

ОПЫТ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ФОРМ СОСУДОВ

Вопросам дескриптивного анализа археологических источников, разработки критериев их сходства и различия уделялось особенное внимание в 70-е годы XX века, когда археологами активно обсуждались проблемы системного подхода, сравнительного анализа, статистической обработки материалов, классификаций и типологий, (Колчин Б.А., Маршак Б.И., Шер Я.А., 1970 и др.). Тогда же были определены концептуальные положения дескриптивной археологии как новой методологической отрасли - поэлементное рассмотрение объектов, точные измерения, однозначность терминологии и недвусмысленность формулировок, без соблюдения которых обесмысливаются любые аналитические операции (Медведев Г.И., 1975, Клейн Л.С., 1978). и др.

Дискуссии подсказали немало интересных возможностей, однако в практическом плане многие задачи так и не получили приемлемого решения, оставаясь актуальными до настоящего времени. К одной из таких задач, правильнее было бы сказать, к взаимосвязанному их комплексу, мы намерены вернуться в предлагаемой читателю работе, которая содержит изложение методики морфологического анализа сосудов и опыт измерительного подхода к описанию их форм.

В процессе полифакторного исследования сосудов как археологических источников его начальному этапу (детализации конструкций и параметрическому описанию форм) отводится значительно меньшее место, чем он того заслуживает.

Между тем, вряд ли кто-нибудь станет отрицать, что в морфологических характеристиках сосудов заметным образом отражаются их этнокультурная привязанность и функциональная предопределенность, технологические традиции и производственные навыки изготовителей. Конструкция и форма в большей степени способны служить индикаторами хозяйственной культуры, чем, например, декоративные детали или орнамент, накладывавшиеся на *оформленную* поверхность

сосуда и свидетельствовавшие, возможно, о специфическом его предназначении или же о принадлежности пользователей к какой-либо локальной (семейно-родовой, этнической, социальной и др.) группе. В качестве аналогов можно привести родовые сочетания цветов и узоров на среднеазиатских коврах, клановые рисунки тканей шотландских килтов и многое другое.

Тем не менее, в многочисленных описаниях сосудов их морфология зачастую просто обходится стороной. Не только фрагменты, но и целые сосуды рассматриваются преимущественно как *носители* ряда неморфологических признаков и описываются совокупностью этой разнохарактерной информации. Как правило, сюда входят состав теста, способ формовки, характер и степень обжига, основные пропорции, орнамент и индивидуальные особенности (Shepard A., 1968, Генинг В.Ф., 1973, Бобринский А.А., 1978 и др.). *Атрибутивное* свойство сосуда, его форма, остаются за рамками анализа, в лучшем случае мельком, как об одном из рядовых признаков может прозвучать упоминание о его пространственных очертаниях (вытянутый, округлый, приплюснутый и т.д.).

Традиционные визуально-графические способы описания сосудов и используемые в них определения, основанные на ближайших ассоциациях, примитивны по сути и субъективны по содержанию («сосуд баночной формы», «сосуд в форме вазы» и т.п.), вследствие чего не способны дать ни представления о реальной форме объекта, ни возможности сравнения его с другими.

Сложившаяся антропоморфная терминология служила и будет, без сомнения, служить для первичного, полевого описания, но вряд ли сама по себе может стать языком анализа. Научный язык является орудием научного мышления, и пока не сложилось понятие со строго обозначенными смысловыми границами, слово не может стать термином.

Попытки упорядочить эту область исследований предпринимались давно и неоднократно (Генинг В.Ф.,

1973, Горюнова О.И., Савельев Н.А., 1981). Однако по существу это были не слишком удачные опыты придания устоявшемуся языку описания более или менее конкретного содержания, т.к. собственно анализ конструкции сосуда неизменно сводился к измерениям его диаметров и расстояний между ними, а упоминание формы лишь присутствовало.

Даже те из авторов, кто вплотную подошел к проблемам морфологии, в большинстве своем все еще воспринимают сосуд как нечто цельное, не поддающееся дискретизации иначе как через экстремальные точки линии вертикального сечения. Отсюда, все квазиэлементы сосуда так и остаются «зонами», не характеризующими ни его форму, ни особенности строения, а сам подход не слишком отличается от предложений рассматривать границы элементов как результат договоренности, консенсуса между исследователями (Cardin J.C, 1967, с. 16).

Что касается введения в исследование количественных оценок, то и они, за отсутствием четких определений деталей сосудов, остаются простейшими пропорциями и углами наклона отдельных участков поверхности (Брайчевский М.Ю., 1970, Генинг В.Ф., 1973, Деопик Д.В., Карапетьянц А.М., 1970, Маршак Б.И., 1970). Описание же формы как таковой дается по-прежнему приблизительно и в целом, разве что от сравнений с банками и вазами перешли к сравнениям с овалоидами и параболоидами.

Таким образом, потенциально информативный морфологический аспект изучения сосудов используется в самой слабой степени, поскольку не существует общепринятых, результативных и несложных в применении способов их аналитического описания и сравнения.

Мы, со своей стороны, предприняли попытку найти основы унифицированной, опирающейся на базовые понятия и математические начала методики морфологического анализа сосудов.

Эта методика должна включать геометрическое обоснование сегментации тела сосуда, пространственную определенную детализацию его, формализованную систему понятий и терминов, а также комплекс показателей для характеристики его формы.¹

При положительных результатах со временем могла бы сложиться единая система описания, хранения и передачи информации в виде математических символов, устранившая разобщенность исследований и служащая инструментом сравнительного анализа большого количества материала с последующими статистическими обобщениями.

Это в определенном смысле попытка проверить алгеброй гармонию - с той разницей, что собственно алгебры здесь нет. Более того, мы свели к минимуму использование математических понятий, стремясь сделать предлагаемые способы предельно простыми и не требующими ни справочников, ни сложных

построений. Простота применения - одно из условий работоспособности любой методики.

Функционально-структурный анализ сосуда

С функциональной точки зрения сосудом может быть любое полое тело, способное вмещать и удерживать в себе жидкие или сыпучие субстанции. И хотя предметом нашего исследования являются специализированные объекты, создаваемые человеком в процессе его жизнедеятельности, их существенные характеристики остаются неизменными.

Независимо от особых требований, предъявляемых к материалу, форме и отдельным деталям, функционально-структурным инвариантом сосуда остаются собственно емкость, т.е. пространственно оформленноеместилище, резервуар и отверстие в верхней его части для пропуска содержимого. В этих необходимых слагаемых реализуется основное предназначение сосуда, его функция-цель (выяснение ролевой функции, обусловленной спецификой его использования, относится к другому аспекту исследования).

Третье слагаемое, обеспечивающее вертикальное положение сосуда и тем самым его функционирование, выражается чаще всего видоизменением (уплощением) поверхности емкости в нижней ее части (дно). В то же время у сосудов с округлыми и коническими очертаниями нижней части тулова элемент, выполняющий эту задачу, не связан с ними конструктивно, «вынесен за скобки» (углубление в земле, опорные устройства, приспособления для подвешивания), поэтому рассматривать морфологически выделяемое дно как атрибут можно только оговорив эти исключения.

Не составляет труда определить функциональный элемент в его самом простом, чистом выражении (линия отверстия, линия дна). Однако по мере развития технологий и усложнения самой функциональной задачи элемент «обрастает» деталями, осуществляющими те или иные части его функции либо акцентирующими определенные ее стороны. Обычные утолщения дна и края отверстия постепенно приобретают характерные очертания и собственное морфологическое содержание, превращаясь в относительно самостоятельные функциональные блоки, модули или *компоненты* сосуда.

И все же, будучи в функциональном понимании сложным, синкретным образованием, в физическом смысле сосуд остается не только единым целым (a single whole), но и цельным (solid) изделием. Неразрывная линия его контура и отсутствие обозначенных границ между элементами не позволяют детализировать конструкцию сосуда по каким-либо внешним признакам, тогда как задачи морфологического анализа требуют рассматривать его как целостный (integrated), но дискретизированный объект. И здесь мы приходим к необходимости использования другого подхода, другого

аналитического приема, а именно, выделения в рельефе поверхности сосуда *элементарных* форм, ограничивающих участки этой поверхности и связанных с выполнением определенных функциональных задач.

Морфология сосуда и его геометрическая сегментация

В процессе анализа мы принимаем сосуд в качестве **комбинированной пространственной фигуры**, состоящей из *поясов (сегментов)* круглых геометрических тел (или, как принято говорить в математике, тел вращения, образованных поворотом геометрической фигуры вокруг вертикальной оси).

Круглых тел в геометрии достаточно, однако исходными для всех являются три - цилиндр, конус и сфера (в сечении соответственно прямоугольник, треугольник и окружность). Эти тела в своих сочетаниях (*комбинациях*) создают все разнообразие форм сосудов, и не только сосудов. Все предметы, писал Г. Земпер, «...объединяет небольшое количество основных идей, которые получают свое наиболее простое решение в определенных первичных формах... От этих немногих исходных форм произошло и продолжает создаваться безграничное множество вариаций, образованных путем развития и смешения этих форм...» (Земпер Г., 1970, с.94).

Следовательно, сосуд предстает перед нами *комбинацией* сегментов геометрических фигур, а образующая его (линия контура вертикального сечения) может рассматриваться как сумма их боковых сторон, или *композиция* дуг окружностей и отрезков прямых, плавно переходящих друг в друга. Найдя точки их соединений, т. е. изменений кривизны поверхности сосуда (эти точки называются точками сопряжения), и проведя через них линии горизонтального сечения, мы фиксируем тем самым границы сегментов, из которых состоит тело сосуда (технические подробности, весьма несложные, даны в Приложении 1).

В данном случае мы употребляем термин «сегментация» не в широком по содержанию смысле (Cardin J.C, 1967, pp. 15, 16), а самым узким, математическом.

Боковые стороны сегментов являются составляющими контура сосуда, поэтому сами сегменты можно считать носителями элементов формы сосуда, его *морфемами*. В то же время, поскольку они реализуют в пространстве тело сосуда, их в равной степени можно считать и его конструктивными элементами, *детальями*.

Форма и функция (в данном случае конструктивная функция элемента) взаимосвязаны, и в процессе анализа мы будем рассматривать элементы то в одном, то в другом качестве.

В итоге, сегментация сосуда является одновременно и его детализацией, и декомпозицией его формы.

С момента геометрически обоснованной сегментации сосуда неопределенные прежде элементы («тулово», «плечики», «шейка») обретают зримые границы. Однако этого недостаточно - полноценный анализ требует смысловой определенности и формализации всех используемых понятий, а также, по выражению Д. Кларка, точных, сжатых, резко и четко определяющих терминов (Семенов С.А., 1978, с.46). Поэтому мы начинаем работу с формирования необходимого понятийного аппарата и соответствующей ему терминологии.

Не отказываясь от привычных терминов (они остаются как рабочие), мы вводим в употребление ряд новых, по возможности латинизированных, на чем настаивал еще В.А. Городцов, для придания им, как он писал, «международного характера» (Городцов В.А., 1927, с.9).

Детализация сосуда и номенклатура понятий

В качестве иллюстрации мы используем условный универсализированный рисунок (конфигуратор) сосуда, вобравший в себя оптимально возможные элементы наиболее сложных, сфероидальных форм (рис. 1).

Каждый из элементов должен получить в достаточной степени исчерпывающее определение и термин - употребляющийся, если он есть, и латинизированный (последний не навязывается).

На этом этапе анализа сосуд анализируется с точки зрения его конструкции, поэтому выделяемые элементы (сегменты) мы рассматриваем в качестве деталей.



Рис. 1. Детали сосуда и определяющие их термины

Линии верхней и нижней границ сосуда мы называем *супремальми* (от лат. «крайняя черта»).

Первым шагом анализа будет выделение основных функциональных и пространственных слагаемых сосуда, имеющих в определенной степени самостоятельное значение - *компонентов*.³ три.

Корпус, или тулово - основная емкость сосуда, главным образом реализующая его форму. Границы его - точки перегиба линии вертикального сечения (изменения кривизны на противоположную) выше и ниже *экватора* (наибольшего диаметра сосуда). Линии, соединяющие эти точки, разделяют компоненты и называются *терминалями* (от лат. «граница»).

База - нижний компонент сосуда, опора, «подставка».

Транзитор (от лат. «проход») - верхний, «надстроечный» компонент сосуда, служащий для пропуска содержимого.

В качестве собственно элементов (деталей) сосуда мы выделяем в корпусе следующие.

Радикал (от лат. «корень, основа») - элемент корпуса, наибольший диаметр которого совпадает с наибольшим диаметром сосуда (экватором), а границами являются точки изменения кривизны поверхности выше и ниже экватора. Другими словами, центральный сегмент исходной фигуры, экватор которой является экватором сосуда (корпуса). Определяющая по своему значению деталь, своей формой закладывающая основу конфигурации сосуда.

Верхний свод (камера) или плечики - элемент, расположенный выше радикала, его поверхность сужается по направлению к отверстию или вышележащему компоненту (транзитору). Предохраняет от расплескивания содержимого.

Теоретически этот элемент может существовать в виде суммы сегментов с разной кривизной поверхностей, однако на практике это возможно только у сосудов больших размеров (амфоры).

Нижний (или донный) свод - элемент, расположенный между нижней границей радикала и нижней терминалью. По внешним признакам аналогичен верхнему своду, но с обратной направленностью. Замыкает емкость в нижней ее части.

У сосудов с плоским дном мы выделяем *линию дна*, при наличии базы совпадающей с нижней терминалью, при отсутствии последней - с нижней супремалью сосуда.

У сосудов с выпуклым, округлым дном можно выделить *донный сегмент*, завершающий нижний свод или совпадающий с ним.

В транзиторе мы выделяем перечисляемые ниже элементы.

Верхняя флексюра (от лат. «переход»), или шейка - элемент в буквальном смысле слова переходный, соединяющий корпус сосуда с вышерасположенными элементами (хотя может существовать самостоятельно, завершая сосуд).

Вогнутая поверхность флексюры переводит линию контура сосуда в вертикальную плоскость.

Коллиматор (от лат. «направляющий»), или просто горло, придающее содержимому сосуда нужное направление. Наиболее узкий, вытянутый элемент сосуда с наименьшими диаметрами в основаниях. Меньший из двух мы называем *горловиной*.

Устье (созвучно лат. «ostium») - развал, расширение в верхней части сосуда, «воронка», облегчающая заполнение сосуда.

Элементы базы по внешнему виду аналогичны элементам транзистора, хотя выполняют другие функции.

Флексюра нижняя - см. верхнюю.

Суппорт (от лат. «подпорка»), или ножка - элемент, внешне аналогичный горлу. Фигура с наименьшими диаметрами в основаниях в нижней части сосуда. В различных целях отделяет сосуд от поверхности, на которой тот находится.

Цоколь - крайний нижний элемент базы, опорная плита, по форме чаще всего аналогичная устью.

Особого отношения заслуживает понятие «венчик». На наш взгляд, этот ободок, *бордюр*, «венчающий» край отверстия сосуда, имеет своей главной задачей укрепление этого края - самой слабой части глиняной посуды. Формообразующую роль в сосуде венчик играет редко, его индивидуальные очертания и орнамент являются признаками другого порядка. Однако особенности его конфигурации, как правило, затрудняют анализ верхнего элемента сосуда, и найти единое для всех случаев решение не представляется возможным. Поэтому мы предлагаем иметь в виду несколько вариантов подхода к этой детали.

а) Венчик образует в сечении самостоятельную геометрическую фигуру, «надстроенную» над крайним элементом сосуда. В этом случае его можно рассматривать как дополнительный функциональный и морфологический элемент и включить в состав деталей транзистора.

б) Венчик окаймляет исходную фигуру кольцеобразным налетом, валиком по периметру поверхности крайнего элемента. Проще всего «срезать» его на время анализа, продолжив линию образующей этого элемента до пересечения с супремалью и *выявив* исходную геометрическую форму.

в) В противоположном случае (край сосуда закруглен или срезан) следует продолжить супремаль и дугу образующей до их пересечения, *восстановив* деформированную исходную фигуру, на которой проводятся измерения.

Аналогичные подходы можно применять и в отношении элементов базы (утолщения дна).

Мы надеемся, что в обиход войдут названия во всяком случае тех элементов, которые выделяются впервые. Что касается остальных, то, может быть, когда отношения керамистов приобретут

«международный характер», не придется ломать голову, переводя термины «шейка» и «плечики» на иностранные языки.

Морфоструктурный анализ сосудов

В построении сложной пространственной фигуры (сосуда) в равной степени важны как его исходные формы, так и способ структурирования их сегментов. Сочетание элементов (деталей) образует характерный для данного сосуда «костяк», а каждая из деталей облекается в ту или иную форму, складываясь в общие очертания сосуда. Другими словами, комбинация деталей сосуда создает его конструкцию, а композиция их поверхностей - его конфигурацию. Анализируя обе позиции, мы будем обращаться то к деталям и их месту в конструкции, то к формам этих деталей и их особенностям.

Как было сказано выше, в основе всех сложных форм лежат цилиндр, конус и сфера. Однако эти идеальные фигуры на практике мы встречаем в более сложных вариантах, т.е. в виде их производных. Простейшая дихотомия позволит разделить эти производные на две группы (рис. 2).

Цилиндры разделяются на высокие, с высотой большей диаметра, и соответственно низкие.

Так же разделяются конусы (на практике мы встречаемся с усеченными фигурами) - к первой группе отойдут высокие (вытянутые), с высотой, превышающей средний диаметр, и крутым наклоном поверхности, во вторую войдут низкие (уплощенные), с высотой, меньшей среднего диаметра, и пологой поверхностью.

На две группы разделяются и сфероиды, с той разницей, что они образуют более сложные фигуры, называемые т о р а м и .

В группу высоких, или вытянутых, попадут торы, образованные вращением меньшей части окружности вокруг оси, проходящей через ее плоскость (тор-«чечевица», тор-«лимон»). Высота их больше диаметра.

В группу низких, уплощенных, войдут фигуры, образованные вращением большей части окружности вокруг оси, проходящей через ее плоскость (тор-«яблоко»), или всей окружности вокруг оси, лежащей за ее пределами (тор-«бублик»>>, он же «колесо»). Их высоты меньше их диаметров.

Кроме того, здесь возникают и так называемые *глобоиды* - фигуры, образованные внутренней поверхностью торов-«бубликов». Их вытянутость-уплощенность - также определяется соотношением высоты и диаметра, но диаметра *наименьшего*.

Таким образом, исходные геометрические фигуры мы встречаем в двух качественных состояниях, позволяющих уже на ранней стадии анализа разделить резко отличающиеся по очертаниям сосуды. Однако мы имеем дело не с самими исходными формами, а с их сегментами, выступающими в роли элементов сосуда. И здесь возникает двусмысленность в употреблении определений «высокий-низкий», «вытянутый-уплощенный».

У цилиндра пары понятий «высокий-вытянутый» и «низкий-уплощенный» совпадают полностью, сегмент цилиндра является законченной геометрической фигурой.

Сложнее дело обстоит с конусами. Вытянутость исходной фигуры, ее устремленность вверх выражаются слабым наклоном поверхности, уплощенность, придавленность - наоборот. Понятия же «высокий-низкий» характеризуют относительные размеры *сегмента*, которые иногда «заслоняют» качество изначальной формы. Так, например, высокий сегмент конуса с крутой поверхностью усилит восприятие элемента как *вытянутого*, низкий же сведет это восприятие к минимуму (с уплощенными фигурами проще - все их сегменты всегда будут относительно низкими).

Качество сфероидов определяется в первую очередь степенью изгиба их поверхностей. Чем слабее этот изгиб, тем более вытянутой является исходная фигура, и напротив, чем этот изгиб круче, тем более сплюсненной, сжатой она выглядит. В характеристике сегмента сфероида понятия «вытянутость-

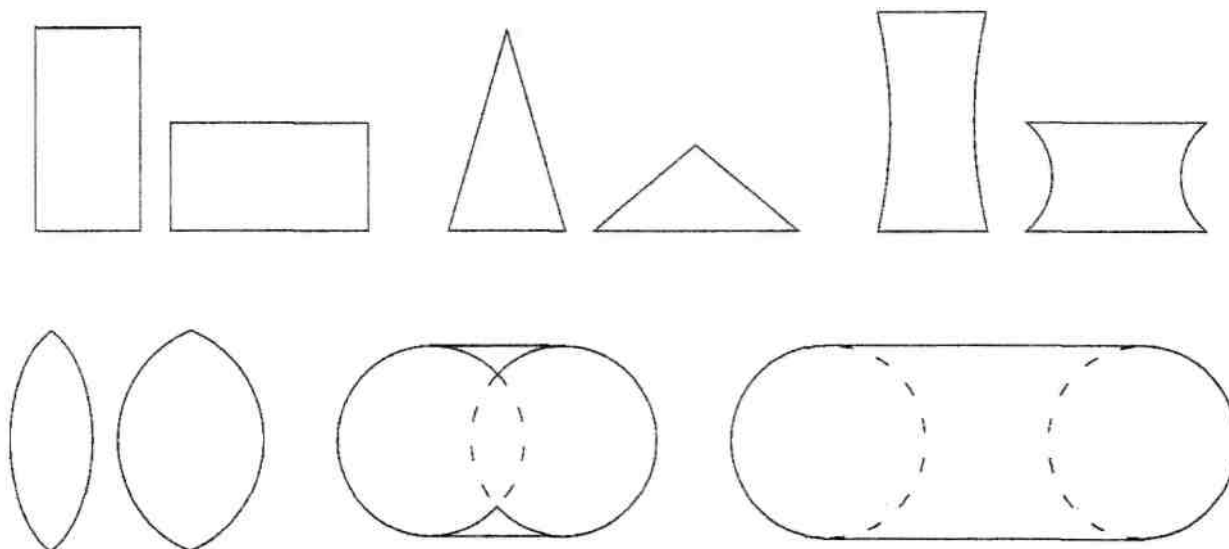


Рис. 2. Исходные формы элементов сосудов

уплощенность» отражают качества его изначальной формы - степень изгиба поверхности и, как у конуса, её наклона. Определения «высокий-низкий» относятся к относительным размерам самого сегмента.

В дальнейшем, чтобы избежать недопонимания, в оценке качества исходных фигур, отдельных элементов или сосуда в целом мы будем использовать синтетические, обобщающие определения *экспрессивность* и *депрессивность*.

К экспрессивным будут относиться формы с относительно слабым изгибом поверхности и небольшим ее наклоном. Относительная высота укажет на пропорции сегментов, относящихся к этим формам. Вполне возможна противоречивая, но только на первый взгляд, характеристика «низкие элементы (сосуды) экспрессивных форм».

У депрессивных форм (сильный изгиб и сильный наклон поверхности) таких расхождений не возникает. Высота любого их сегмента всегда меньше диаметра, поэтому сосуды с депрессивными формами всегда будут относительно низкими.

Форма сосуда реализуется преимущественно формой его корпуса. Особое положение среди других элементов корпуса занимает радикал. Этот элемент, как и следует из его определения, является коренным, «задающим» очертания всего корпуса, и от его исходной формы, а также параметров в большой степени зависят формы и параметры других элементов.

Поэтому с самого начала морфологического анализа (а он начинается с детализации сосуда) необходимо установить наличие или отсутствие радикала. Существуют, хотя и не рассматриваются нами, сосуды в виде только нижнего или только верхнего сводов (чаши, куполообразные сосуды), а в некоторых случаях - двух сводов без радикала, с гранью на линии экватора.

Вторым шагом анализа будет определение исходной формы радикала и отнесение ее к той или иной группе. В зависимости от геометрической фигуры, лежащей в основе радикала и тем самым всего корпуса, мы устанавливаем принадлежность сосуда к одному из трех **классов** - цилиндроидам, конусоидам или сфероидам. Экспрессивность или депрессивность исходной формы укажут на соответствующий **подкласс**. Глобоиды в качестве радикалов мы не рассматриваем, хотя встречаются сосуды, корпус которых представлен глобоидной фигурой с дном (вазы).

Следующий этап - анализ общей конструкции сосуда. В соответствии с наличием или отсутствием иных, помимо корпуса, функциональных компонентов мы относим сосуд к определенному **роду**: только корпус (А), корпус и транзитор (В), корпус и база (С), транзитор, корпус и база (D) (рис. 3).

На приведенной схеме мы попытались отследить процесс структуризации элементов сосуда, образования вероятных, теоретически допустимых комбинаций деталей без учета их возможных форм.

Данная схема предназначена исключительно для иллюстрации рассуждений и ни в коей мере не для каких-либо умозрительных построений, поскольку число структурных вариаций огромно, а их морфологических воплощений - просто дурная бесконечность.

Для использования в схеме мы выбрали сосуды класса I (сфероиды), подкласса «Э» (экспрессивные) в соответствии с формами их радикалов.

Род А. Представлен только корпусом. Каждый новый элемент, выделяемый в корпусе помимо радикала, служит видообразующим признаком. В нашей очень упрощенной схеме род А насчитывает всего четыре **вида**.

Сосуды с той же структурой и выпуклым дном (в схеме не участвуют) определяются как **подвиды**.

Род В. Корпус и транзитор. Виды этого рода, как и рода А, образуются комбинациями элементов корпуса. На схеме представлен вид I (корпус = радикалу). Комбинации элементов транзитора (шейка, горло, устье) образуют **разновидности** структур. В данном случае их количество поддается учету.

Род С. Корпус и база. На схеме представлен вид I. Структурные разновидности образуются комбинациями элементов базы аналогично комбинациям элементов транзитора в роде В.

Род D. Транзитор, корпус, база. Вид I. В образовании разновидностей участвуют элементы всех трех компонентов. Число разновидностей велико,

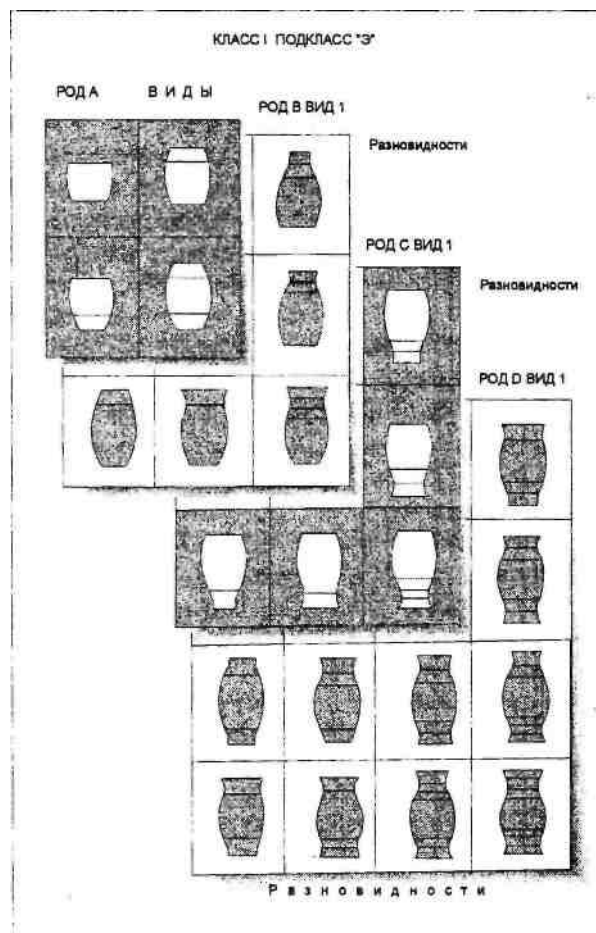


Рис. 3. Образование конструкций сосудов и их классификация

однако только часть их реальна. На схеме представлены несколько вариантов.

Еще раз подчеркнем, что данная схема - не набор готовых образцов, шаблонов, с которыми следует соотносить исследуемые формы и конструкции. Единственная ее задача - выявить характер различий в строении сосудов, и иногда очень схожих по внешнему облику.

На практике мы не создаем сложных иерархических систем. Анализируя некое множество сосудов, мы уже в процессе детализации дифференцируем их в соответствии с формами радикалов и комбинациями деталей, выделяя группы *структурных* разновидностей в рамках класса (подкласса), рода и вида, и не задаемся вопросами оценки уровня производимых операций. Все они совершаются одновременно, параллельно, а схема нужна только один раз - для того, чтобы понять суть процесса.

Также одновременно и параллельно происходит определение и первичная оценка форм элементов выделяемых конструкций, каждая из которых способна породить несколько вариантов общей конфигурации сосуда (к примеру, нижний и верхний своды, устье и цоколь могут быть выражены выпуклыми, прямыми и вогнутыми поверхностями). Оценив предварительно качество исходных фигур элементов, мы находим среди сосудов одной конструкции группы с повторяющимся сочетанием форм, *морфоструктурные* разновидности, и просто *морфоструктуры*.

Определенные комбинации элементов характеризуют множества коэлементных сосудов, композиции форм элементов выделяют в этих множествах группы конформных сосудов. Если какая-то из этих групп достаточно многочисленна, ее можно определить как морфологический архетип, а само сочетание морфологических признаков - как его модус.

Однако, чтобы приблизиться к понятию «тип», эти сосуды должны пройти через процедуру морфометрического анализа.

Морфометрия сосуда

Задача морфометрической части анализа заключается в определении количественных показателей, характеризующих степень проявления формообразующих признаков (в практической части работы - установление их величин).

Пытаясь математически выразить форму сосуда, мы используем по большей части знакомые и чрезвычайно простые показатели, по возможности даже упрощая их. Особенность заключается в том, что эти показатели и связанные с ними расчеты мы применяем не к сосуду или его «зонам», как это делалось прежде, а к элементам его формы, т. е. выделенным сегментам.

Работая с изображениями круглых тел на плоскости (контурами), мы будем использовать

соответствующие определения фигур (прямоугольник, трапеция, окружность).

1. Для математической характеристики элемента-цилиндра (прямоугольник) достаточно знать его высоту (H) и диаметр (D).

2. Для характеристики усеченного конуса (трапеция) необходимы следующие показатели: высота (H), большой (D) и малый (d) диаметры, а также длина боковой стороны (h).

Описывая трапецию, следует обязательно указать ее положение - прямое, если боковые стороны сходятся вверх, и обратное, если эти стороны направлены вниз.

3. Для характеристики элемента-сфероида (сочетание окружностей) требуется определить его высоту (H), основания (D) и (d) вписанной трапеции, длину ее боковой стороны (h) и, чего не делалось прежде, кривизну его поверхности, т. е. кривизну дуг, образующих боковые стороны сегмента.

Понятие кривизны в математике определяется как отношение единицы к радиусу образующей данного тела - окружности или ее дуги ($1/R$). Однако в работе мы чаще будем оперировать исходной величиной (R), которая получается в процессе детализации (декомпозиции) сосуда как критерий выделения сегмента.

Кроме того, необходимо измерить глубину прогиба поверхности элемента от крайней ее точки до центра боковой стороны вписанной трапеции (хорды, отсекающей дугу). Эту величину принято называть стрелкой прогиба, но мы, для упрощения, будем называть ее просто *прогибом* поверхности. В дальнейшем этот показатель будет участвовать в определении *профтированности* элемента, поэтому мы обозначаем его латинской буквой (P).

4. Элемент-глобoid характеризуется, как и все сфероиды, высотой (H), основаниями (D) и (d) описанной трапеции, длиной ее боковой стороны (h), кривизной боковых сторон элемента ($1/R$) и их прогибом (P).

При выявлении или восстановлении исходной формы крайнего элемента, оформленного венчиком, измерения проводятся на полученной геометрической фигуре.

Полученные в результате измерений сегментов данные следует разместить в небольшой таблице (таблица 1), где по вертикали перечисляются элементы сосуда в соответствующем порядке, а по горизонтали вписываются величины их метрических показателей (для примера мы использовали надуманные округленные цифры).

После заполнения таблицы мы получаем своего рода «паспорт» сосуда. Правда, описанный столбиками цифр сосуд еще не материал для серьезного сравнительного анализа форм, тем не менее уже на этом уровне перед нами открываются возможности, подтверждающие эффективность и несомненную пользу предлагаемых методов.

Суть в том, что содержащихся в таких таблицах величин достаточно, несмотря на их видимую

Таблица 1. Метрические показатели элементов сосудов

Величина Элемент	R _г	R _в	D	d	H	h Δ▼	P
Устье		40	50	40	50	▼ 51	5
В.флексура		30	50	40	20	Δ 21	3
В.свод		10	70	50	15	Δ 18	8
Радикал	50	120	70	60	80	▼ 81	9
Н.свод		130	60	50	60	▼ 61	6

Необходимое примечание. Если устье и шейка имеют незначительные размеры и представляют собой единую глобондную поверхность, их можно учитывать как единый (двудельный) элемент, сделав положенную оговорку. Вообще же, по мнению автора, в подобных сосудах слабо выраженные шейка и устье являются морфологическим выражением их изначальной общей задачи - образовать в верхней части сосуда желоб для обвязывания его веревкой (подобным образом глиняные сосуды используются до настоящего времени). Косвенным подтверждением этой мысли служат рельефные изображения веревки (шнура) в районе шейки у некоторых ранних сосудов. Для этой же цели служили, по-видимому, и отверстия.

простоту, для того, чтобы получать и передавать информацию без обязательного графического сопровождения, т.е. не вместе с изображением контура сосуда, а вместо его изображения. При правильном подходе полученные данные позволяют восстановить контур сосуда в реальном или заданном масштабе (описание действий дано в Приложении 2).

С этого момента, на наш взгляд, дескриптивная часть анализа сосудов может опереться на достаточно формализованный язык вербального описания и простой, но эффективный язык описания математического.

Однако итогом этой ступени исследования является всего лишь фиксация ряда объектов, цель же анализа в целом - получение результатов их сравнения. Поэтому мы перейдем к следующему этапу наших рассуждений - анализу непосредственно формы поверхности сосуда.

Морфография сосудов

Количественные показатели, полученные в результате описания сосудов, хороши для накопления и передачи информации, но не годятся для операций сравнительного анализа, задачей которого является поиск доказательств подобия форм, сходства пространственных конфигураций сосудов независимо от их абсолютных размеров.

Для решения этой задачи сосуд должен быть описан в иных математических терминах, позволяющих выразить его форму как сумму свойств ее составляющих. Поэтому количественные, метрические показатели необходимо перевести в качественные, квалитативные абсолютные величины, которыми мы располагаем, превратить в относительные. Глубоких математических изысканий при этом не требуется, почти все приводимые формулы известны и используются в практике.

1. Относительной величиной, характеризующей форму цилиндра, будет соотношение ($H/D = K_b$), т.е. коэффициент высоты.

2. Форму конуса отразят два показателя - коэффициент высоты ($H:(D+d)/2 = K_b$) и коэффициент уклона поверхности (K).

«Уклон» означает отклонение боковой поверхности элемента от вертикальной оси, ее приближение к горизонтальной. В техническом черчении используется понятие «конусность», которая равняется удвоенному уклону. Но, поскольку мы работаем чаще всего с одной половиной чертежа, удобнее пользоваться величиной уклона.

Что касается способа выражения этой величины, то используемые обычно тангенс и котангенс, несмотря на математическую их корректность, неудобны для наших целей. Значения этих соотношений колеблются от минус бесконечности до плюс бесконечности, достигая крайне малых и крайне больших чисел, меняются неравномерно и плохо поддаются сравнению и градации.

В качестве показателя уклона мы выбрали синус угла отклонения поверхности элемента от вертикальной оси. Величины синусов и тангенсов при малых углах отклонения близки, а при углах до 15° практически совпадают. Однако ряд значений синусов обладает определенными пределами - от 0 (вертикальная поверхность) до 1 (горизонтальная), а сама цепочка их величин более последовательна и позволяет отметить (условно) степени уклона. Они могут быть:

слабый, при значениях синусов от 0 до 0,5 (углы до 30°);

средний - от 0,5 до 0,7 (углы от 30 до 45°);

сильный - от 0,7 до 1 (углы свыше 45°).

Тем самым поверхности элементов можно характеризовать как **крутые**, **покатые** и **пологие**. Формулы и коэффициент уклона в нашем случае будут

Таблица 2. Параметры элементов сосуда

Величина Элемент		K_k	$K.$	$K_{уд}$ •	K_p
Устье		0,5	0,3	• 0,1	0,06
В.флексура		0,2	0,3	Д 0,2	0,04
В.свод		1,2	0,4	Д 0,6	0,03
Радикал	2,5	-	0,6	• 0,06	0,09
Невод		1,6	0,8	• 0,08	0,04

отношение полуразности диаметров конуса к длине его боковой стороны ($(D-d)/2 : h = K$).

3. Для элементов с кривыми поверхностями эти показатели являются второстепенными. Определяющую роль в характеристике сфероидов играет показатель степени *кривизны* его поверхности в вертикальной плоскости относительно другой, смежной поверхности. Этот показатель должен регистрировать *изменения* кривизны линии контура сосуда в точках сопряжения боковых сторон сегментов, образующих этот контур. Напомним, что в математике кривизна (K) выражается через отношение $(1/R)$. В процессе сравнения кривизны поверхности каждого элемента вверх и вниз от радикала с кривизной поверхности *следующего* двойное соотношение $(1/R^1/R)$ превращается в отношение (R_j/R^1) , т. е. изменение кривизны поверхности элемента б у д е т выражаться отношением его радиуса к радиусу *предыдущего*. Эти радиусы мы получаем в процессе сегментации сосуда, и точкой отсчета в определении степени изменения кривизны поверхности элементов будет величина радиуса радикала в вертикальной плоскости. Сам же полученный показатель, являющийся результатом соотношения двух величин кривизны, мы называем к о э ф и ц и е н т о м кривизны (K^1).

Другим показателем формы сфероидов является коэффициент его *профилированности*. В т е х н и ч е с к о м черчении эту величину выражают отношением глубины прогиба дуги (т. е. участка поверхности) к ее основанию - хорде, отсекающей эту дугу (в нашей ситуации - к боковой стороне вписанного в сегмент сфероидов прямоугольника или трапеции). Однако обе величины растут по мере усиления профилированности и не показательны для наших целей.

Профилированность усиливается при увеличении кривизны и прогиба поверхности $(1/R_B$ И $P)$, поэтому коэффициент профилированности определяем как произведение этих величин и получаем отношение $(P/R_B = K_n)$. Таким образом, коэффициент профилированности прямо пропорционален величине прогиба поверхности и обратно - радиусу о б р а з у ю щ е й этой поверхности.

Остается добавить, что у элементов со слабой кривизной поверхности этот показатель

маловыразителен. Заметную роль он играет в характеристике ф о р м радикалов.

Третьим и четвертым показателями формы сфероидов б у д у т коэффициенты уклона (K) и высоты (K).

3-а. Особое решение необходимо для качественной характеристики сфероидов-радикалов. Его форму, коренным образом влияющую на общие очертания сосуда, сравнивать не с чем, она самостоятельна. П о э т о м у для оценки ф о р м радикала, правильнее было бы сказать исходной фигуры радикала и сосуда в целом, мы используем понятия «экспрессивность» и «депрессивность», выражая их через величины коэффициента *радиальности* (K_p). Этот показатель - все тот же коэффициент кривизны, трансформированный применительно к радикалу, вертикальный и горизонтальный радиусы которого являются одновременно соответствующими радиусами исходной фигуры.

K_p радикала определяется как отношение его кривизны в горизонтальной плоскости к кривизне в вертикальной плоскости. Отсюда $(1/R_r : 1/R_B = R_B / R_r)$ коэффициент радиальности радикала равен отношению его вертикального радиуса к радиусу горизонтальному (половина экватора) (табл. 1).

Остальными показателями, как и для всех сфероидов, являются коэффициенты профилированности, уклона и высоты.

4. Показатели ф о р м для элементов-глобидов те же, что и для всех сфероидов. Следует только не забывать об указании направления уклона поверхности и о том, что трапеция при измерениях описывается.

Напомним, что все относительные величины выводятся из уже известных нам абсолютных. Результаты мы вносим в табл 2, а в практической работе табл. 1 и 2 объединяются в о д н у .

Вместе взятые, эти таблицы являются полным морфологическим паспортом сосуда, или его описательной математической моделью, как бы громко ни звучало это определение.

Квалиметрическая оценка формы сосуда

С п о м о щ ь ю приведенных относительных величин мы можем охарактеризовать (описать) конфигурацию

линии вертикального сечения (контур) сосуда, оценивая через коэффициенты ее изменения на каждом из участков поверхности поэлементно.

1. К радикала сообщает нам, какая из разновидностей торов легла в основу радикала. В пограничном случае (сфера) вертикальный и горизонтальный радиусы равны, $K_p = 1$.

Если K больше единицы (R_B больше R_T), перед нами экспрессивная форма (тор - «лимон» и др.).

Если K меньше единицы (R_B меньше R_T), мы имеем дело с депрессивной формой (тор-«яблоко» и др.).

Плотные пучки значений K в конформной группе позволят выделить в ней *исходно* близкие сосуды.

2. Такое же определяющее значение кривизна имеет в характеристике контуров других элементов-сфероидов.

K_k поверхности элемента указывает, насколько эта кривизна больше или меньше кривизны поверхности предшествующего элемента, т. е. насколько изменилась кривизна линии контура в точке сопряжения двух поверхностей. При растущих значениях K_k кривизна линии уменьшается, при падающих увеличивается, понижая экспрессию или подчеркивая депрессию очертаний сосуда и создавая предпосылки для большей профилированности™ и уклона поверхности элемента.

3. Другие показатели в своей совокупности сообщают дополнительные характеристики линии контура, усиливая или ослабляя заложенное в исходной фигуре качество.

K_v характеризует относительную высоту проекции дуги поверхности на вертикальную плоскость. Среднее значение - единица.

K регистрирует изменение вектора направленности линии контура в точках сопряжения поверхностей элементов и указывает на степень отклонения дуг образующих, точнее, их проекций, от вертикальной оси, их *крутизну*, хотя в математике и нет такого понятия. Пограничными можно считать (условно) его значения 0,5 и 0,7. Малыми значениями K можно пренебречь, крутизна поверхности в этом случае приближается к абсолютной.

K_n указывает на величину дуги, образующей поверхность элемента, и тем самым на степень выпуклости этой поверхности. Крайнего значения, равного единице, K_n может достичь у радикалов максимально депрессивных фигур (тор-«бублик»), если отсекаемая дуга будет равняться половине образующей фигуру окружности, т. е. глубина прогиба станет равной радиусу образующей. Средним значением K_n условно можно считать величину 0,5.

Как уже отмечалось, каждый из показателей вносит свои коррективы в общую оценку контура элемента и сосуда в целом.

Сильная профилированность делает округлыми даже экспрессивные формы, а депрессивные делает резко очерченными.

С л а б ы й уклон плечиков с малой кривизной делает их покатыми, экспрессивными, сильный уклон

превращает те же плечики в пологие, стремящиеся к горизонтали, депрессивные.

Небольшая относительная высота «унижает» даже самую экспрессивную ф о р м у .

Есть основания полагать, что между этими величинами существует системная зависимость как в рамках одного элемента, так и в межэлементных отношениях. То, что изменение одной из них вызывает цепочку изменений в других, не вызывает сомнений. Однако отследить эту взаимозависимость, установить корреляцию параметров, сделать изменения предсказуемыми - задача дальнейших исследований.

Остается сделать несколько замечаний.

Глобиды характеризуются теми же показателями, что и все сфероиды, хотя и с обратным значением кривизны поверхности.

Следует помнить, что чаще всего флексур самостоятельного значения в образовании формы сосуда не имеют. Это переходные элементы, задача которых - изменить направление линии контура на противоположное, перевести ее из наклонной, близкой к горизонтальной плоскости в плоскость вертикальную (с конструктивной точки зрения это, конечно, полноценные детали).

Исключения составляют сосуды, у которых вогнутой поверхностью представлена собственно ёмкость или значительная её часть.

Кроме флексур, задуманных как конструктивные элементы, встречаются слабовогнутые в районе дна поверхности нижнего свода. Их изгиб мог образоваться в процессе сушки, при оседании еще сырого сосуда.

На характеристиках форм конуса и цилиндра мы останавливаться не будем, тем не менее необходимо отметить следующий момент.

В сфероидальном по преимуществу сосуде могут встретиться элементы с прямыми поверхностями (верхний и нижний своды выражаются как сфероидами, так и конусами). Сравнение прямой линии с *предшествующей* ей кривой математически допустимо ($K_k = 0$), но вот сделать наоборот, сравнить кривую поверхность с прямой невозможно, поскольку деление на ноль в математике не допускается. В этом случае мы предлагаем соотносить интересующую нас поверхность с кривой поверхностью, *пр едш ест в у ю щ е й* прямой.

Конечно же, предвидеть все теоретически возможные варианты, ситуации и затруднения нереально, да и не требуется. Практика выявит недостатки самой теории и подскажет необходимые решения.

А теперь еще раз вернемся к таблице относительных величин, описывающих линию контура (пространственную конфигурацию) сосуда. Фактически эта структурированная комбинация числовых характеристик формы сосуда является ее математическим аналогом, или *кодом*. При необходимости эта запись может быть декодирована, т. е. возвращена в графический вид (в произвольном масштабе, или в реальном, если ввести « к л ю ч » - одну

из абсолютных величин, например, величину одного из радиусов радикала).

Однако для реконструкции контура у нас есть более простой способ, а полученная нами матричная модель необходима для сравнений и обобщений в процессе анализа больших массивов материала.

Прежде всего следует отметить, что при самом небольшом навыке эти цифры позволяют создать умоглядный образ заложенной в них формы. Факт не столь уж мало важный при обмене информацией и, особенно, в процессе сравнительного анализа. Глядя на колонки цифр, сам автор мог бы сказать следующее (см. табл. 2).

Перед нами сосуд-сфероид экспрессивных форм. В основе его сильно вытянутый тор-«лимон», вертикальная кривизна которого в 2,5 раза меньше горизонтальной. Высота сегмента этого тора (радикал) незначительна и соотносится с его средней линией как 0,6. Верхний свод обладает чуть меньшей кривизной, незначительной высотой и слабым уклоном поверхности. Нижний свод имеет примерно в полтора раза меньшую кривизну поверхности, незначительный (0,08, приблизительно 5°) уклон и довольно большую высоту. В целом это сосуд экспрессивных очертаний, слегка удлинённый вниз от экватора. Шейка выражена слабо, устье невысокое, со слабым обратным уклоном и хорошо выраженной кривизной.

Дело, конечно, не в самой возможности словесного описания сосуда по его числовым показателям. Просто в процессе поэлементного сравнения, без общего представления о формах сравниваемых сосудов, работа превращается в механическое перебирание цифр. Но эти навыки приходят сами.

Работа же после накопления и обработки материала будет заключаться в отборе из совокупностей конформных сосудов, обладающих одним модусом, объектов с максимально близкими характеристиками форм - сначала по показателям радикала, а затем, последовательно, по показателям элементов корпуса и других компонентов.

Дисперсия значений этих показателей в больших массивах сосудов позволит по мере накопления данных выявить группы с устойчивыми, повторяющимися формами и характерным для каждой из групп сочетанием величин квалиметрических показателей, «устойчивые разновидности форм» (УРФ) (Деопик Д.В., 1977, с.4-5).

Такие группы можно было бы определить как морфологические прототипы, или **морфотипы**, а комбинации усреднённых значений их квалиметрических показателей как характеризующие их *модели*. Незначительные, но устойчивые отклонения в показателях отдельных элементов могли бы выделить подтипы, варианты и другие *модификации*? На этом уровне будут востребованы не использованные нами пока отношения высот элементов и компонентов (например, соотношения высот корпуса и его элементов, элементов и радикала

или же последовательное соотношение высот элементов, как это делалось с величинами их кривизны).

Тип сосуда, как таковой, есть объединение морфотипа с устойчивым комплексом других, не морфологических признаков. Однако основа типологии, на наш взгляд, должна закладываться на уровне анализа форм сосудов.

Изложенная в своей принципиальной основе методика не претендует, конечно же, ни на универсальность, ни на исчерпанность проблемы. Более чем кому-либо автору видны ее слабые места и спорные моменты.

Тем не менее, приведенные в тексте способы описания и анализа форм сосудов применялись на практике и оказались вполне работоспособными. Для всесторонней же проверки эффективности предлагаемых методов необходимы многочисленные сосуды, которыми автор, к сожалению, не располагает. К тому же наша сибирская керамика скудна на разнообразие форм - для испытания методики больше подошли бы крупные и рельефные среднеазиатские сосуды.

Предложенная читателю работа имеет своей целью формализацию лишь изначальных, принципиально значимых понятий и процедур, а не жесткую регламентацию процесса исследования. Автор надеется, что ему удалось наметить исходные позиции, на которых может быть выработан общий подход к способам и методам сравнительно-описательного анализа сосудов.

В приложении 3 мы предлагаем результаты небольшого эксперимента по описательному и сравнительному анализу группы реальных сосудов.

Примечания

1. Основные принципы предлагаемой работы, формулировки понятий и терминология впервые были изложены в 1980 году в дипломной работе автора, в то время выпускника исторического факультета ИГУ.

2. После обработки достаточно большого количества материала и выявления определенных моделей (морфотипов) и модификаций не исключается возможность применения описанных способов для графической реставрации сосудов по их фрагментам, сохранившим часть морфологических признаков. Если эти признаки будут укладываться в рамки значений, определяющих ту или иную морфоструктуру, то, используя известные величины и их соотношения, можно будет произвести несложные расчеты размеров и форм недостающих деталей. Но пока это всего лишь предположение.

Литература

Асеев И.В. Прибайкалье в средние века (по археологическим данным). - Новосибирск: Наука, 1980. - 152 с.

Бобринский А. А. Гончарство Восточной Европы. - М.: Наука, 1978. - 272 с.

Брайчевский М.Ю. Методы формирования представлений археологической информации // В кн.: Статистико-комбинаторные методы в археологии. - М.: Наука, 1970. - С.53-59.

Генинг В.Ф. Программа статистической обработки керамики из археологических раскопок. - Советская археология. - 1973. - № 1. - С.114-136.

Городцов В.А. Типологический метод в археологии. - Рязань, 1927.

Горюнова О.И., Савельев Н.А. Опыт разработки понятий для описания форм сосудов неолитической и раннебронзовой керамики Восточной Сибири // Описание и анализ археологических источников: Сборник научных трудов. - Иркутск, 1981. - С.115-125.

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

Деоник Д.В., Карапетьянц А.М. Некоторые принципы описания массового керамического материала применительно к возможностям статистического анализа // Статистико-комбинаторные методы в археологии. - М.: Наука, 1970. - С.100-119. • **Деоник Д.В.** Соотношение статистических методов, классификаций и культурно-стратеграфических характеристик в археологическом исследовании. - КСИА, № 148, Методика археологических исследований и раскопки археологических памятников. - М.: Наука, 1977.

Древняя керамика Сибири: типология, технология, семантика. Новосибирск: Наука, 1990. - 184 с.

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

Земпер Г. Практическая эстетика. - М.: Наука, 1970. - с. 202.

Керамика как археологический источник / Отв. ред. В.И. Молодин. - Новосибирск: Наука, 1989. - 177 с; ил.

Клейн Л.С. Археологические источники. - Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1978.

Колчин Б.А., Маршак Б.И., Шер Я.А. Археология и математика. - В кн.: Статистико-комбинаторные методы в археологии. - М.: Наука, 1970. - С.3-7.

Маршак Б.И. Код для описания керамики Пенджикента V-VI вв. // Статистико-комбинаторные методы в археологии. - М.: Наука, 1970.

Медведев Г.И. К проблеме формально-типологического анализа изделий палеолитических и мезолитических индустрии (номенклатура деталей наглядных моделей) // Проблемы терминологии и анализа археологических источников: Тезисы к Вост.-Сиб.регион.совещанию по планированию и координации археологических исследований палеолита, мезолита, неолита. - Иркутск, 1975. - С.21-43.

Семенов С.А. Системный подход и «Аналитическая археология» Д. Кларка. // КСИА. -1978. -№ 152. -С.43-48.

Cardin J.C. Methods for the descriptive analysis archaeological materials // American antiquity. - 1967. -Vol. 32. - J 6 1, pp. 13-30.

Shepard A.O. Ceramics for archaeologist. - sixth printing. - Carnegie institution of Washington, 1968, pp.609.

Приложение 1

Техника сегментации сосуда

Прежде всего, желательнее иметь несколько профильных линий сосуда, снятых с разных позиций, для получения усредненного контура. Мало пригодны для работы уменьшенные изображения, поскольку при переводе их в масштаб от руки, без соблюдения вышеописанной методики, сохраняются основные пропорции, но искажается конфигурация (силуэты) сосудов.

На предварительном этапе работы контур сосуда «очищается» от лепных деталей, не участвующих в образовании его конструкции и формы. С помощью лекала устраняются мелкие дефекты поверхности (микрорельеф), усреднением диаметров выбирается асимметрия сторон. Эту процедуру формализации объекта мы называем аппроксимацией (от лат. «приближение») - термин, известный в математике и означающий замену исследуемой поверхности приближенной к ней, более простой и поддающейся измерениям. Все дальнейшие построения производятся на полученной идеализированной (геометризированной) модели (рис. 4).

1. Устанавливаем максимальный диаметр корпуса сосуда (экватор). Его половина равна радиусу исходной фигуры в горизонтальной плоскости.

2. Радиус исходной фигуры (радикала) в вертикальной плоскости определяется графическим способом, расчетом или же тем и другим путем параллельно.

Следует помнить, что центры горизонтальной и вертикальной окружностей, лежащих в основе исходной фигуры, всегда расположены на одной линии. Установив ножку циркуля на линии экватора, подбираем приблизительный радиус дуги (боковой поверхности) радикала. Затем проводим 2-3 касательных к внешней стороне дуги и восстанавливаем к ним перпендикуляры. Точка их пересечения на линии экватора или его продолжения за пределами контура (O_a) будет центром окружности, дуга которой является боковой стороной радикала, а расстояние от центра до дуги - радиусом этой окружности (R).

То же можно сделать, соединив концы дуги, предположительно принадлежащей радикалу, хордой и проведя через ее центр перпендикуляр до пересечения его с экватором. Точка их пересечения будет центром искомой окружности.

Чтобы рассчитать этот же радиус, необходимо вычислить отношение глубины прогиба дуги к половине хорды, отсекающей ее. Полученная величина b/d равна отношению той же половины хорды к оставшейся большей части диаметра исходной окружности. Вычислив ее через известную величину отношения, прибавив к ней величину прогиба и разделив результат пополам, мы получим все тот же радиус.

Но самым простым и удобным в практике является следующий способ.

Отметив точками границы приблизительно взятой дуги, раздвигаем ножки циркуля до расстояния, большего половины дуги. Устанавливаем иглу циркуля поочередно на первую и вторую точки дуги, делаем засечки по обе ее стороны, справа и слева, а затем соединяем линией точки перекрестия засечек. Этот перпендикуляр разделит дугу пополам. Отметив точку его пересечения с дугой, повторяем процедуру еще дважды, с каждой половиной дуги. Сойдясь, три перпендикуляра укажут центр, образующий окружности и величину ее радиуса.

Не спешите искать верхнюю и нижнюю границы радикала - они появятся сами.

3. Вертикальные радиусы выше- и нижележащих элементов опопелеляются теми же способами. Следует

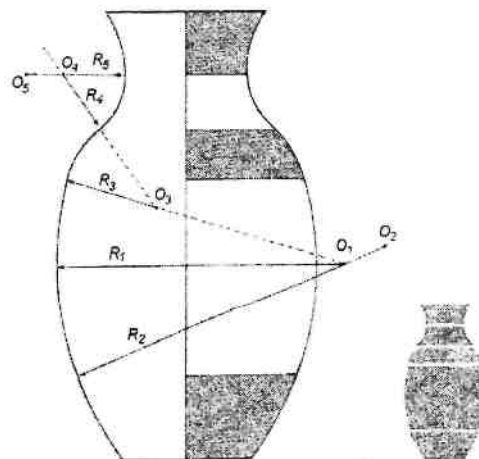
только помнить, что центры сопряженных окружностей находятся на одной линии с точкой их сопряжения. Так, например, определив радиус нижнего свода (R_2) и найдя его центр (O_2), мы соединяем два центра (O_x и O_2) линией и продолжаем ее до пересечения с линией контура. Точка пересечения b/d точкой сопряжения двух дуг, т.е. боковых сторон элементов.

Так же мы поступаем и с верхним сводом.

4. Радиусы глобидов определяются аналогично, с той разницей, что центры образующих окружностей находятся с внешней стороны контура. Найдя радиус, соединяем центры найденной и предыдущей окружностей линией, пересекающей контур. Точка сопряжения дуг лежит на пересечении линий.

5. Теперь можно очертить границы выделенных элементов (сегментов), проведя через точки сопряжения их дуг линии, параллельные экватору.

6. В выделенных сегментах строим вписанные (описанные) прямоугольники и трапеции, соединяя концы их диаметров (пограничных линий), опускаем высоты и проводим все необходимые измерения, заполняя первую часть таблицы («паспорта» сосуда). Затем, после соотнесения полученных метрических величин, заполняется вторая часть таблицы. Не следует бояться мелких погрешностей при



Величины Элементы	R_r	R_b	D	d	H	h	P	K_p	K_k	K_b	K_v ($\nabla \Delta$)	K_n
Устье		32	30	23	23	23,5	1,5		1,3	0,9	∇ 0,15	0,05
В. флексура		24	34	23	20	22,0	2		0,7	0,7	Δ 0,2	0,08
В. свод		35	45	34	13	14,0	2		0,32	0,3	Δ 0,4	0,06
Радикал	49	108	45	42	70	70,5	6	2,2		1,6	∇ 0,02	0,06
Н. свод		126	42	25	30	32,0	1,5		1,2	0,9	∇ 0,3	0,01

Рис. 4. Сегментация сосуда через радиусы его составляющих

измерениях, т.к. они «растворяются» при переводе их в относительные величины и округлении чисел.

Обработав таким образом серию сосудов, можно приступать к сравнению их параметров с параметрами других. Рис. 4 иллюстрирует порядок операций морфологического анализа и заполнения таблицы параметров.

Приложение 2

Графическая реконструкция сосудов

Требуется провести вертикальную линию через центр листа и отложить на ней высоты элементов (реальные или в масштабе). Затем, через отмеченные точки провести параллельные горизонтальные линии. Эту основу мы называем высотно-широтной сеткой.

На линиях границ радикала откладываются его диаметры, концы их соединяются вертикальными или наклонными линиями. Каркас радикала-сфероида (прямоугольник или трапеция) готов.

Боковые стороны этого каркаса являются хордами, на которые опираются дуги, образующие поверхность элемента. Помня, что радиус окружности всегда проходит через центр хорды, находим его и восстанавливаем к хорде перпендикуляр, проходящий через этот центр.

Далее, разводим циркуль до величины радиуса радикала и ставим его на линию перпендикуляра с таким расчетом, чтобы пишущий конец циркуля касался одновременно верхнего и нижнего углов прямоугольника (трапеции) с одной стороны. Соединяем их дугой и повторяем эти действия на противоположной стороне чертежа. Правильность восстановления радикала можно проверить величиной прогиба поверхности (дуги).

Есть и другой способ решения этой задачи.

По известным нам величинам (R) и (R_B) радикала восстанавливаем большую часть исходной фигуры и находим на ней диаметры (D) и (d) радикала.

После определения границ радикала соединяем центры образующих его окружностей с крайними точками ограничивающих его диаметров (точками сопряжения его боковых сторон со смежными) и на продолжениях этих линий находим центры образующих соседних элементов.

Элементы восстанавливаются любым из двух описанных способов.

Сами по себе графические операции не представляют никакой трудности, но для работы с большим количеством сосудов было бы лучше превратить все процедуры (сегментацию, измерения, реконструкцию) в компьютерную программу. Возможность быстрого перевода сканированного контура в цифры, а цифр, при необходимости, снова в контур открыла бы новые перспективы и в накоплении материала, и в обмене информацией.

Опыт измерения и сравнения форм сосудов

Представленные в качестве иллюстрации сосуды, предположительно относящиеся к курыканской (курумчинской) культуре, были найдены в разное время в ритуальных и погребальных комплексах оз. Байкал и о. Ольхон.

Шесть сосудов находились в каменных шатровых сооружениях о.Ольхон (оз.Нурэ, рис.1 а, б, в, рис.3 а) и погребениях (оз.Елгай, рис.2 а, б), исследованных Иркутской экспедицией Института археологии АН СССР (Грязнов М.П., 1959). Еще два были обнаружены в погребениях Приольхонья (Улярба, рис.2 в, Зайцев М.А., 1989; Куркут - I, рис.2 г, Асеев И.В., 1980). Последние два сосуда были найдены в северо-восточной части Байкала (Байкальское-I, рис. 1 г, рис.3 б, Харинский А.В., 1986,1987).

В порядке эксперимента мы дифференцировали сосуды в соответствии с их морфологическими показателями, выявив несколько групп.

Первые четыре сосуда (рис. 5) представляют собой одну морфоструктурную разновидность, модус которой представлен сочетанием: устье-глобoid, радикал-сфероид, нижний свод-конус.

По своим параметрам эти сосуды относятся к одной модели, которая характеризуется следующими цифрами.

Радикал - слабая экспрессивность (1,2 - 1,4) исходной формы, небольшая (0,4 - 0,5) высота и крутой уклон поверхности (0,06 - 0,1), очень слабая профилированность.

Нижний свод - небольшая (0,3 - 0,4) высота, довольно крутой уклон поверхности (0,4 - 0,5).

Устье - кривизна больше средней (0,4), высота небольшая (0,2 - 0,3), довольно сильный уклон (0,3 - 0,5), профилированность слабая.

Два сосуда (рис.6 а, б) можно отнести к той же модели, но к другой ее модификации.

Радикал - более экспрессивный (1,6; 1,9), высота ниже средней (0,5), крутой уклон поверхности (0,08; 0,1), слабо профилированный.

Нижний свод - высота ниже средней (0,4; 0,5), крутая поверхность (0,3; 0,4).

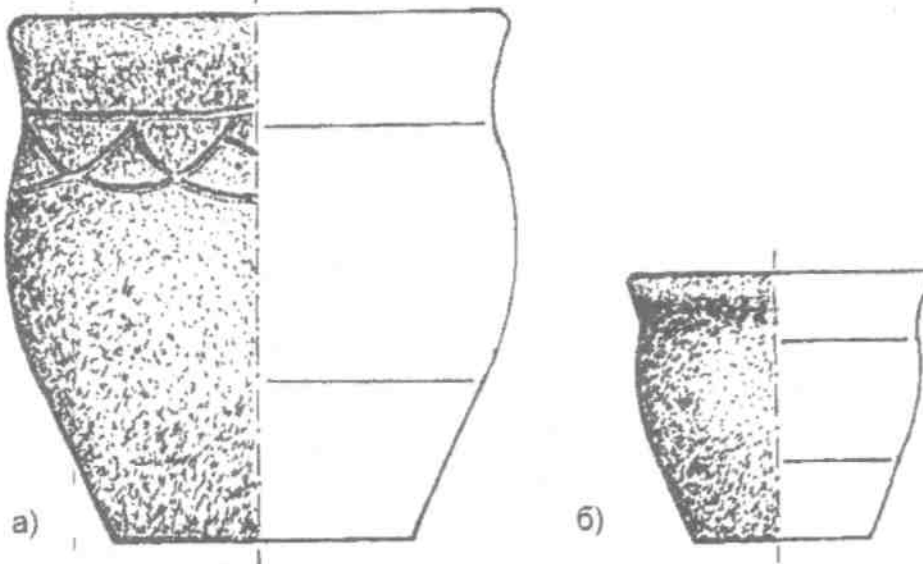
Устье - слабая кривизна поверхности, малая высота, уклон 0,2; 0,7.

Два сосуда (рис.6 в, г) имеют несколько другую морфоструктуру (модус), их нижние своды представлены сфероидами.

Радикал - заметно экспрессивен (1,7; 1,8), невысок (0,3), с крутым уклоном поверхности (0,05; 0,06), слабо профилирован.

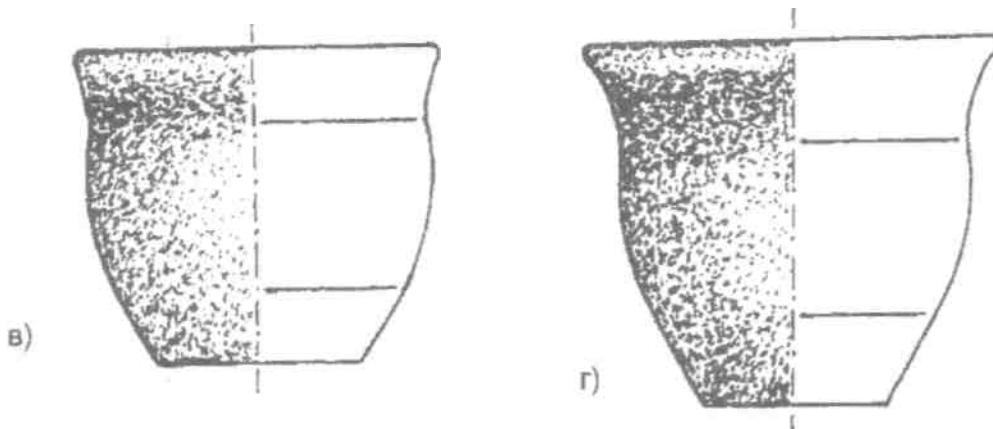
Нижний свод - кривизна поверхности в полтора раза меньше, чем у радикала (1,5), высота ниже средней (0,4; 0,5), крутой уклон (0,3; 0,5), профилированность слабая.

Устье - слабая кривизна и профилированность, малая высота (0,2) и крутой уклон (0,2; 0,3).



В мм Таблица 1

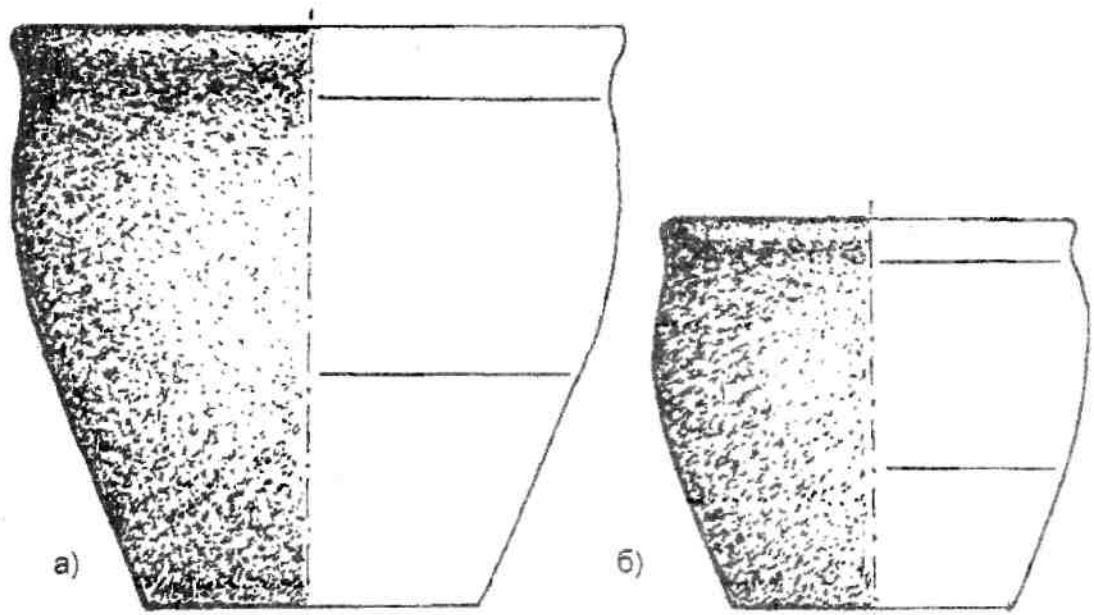
Величина Элемент	R _Г	R _В	D	d	H	h	P	K _P	K _K	K _B	K _У	K _П
а) Устье		60	152	134	32	33	2		0,7	0,2	▼ 0,3	0,03
Радикал	73	88	136	128	70	70,5	7	1,2		0,5	▼ 0,06	0,08
Н.свод			128	88	43	47				0,4	▼ 0,4	
б) Устье		20	90	78	20	21,5	2		0,4	0,2	▼ 0,5	0,1
Радикал	39	55	78	69	29	29,5	2	1,4		0,4	▼ 0,1	0,04
Н.свод			69	49	22	24				0,4	▼ 0,4	



В мм Таблица 2

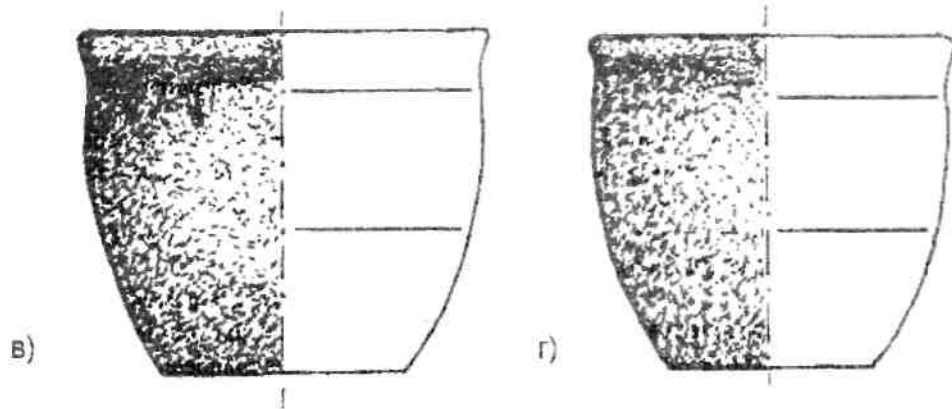
Величина Элемент	R _Г	R _В	D	d	H	h	P	K _P	K _K	K _B	K _У	K _П
в) Устье		34	110	92	21	9	2		0,5	0,2	▼ 0,4	0,1
Радикал	49	67	92	80	45	6	5	1,4		0,5	▼ 0,1	0,07
Н.свод			80	57	20	11,5				0,3	▼ 0,5	
г) Устье		28	128	96	30	16	4		0,4	0,3	▼ 0,5	0,1
Радикал	51	67	96	83	45	6,5	4	1,3		0,5	▼ 0,1	0,06
Н.свод			83	50	27	16,5				0,4	▼ 0,5	

Рис. 5. а- о.Ольхон, Нурэ, № 8; б- о.Ольхон, Нурэ, № 20; в- о.Ольхон, Нурэ, № 21; г- г.Байкальское I, № 2



В мм Таблица 3

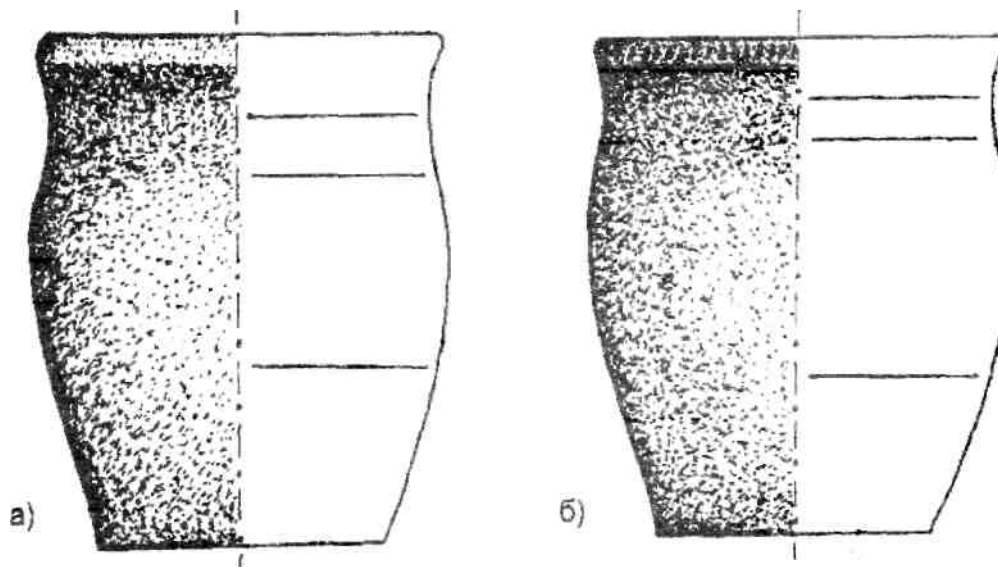
Величина	R_1	R_B	D	d	H	h	P	K_P	K_K	K_B	K_Y	K_{Γ}
а) Устье		42	176	168	20	21	2		0,3	0,1	▼ 0,2	0,04
Радикал	84	156	168	154	76	77	4	1,9		0,5	▼ 0,1	0,03
Н.свод			154	94	64	70				0,5	▼ 0,4	
б) Устье		8	134	114	10	15	1		0,08	0,08	▼ 0,7	0,1
Радикал	60	96	114	104	58	59	5	1,6		0,5	▼ 0,08	0,05
Н.свод			104	78	38	40				0,4	▼ 0,3	



В мм Таблица 4

Величина	R_1	R_B	D	d	H	h	P	K_P	K_K	K_B	K_Y	K_{Γ}
в) Устье		32	116	109	19	21	1		0,3	0,2	▼ 0,2	0,03
Радикал	55	91	109	102	34	76,5	2	1,7		0,3	▼ 0,05	0,03
Н.свод		138	102	67	38	67	2		1,5	0,4	▼ 0,3	0,01
г) Устье		28	114	100	20	23	2		0,2	0,2	▼ 0,3	0,07
Радикал	52	92	100	96	32	33	3	1,8		0,3	▼ 0,06	0,03
Н.свод		140	96	58	36	41	2		1,5	0,5	▼ 0,5	0,01

Рис. 5. а- о.Ольхон, Нурэ, № 8; б- о.Ольхон, Нурэ, № 20; в- о.Ольхон, Нурэ, № 21;
г- г.Байкальское I, № 2



В мм Таблица 5

Величина	Элемент	R _Г	R _В	D	d	H	h	P	K _P	K _K	K _B	K _У	K _П
а)	Устье		45	127	115	19	21	3	0,5		0,2	▼ 0,3	0,07
	В.флексура		45	129	115	15	17				0,1	△ 0,4	
	Радиал	62	100	120	147	55	56	3	1,6		0,5	▼ 0,1	0,03
	Н.свод		412	117	86	57	61	1,5		4,1	0,6	▼ 0,3	0,003
б)	Устье		40	124	113	17	18	2	0,4		0,1	▼ 0,3	0,05
	В.флексура		40	116	113	12	12,5					0,1	
	Радиал	62	106	116	111	68	68,5	5	1,7		0,6	▼ 0,04	0,05
	Н.свод		485	111	81	47	50	1,5		4,5	0,5	▼ 0,3	0,003

Рис. 7. а- о.Ольхон, Нурэ, № 13; б- г.Байкальское 1, р.1, № 3

Модус двух последних сосудов (рис.7 а, б) включает в себя верхнюю флексуру (шейку). Данная модель имеет следующие характеристики.

Радиал - экспрессивный (1,6; 1,7), слабо профилирован, высота ниже средней (0,5; 0,6), крутой уклон (0,04; 0,1).

Нижний свод - очень экспрессивная исходная форма, слабо профилирован, высота ниже средней (0,5; 0,6), крутой уклон (0,3).

Верхняя флексура - низкая (0,1), с крутым уклоном поверхности (0,1; 0,4).

Устье - низкое (0,1; 0,2), с крутым уклоном (0,3).

Кривизна и профилированность верхней флексуры (0,4; 0,05) и устья (0,5; 0,07) измерялись как общие, поскольку оба элемента представлены одной глобоидной поверхностью.

Напомним, что проделанная работа - всего лишь эксперимент, демонстрация практического применения методики и не предполагает серьезных научных выводов, для которых необходимо статистически большое количество измерений.

Возможно, кто-нибудь из работающих с керамикой археологов решится на более масштабный опыт (автор был бы рад узнать о его результатах и, если потребуется, оказать необходимую помощь).

Summary

The author of the article proceeds with one of the unsolved problems of analysis of vessels as archaeological sources, namely, possibility of their morphological description, comparison and statistic generalization of results.

Existing methods of research of constructions and shapes of vessels, on author's opinion, cannot be brought to morphological ones completely, because vessels mostly are measured, not analyzed. Measuring of heights, diameters and angles gives common idea about proportions of a body, but not about its shape and structure. As a consequence, there is no a common language of description, that is impossible without conceptual base of analysis.

The article offers system of methods of morphological analysis of vessels, that allows them to get detailed, researched and expressed by mathematic parameters (coding) with following comparison. These methods are based on geometrical ways of segmentation of objects and formalized system of ideas and terms is used here.

The author believes that unified and compact procedure of description, keeping safe and transmission of data will provide the unity of researchings and will help to enter the gathered archaeological material into scientific operation.