-	84	66	26	-	-	-	0,48	1,27

Примечание. Формулы вычисления для элементов: $K_k (R_n/R_{\text{радикала}})$, $K_n (H/H_{\text{радикала}})$, $K_y (D/d)$; формулы вычисления для радикала: $K_p (R_n/R_r)$, $K_n (h/H)$, $K_y (D/d)$.

Рис. 4. а - Курма; б - Угловая-1-1; в - Курма-XII-16; г - Курма-XII-11

чего, соответственно, увеличилась ее длина (верхний диаметр радикала), определяющая уклон поверхности (K). В то же время уменьшилось соотношение верхней и нижней частей радикала (K_n).

Говоря проще, формирование устья сосуда (б), т.е. выгибание его поверхности, было начато в точке, расположенной ближе к экватору, чем у сосуда (а), что и обусловило небольшую разницу в абсолютной высоте и конфигурации их радикалов. В остальном сосуды схожи (орнамент и другие неморфологические признаки мы не рассматриваем).

У второй пары главное различие заключается в параметрах исходных фигур. Сегмент тора, лежащего в основе сосуда (б) более вытянут, экспрессивен, о чем сообщает показатель относительной кривизны его поверхности (K_p). Остальные показатели радикалов весьма близки.

У радикалов третьей пары, как и у первой, совпадают исходные формы, но заметна разница в параметрах их сегментов. Относительная высота верхней части радикала (б), больше, поверхность его сужается, а верхний диаметр уменьшается почти до

величины нижнего, сводя уклон поверхности до незначительной величины.

Мы полагаем, что наличие признаков сходства сосудов не ограничивается рамками одной модификации. В сущности, каждый из сосудов является вариантом единой для всей модели формы, поэтому вполне допустимы параллели и в таких группах сосудов, которые различаются между собой *отдельными* признаками *отдельных* элементов, оставаясь подобными, а в некоторых случаях и схожими по общей конфигурации.

Так, решив сделать конус нижнего свода более высоким, но оставляя при этом достаточно широкое, устойчивое днище, мастер должен был внести определенные коррективы в форму радикала, изменив один или несколько ее параметров. Однако эти изменения могут быть не настолько заметны, чтобы резко изменить очертания сосуда в верхней его части, которая вполне поддается сравнению с аналогичными ей у сосудов с низким сводом. Группы таких сосудов мы обозначаем как *вариации*.

Наша группировка объектов - всего лишь результат поэтапных операций анализа, отражение процесса выявления признаков, создающих различия в формах, а не попытка распределить эти формы по «полочкам». Опираясь на эти признаки, мы надеемся установить связь даже между не слишком сходными формами - но доказательно, опираясь на цифры, а не на общее зрительное впечатление, чувственную ассоциацию («похож - не похож»).

Поэтому на рис. 7 приведен пример сравнения отдельных сосудов, относящихся к разным модификациям (вариантам) и отличающихся высотами устьев и нижних сводов.

В первой паре, если рассматривать форму (б) как исходную, а форму (а) как производную от нее (условно, в качестве приема сравнения), мы заметим, что увеличение высот устья и нижнего свода сосуда (а) слегка уменьшило относительную кривизну поверхности его радикальной части (K_r), «разогнуло» ее, сделало более вытянутой. При этом абсолютная высота радикала уменьшилась, но уменьшилась пропорционально, сохранив прежнее соотношение

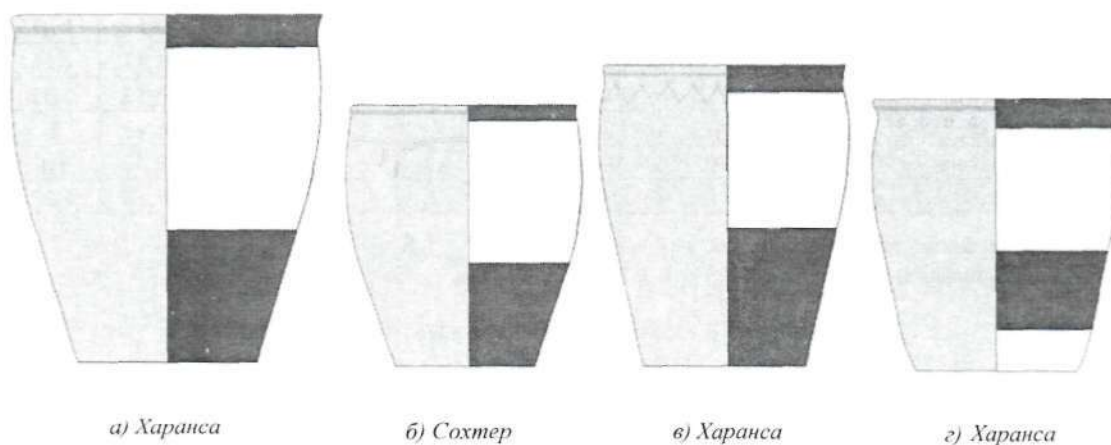
высот частей радикала (K_r) и уклона поверхности (K_u). Радикал как бы обрезан сверху и снизу,

Во второй паре сосудов высота радикала (б) также заметно меньше за счет увеличения высоты устья, причем уменьшена она именно в верхней части радикала. Терминаль проходит ближе к экватору, она длиннее и, соответственно, уклон поверхности радикала (б) чуть больше,

Очень похожие сосуды третьей пары различаются по всем показателям радикалов, но пропорционально, сохраняя сходные очертания. Разница в кривизне поверхности радикалов незначительна, а меньшая абсолютная высота радикала (б, Сохтер) компенсируется большей высотой его нижнего свода. За счет основательного «урезания» нижней части радикала изменилось и соотношение его диаметров, уклон поверхности почти исчез.

Еще раз подчеркнем, что сходные формы можно и нужно искать не только в границах модификации, но и на пересечении их, отмечая при этом яркие признаки, не позволяющие отнести данные сосуды к одной классификационной группе (уровню). В контексте археологических исследований эти признаки могут

Модификация 3



	Величина	R_r	R_b	D	d	H	h	K_r	K_k	K_b	K_u
	Элемент										
а)	Устье	-	24	184	174	17	-	-	0,11	0,16	1,06
	Радикал	90	229	174	156	108	35	2,54	-	0,32	1,12
	Н.свод	-	-	156	104	77	-	-	-	0,71	1,5
б)	Устье	-	23	126	126	7	-	-	0,13	0,08	1
	Радикал	67	170	126	120	84	35	2,54	-	0,42	1,05
	Н.свод	-	-	120	86	61	-	-	-	0,73	1,4
в)	Устье	-	18	134	126	15	-	-	0,1	0,18	1,06
	Радикал	68	173	126	126	83	42	2,54	-	0,51	1
	Н.свод	-	-	126	92	79	-	-	-	0,95	1,37
г)	Устье	-	22	146	138	17	-	-	0,12	0,24	1,06
	Радикал	71	178	138	134	70	32	2,51	-	0,46	1,03
	Н.свод	-	-	134	98	70	-	-	-	1	1,37

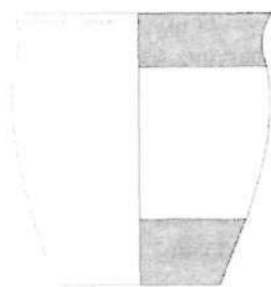
Примечание. Формулы вычисления для элементов: $K_k (R_b/R_r)$, $K_n (H/H_{радикала})$, $K_y (D/d)$; формулы вычисления для радикала: $K_r (R_b/R_r)$, $K_n (h/H)$, $K_y (D/d)$.

Рис.5. а - Харанса-1-31; б - Сохтер-111-1-2; в - Харанса-1-7; г - Харанса-1-4

Модификация 2. Вариант 1



а) Нурэ



б) Нурэ

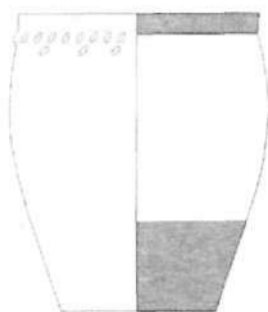
Показатели радикалов
 $K_p (R_p/R_r)$ $K_e (h/H)$ $K_y (D/d)$

а)	2,37	<u>0,37</u>	1,14
б)	2,36	<u>0,27</u>	1,16

Модификация 2. Вариант 2



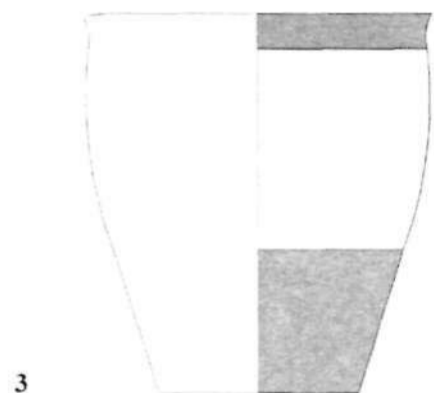
а) Курма



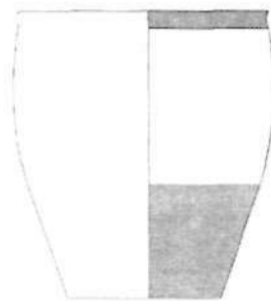
б) Угловая

а)	<u>2,37</u>	0,38	1,15
б)	<u>2,42</u>	0,37	1,16

Модификация 3



а) Харанса



б) Сохтер

а)	2,54	<u>0,32</u>	1,12
б)	2,54	<u>0,42</u>	1,05

Рис. 6. Сходство и различия в показателях радикалов сосудов одной модификации

говорить не о чужеродности сосудов, а всего лишь об изменении технического приема или замысла мастера.

Вариативность форм не означает полного отсутствия каких-либо стандартов. Более или менее массовое производство неизбежно приводит к репродукции устоявшихся форм и конструкций, и нашей целью является, с одной стороны, определение этих стандартов, с другой-установление различий и отклонений в формах дошедших до нас реальных сосудов.

Мы представили в качестве примера работу с одной из моделей имеющихся в нашем распоряжении сосудов. Конечно, большее разнообразие форм

придало бы результатам большую наглядность, однако для того, чтобы различить явно несхожие между собой формы, не требуется сложных сравнительных операций. Гораздо труднее найти отличия в массе сходных, подобных форм.

Исследование других моделей ведется, и результаты его, по возможности, будут публиковаться. К сожалению, слишком мала «материальная база» наших экспериментов, т.е. количество доступных нам непосредственно сосудов. Для полноценной работы необходимы идеализированные (усредненные) контуры в реальном или близком к нему масштабе, а не

уменьшенные и приблизительные изображения сосудов.

Тем не менее, мы стараемся использовать все возможности для отработки технической стороны методики, а в дальнейшем - и для получения практических результатов.

Об одном из них, довольно неожиданном, поскольку наши интересы лежали в другой плоскости, мы сообщим ниже.

Технологический аспект методики геометрической сегментации

Усредняя, идеализируя контуры сосудов в процессе подготовки их к анализу, мы, как уже отмечалось, избавляемся от мелких дефектов поверхности. Это происходит механически, по мере усреднения диаметров контура.

Однако от некоторых из них, слишком «назойливых», полностью избавиться так и не удалось.

После окончания сегментации контуров и установления границ сегментов (элементов) было замечено, что у большей части сосудов линии, разделяющие радикалы и нижние своды, проходят через сечения этих дефектов (речь идет о сосудах, контуры которых снимались нами в лаборатории). Поскольку усредненная линия контура-линия суммарная, стало ясно, что эти дефекты, практически не заметные на взгляд, представляют собой кольцеобразные углубления, ложбинки, опоясывающие поверхности сосудов по периметру (рис. 8). Когда на одном из сосудов обнаружили отчетливые следы заглаживания, дополнительной обработки именно этого участка поверхности, мы окончательно убедились, что выделенные нами сегменты геометрических фигур

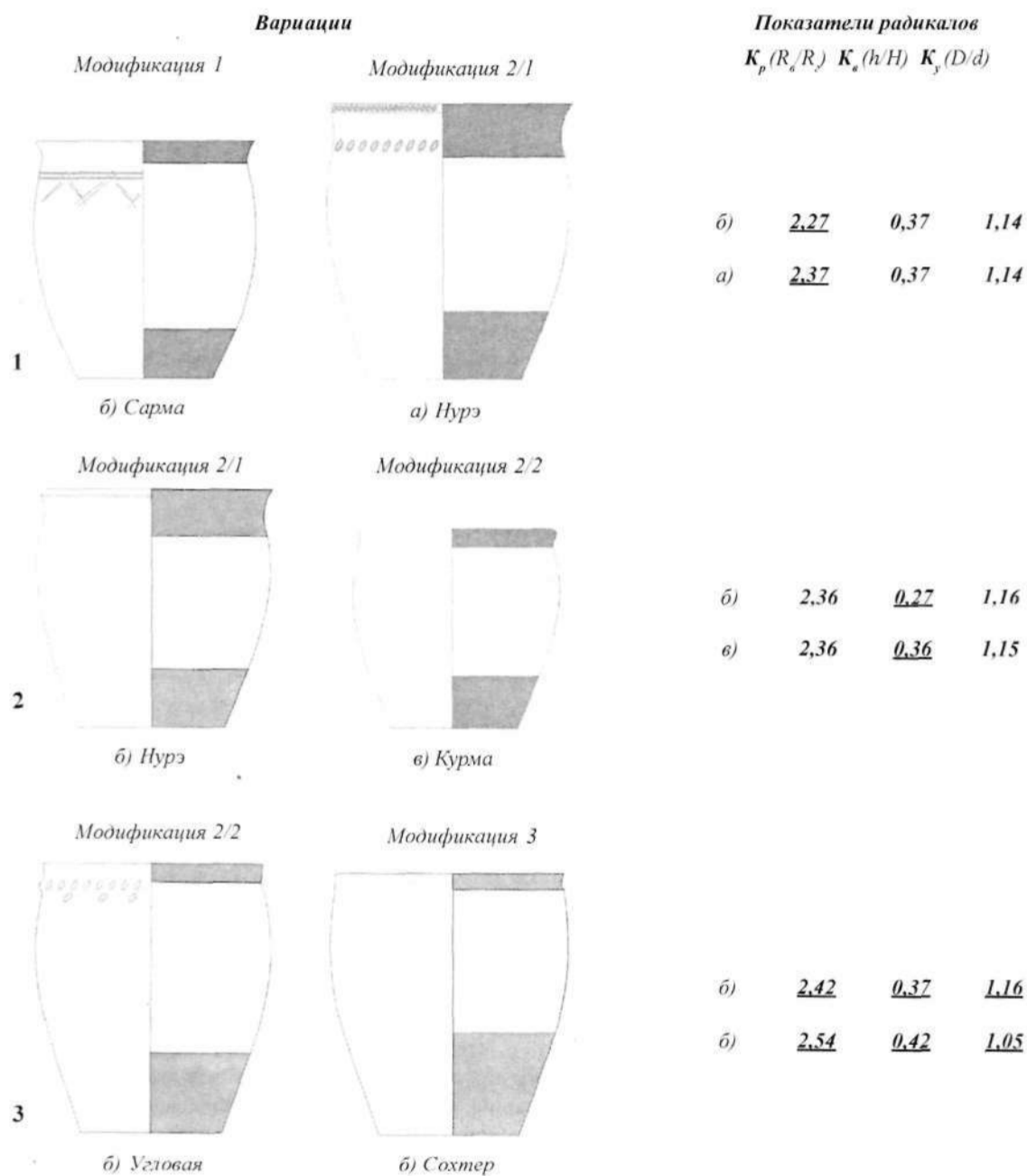
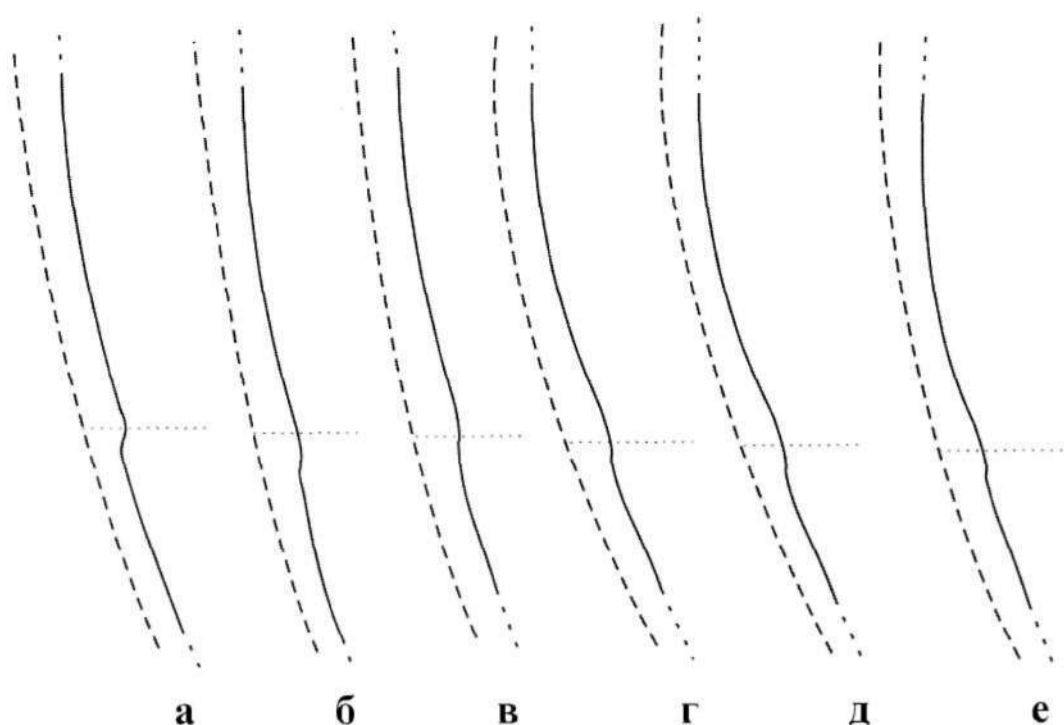


Рис. 7. Сходство и различия в показателях радикалов сосудов разных модификаций и вариантов



(—) — реальная поверхность сосуда
 (- - -) — геометризованная линия профиля
 (.....) — рассчитанная граница между элементами сосуда

Рис.8. Следы соединения элементов сосуда, рассчитанные границы между ними:
 а - Угловая-I-1; б - Сохтер-VII-1-2; в - Харанса-I-31; г - Харанса-I-5; д - Сарма-IV-42-1; е - Курма-XII-11

(сфера, конус)- не просто плод наших умозрительных построений, но вполне реальные детали сосуда. Эти детали изготавливались мастером по отдельности и соединялись после их подсыхания (свежеизготовленные соединились бы без заметного шва). Таким образом, отчетливо проявилась технология изготовления данных сосудов - конусообразные «блюдца» или «чаши» будущей придонной части лепились отдельно, заранее и через некоторое время соединялись с основной частью сосуда.

У крупных сосудов подобные, хотя и слабо выраженные дефекты были замечены и в вышележащей области. Это дало основание предполагать, что сосуд мог собираться из лентообразных заготовок, поясов, соединяемых позднее в единое целое.

Подобная технология, существовавшая до изобретения гончарного круга, не представляет собой открытия, но обнаружить признаки ее применения *расчетным* способом нам удалось впервые, и мы вправе считать этот факт одним из доказательств действительности МГС.

Отметим дополнительно, что линия экватора (максимального диаметра сосуда), взятого не «на глазок», а уточненного в ходе сегментации, в нескольких случаях указывает на небольшие выпуклости в этой зоне поверхности сосуда. По всей вероятности, верхняя, сужающаяся часть сосуда также изготавливалась

отдельно от нижней, и выпуклости-результат давления, сжатия при их соединении.

Мы не будем останавливаться на других замеченных нами следах технических приемов, поскольку они не имеют прямого отношения к МГС. Отметим лишь, что в лаборатории планируются эксперименты по исследованию поверхностей сосудов с применением т.н. *спекл-анализа* (Бородин и др., 2005). Возможно, в совокупности два метода дополняют друг друга и позволят выявить неизвестные нам пока особенности древних технологий,

Заключение

В заключение скажем, что собственно формализация процессов и результатов морфологических исследований не является нашей целью - слишком разнообразен и индивидуален исходный материал, особенно когда речь идет о сосудах ручной лепки. Однако, независимо от технологий, определенные функциональные задачи, ставившиеся перед сосудом, должны были в той или иной степени отражаться в его конструкции и форме, а сами технологические приемы - корректировать конкретное их воплощение. Кроме того, существуют такие понятия, как моторика движений, рефлексивность действий и навыки, складывавшиеся в почерк мастера. Передаваемый по наследству почерк переходил в стиль, «школу», а та, в

свою очередь, в традицию. Все это должно было оставить свои следы в виде явно или мало заметных морфологических признаков, уловить и зафиксировать которые мы пытаемся в своей работе.

Литература

Алтухов В.В., Сидорчук М.Л., Туркин Г.В., Харинский А.В. Ритуальные кладки Приольхонья конца I тысячелетия нашей эры // Археология, палеоэкология и этнология Сибири и Дальнего Востока.- Иркутск, 1996.-Ч.2.-С.122-125.

Бородин А.Н., Малов А.Н., Миронов Б.М., Николаенко С.Н., Онацкий А.Н. Цифровая обработка спекл-изображений при анализе шероховатых поверхностей археологической керамики.// Социогенез в Северной Азии: Сборник научных трудов.- Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2005.- Ч. 1.- С.46-52.

Грязное М.П. Отчет Иркутской экспедиции Института археологии АН СССР о раскопках на Байкале в 1959 году. - Л., 1960. - Архив ИА РАН.

Зайцев М.А. Ритуальные и погребальные памятники курумчинской культуры в Приольхонье (оз. Байкал): Дисс.... канд.ист.наук. - Кемерово, 1989.-151 с.

Николаенко С.Н. Опыт измерительного подхода в описании и сравнении сосудов // Известия Архитектурно-этнографического музея «Тальцы». - Иркутск, 2004а.-Вып.3.-С. 215-232.

Николаенко С.Н. Опыт морфологического анализа и математического описания форм сосудов // Известия

лаборатории древних технологий. - Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2004. - Вып.2. - С.32-48.

Харинский А.В. К вопросу о генезисе ритуальных кладок Приольхонья в I тыс. н. э. (по материалам местонахождения Курма XII) // Геохимия ландшафтов, палеоэкология человека и этногенез,- Улан-Удэ, 1999.- С.501-504.

Харинский А.В., Кожевников О.К., Кожевников Н.О., Федорин М.А. О перспективах исследования древней металлургии меди на западном берегу Байкала // Известия Лаборатории древних технологий.- Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2003.- Вып. 1.- С. 67-73.

Summary

This paper continues the theme of morphologic analysis of the vessels and mathematics describing of their forms began in the previous volume. Author presents here the essence and objectives of the method of geometric segmentation of vessels and corrects the systems of morphometric and morphologic indications used for the vessels describing. He shows also results of the morphologic and technologic analysis of the series of vessels from the coast of Lake Baikal.