



УДК 572.71(596)

## Методические аспекты угловой морфометрии черепов на примере кхмеров Камбоджи\*

Р. М. Галеев, С. В. Васильев

*Институт этнологии и антропологии РАН им. Н. Н. Миклухо-Маклая*

**Аннотация.** На примере черепов кхмеров из Камбоджи демонстрируется, как работает метод угловой морфометрии черепа. Серия черепов из Камбоджи – сборная. Большая ее часть происходит из провинции Компонг и относится к XIX в. Вторая часть серии имеет дату 1920 г. Рассмотрены основные проблемы, связанные с тригонометрическим описанием формы мозговой коробки. Даны базовые методические приемы для изучения угловой морфометрии. На примере черепов кхмеров показана важная роль четырех треугольников с вершинами в сагиттальной плоскости, у которых основанием является наибольшая ширина мозговой коробки (*au-au*), для разграничительных краниологических анализов. Проанализированы различные формы ромба фронтальной плоскости *b-au(pr.l)-ba*. Исследуемая группа разделилась на две части: черепа с увеличенной ушной высотой и черепа с сильно опущенным основанием мозговой коробки. Показана работа центральных углов в сагиттальной плоскости.

**Ключевые слова:** краниология, угловая морфометрия черепа, краниотригонометрия, кхмеры Камбоджи.

### Введение

Человеческий череп – сложный геометрический объект, состоящий из отдельных простых и сложных фигур. К простым можно отнести, например, теменную кость, геометрию которой описать достаточно легко. В широком смысле методические задачи, стоящие перед краниологией, – описание формы черепа. Термин «форма» в данном случае применяется в широком смысле и подразумевает описание объекта исследования качественными и количественными характеристиками. Качественные характеристики (дискретно-варьирующие признаки, цвет черепа, сохранность и т. д.) мы затрагивать в данной работе не будем, возьмем только количественные. Такими характеристиками в краниологии занимается краниометрия, в которой проводится сравнение черепов между собой по их линейным параметрам и индексам. Индексы – величина относительная, так как один размер или группа размеров индексированы между собой.

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ОИФН РАН «Историческое наследие Евразии и его современные смыслы». Направление 1 «Историческое наследие Евразии от древности до средневековья: этапы, материалы, концепции». Проект «Закономерности формирования антропологического состава палеопопуляций Северной Евразии».

Цель данного методического исследования – выявление спорных моментов в краниотригонометрической методике и демонстрация значимости метода угловой морфометрии в дифференциации древнего населения по форме мозговой коробки.

### Материалы и методы

В общей сложности исследовано 20 черепов кхмеров, хранящихся в Музее человека в Париже. Большинство из них – хорошей сохранности, за исключением одного объекта, от которого сохранился только лицевой скелет. Соотношение мужчин и женщин в группе следующее: 14 черепов (70 %) определены как мужские, 6 черепов (30 %) – как женские. Индивиды относятся к разным возрастным группам: у большинства возраст определен в интервале 35–45 лет, некоторые имеют паспортный возраст.

Методика угловой морфометрии черепа, которую мы использовали в работе, выросла из краниотригонометрических исследований, которые берут начало в антропологии в XIX в. с работ А. Лиссауера [Lissauer, 1885] и П. Топинара [Topinard, 1885, 1894]. В XX в. антропологами Г. Клаачем [Klaatsch, 1909], Дж. Имбеллони [Imbelloni, 1921] и Г. Р. Фритотом [Fritot, 1964] эти исследования совершенствуются и даже создаются программы краниотригонометрических признаков. Под термином «краниотригонометрия» понималось изучение сагиттальной проекции черепа с помощью угловых величин. В отечественной науке использование методик, базирующихся на измерениях в сагиттальной проекции черепа, связано с именами В. В. Бунака [Бунак, 1959], И. И. Гохмана [Гохман, 1962], М. И. Урысона [Урысон, 1970, 1972], Ю. Д. Беневоленской [Беневоленская, 1976], Ю. К. Чистова [Чистов, 1980], И. М. Пинчуковой [Пинчукова, 1982].

Кроме разработанных программ угловых признаков в сагиттальном контуре черепа рядом исследователей были предприняты вполне успешные попытки изучать угловые размеры независимо от сагиттальной плоскости [Бунак, 1960; Aiello, Dean, 1990; Pore, 1991]. В основном эти работы были связаны с исследованием угловых размеров лицевого скелета черепа. Как показывает практика, в выявлении близкородственных связей определяющую роль играют не общие размеры мозгового и лицевого скелета, а подчас интуитивное восприятие исследователя, учитывающего форму отдельных частей черепа, кривизну костей и т. п. Поскольку именно угловые размеры для решения подобных задач являются, вероятно, наиболее показательными в силу того, что они описывают форму черепа, назрела необходимость создания новой программы угловой морфометрии черепа, не обязательно связанной с сагиттальной плоскостью. Логичней было бы разделить такую программу на две части: лицевой скелет и мозговую коробку [Васильев, 1996, 1997].

Методика измерения совершенствовалась по мере исследований. Вначале мы отказались от сагиттального обвода, полагая, что такие точки, как *назион*, *брегма*, *лямбда*, *опистион*, *простион*, чаще не располагаются в одной плоскости даже в норме, не говоря уже о нередко посмертно деформированных и асимметричных черепках. Затем мы отказались и от сагиттальной плоскости,

которой предпочитали пользоваться Г. Клаач и Г. Р. Фритот, чтобы оценить форму черепа в объеме.

Построить на бумаге по трем измеренным на черепе хордам треугольник и измерить углы при помощи транспортира оказалось делом несложным, но не очень точным. В предложенной нами программе появилась возможность оценить и размеры, и степень искривленности и изгиба любой области мозговой коробки, т. е. оценить форму, поэтому угловые размеры мы называем формообразующими параметрами. Последним этапом в разработке методики было создание компьютерной программы, рассчитывающей углы по трем хордам, с использованием общедоступной тригонометрической теоремы косинусов. Таким образом, мы добились того, что углы, полученные нами, столь же достоверны, сколь достоверны собственно измерения черепа. Объединив систему треугольников, мы смогли получить морфометрическую краниограмму. Таким образом, для сравнительного анализа можно использовать как цифровой материал, так и изобразительный.

### Результаты анализа

**Анализ пирамид, связанных с осью  $au-au$ .** Разберем относительную удаленность сагиттальных точек  $b$ ,  $n$ ,  $l$  и  $ba$  в геометрическом пространстве черепа относительно оси  $au-au$ . Сначала рассмотрим простой анализ четырех признаков угловой морфометрии –  $au-b-au$ ,  $au-ba-au$ ,  $au-l-au$ ,  $au-n-au$ . Очевидно, что все эти треугольники имеют в своем основании хорду  $au-au$ , поэтому мы можем использовать для анализа только один угол, противоположный хорде. Геометрический смысл анализа представлен на рис. 1. Как видно из рисунка, чем ближе будет расположена точка к оси  $au-au$ , тем шире будет противоположный угол, и наоборот, чем острее угол, тем дальше располагается точка от оси. Какие характеристики черепа нам это может дать? Во-первых, все четыре точки описывают разные области черепа – фронтальную, теменную, затылочную и область основания. Тем самым анализ этих углов показателен для понимания пропорций мозговой коробки. Во-вторых, через ось  $au-au$  мы связываем все в единую систему, которая «индексируется» или взаимосвязана с шириной основания черепа. При этом изначальный линейный размер значения не имеет, так как сравниваются формы треугольников, отображенные одним углом. Другими словами, происходит сравнение четырех треугольников, у которых основание равно, поэтому противоположные основанию ( $au-au$ ) углы ( $b$ ,  $n$ ,  $ba$ ,  $l$ ) отражают всю суть изменений. Исходные для анализа данные представлены в табл. 1–3.

В табл. 1 и 2 представлены основные статистические характеристики для всех четырех признаков. Как видно, все признаки имеют средние показатели размаха изменчивости, за исключением признака  $au-ba-au$ . В табл. 3 дана корреляция между четырьмя признаками внутри группы. Обращает на себя внимание высокая положительная взаимосвязь между признаками  $au-l-au$  и  $au-b-au$ .

Таблица 1

Основные статистические характеристики признаков, °

Признак	<i>N</i>	<i>X</i>	Min	Max	<i>S</i>	Пол
<i>au-b-au</i>	13	58	54	63	2,73	М
<i>au-ba-au</i>	12	137	128	145	5,54	
<i>au-b-au</i>	6	59	54	64	3,55	Ж
<i>au-ba-au</i>	6	137	128	143	6,86	

*N* – количество исследованных по данному признаку черепов, *X* – среднее значение.

Таблица 2

Основные статистические характеристики признаков, °

Признак	<i>N</i>	<i>X</i>	Min	Max	<i>S</i>
<i>au-l-au</i>	19	66,6	62,8	71,4	2,52
<i>au-n-au</i>	19	73,0	66,1	77,9	3,26
<i>au-b-au</i>	19	58,2	54,1	64,3	2,96
<i>au-ba-au</i>	18	136,8	127,7	145,0	5,81

*N* – количество исследованных по данному признаку черепов, *X* – среднее значение.

Таблица 3

Корреляция внутри группы

Признак	<i>au-l-au</i>	<i>au-n-au</i>	<i>au-b-au</i>	<i>au-ba-au</i>
<i>au-l-au</i>	1,00	0,44	0,73	0,35
<i>au-n-au</i>	0,44	1,00	0,48	-0,01
<i>au-b-au</i>	0,73	0,48	1,00	0,12
<i>au-ba-au</i>	0,35	-0,01	0,12	1,00

Вначале проведем простое рассеивание по двум признакам. Для визуализации результатов на рис. 2 представлен чертеж теменной пирамиды. Пирамида, начерченная черным цветом, имеет более острые углы в вершинах *b* и *l*, а начерченная красным – более тупые. Таким образом, мы получаем две крайние формы геометрии теменной области черепа. Как видно на рис. 3, индивиды расположились не во всей плоскости, а по диагонали, это связано с высокой положительной корреляцией (+0,73). Следовательно, индивиды, расположенные в правом верхнем углу, имеют форму теменной пирамиды, соответствующую черной пирамиде на рис. 3, а расположенные в левом нижнем – красной пирамиде. Обращает на себя внимание очень близкое расположение индивидов *m17* и *m18*, *m11* и *ж16*, что свидетельствует об идентичной форме строения рассматриваемой области.

На рис. 4 представлен анализ по двум признакам, описывающим лобную пирамиду. Логика изменения углов здесь точно такая же, что и в предыдущем анализе. Как видно из графика, каждый признак дифференцирует всю выборку на несколько групп. Угол *назион* (*n*) у большинства индивидов укладывается в значения 72–76°, образуя тем самым одну большую группу, расположенную в центре. Эту группу мы разделили на две, по два градуса в каждой, так как в

масштабе угла  $au-n-au$  два градуса имеют значение. Две крайние группы имеют значение  $66-68^\circ$  и  $78^\circ$  соответственно, что в геометрическом смысле отражает две сильно различные формы. Угол *брегма* ( $b$ ) делит выборку на две части: в верхней части индивиды, обладающие низким положением *брегмы*, в нижней части – наоборот. Таким образом, если описывать крайние варианты формы лобной пирамиды, получаем следующее: индивиды м17, ж20 и ж16 обладают относительно вытянутой лобной пирамидой как в высоту (угол *брегма*  $66-68^\circ$ ), так и в длину (угол *назион*  $54-58^\circ$ ), а противоположная по диагонали группа, состоящая из индивидов м5 и ж9, обладает противоположными пропорциями.

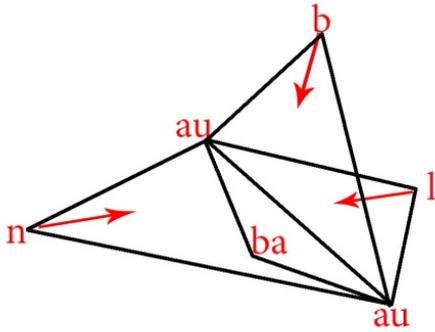


Рис. 1. Чертеж морфометрии черепной коробки

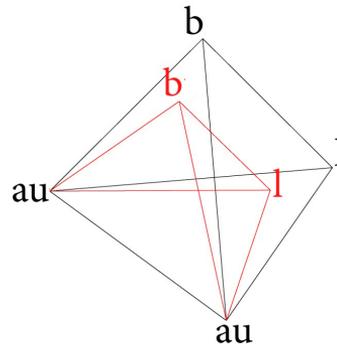


Рис. 2. Чертеж морфометрии теменной пирамиды

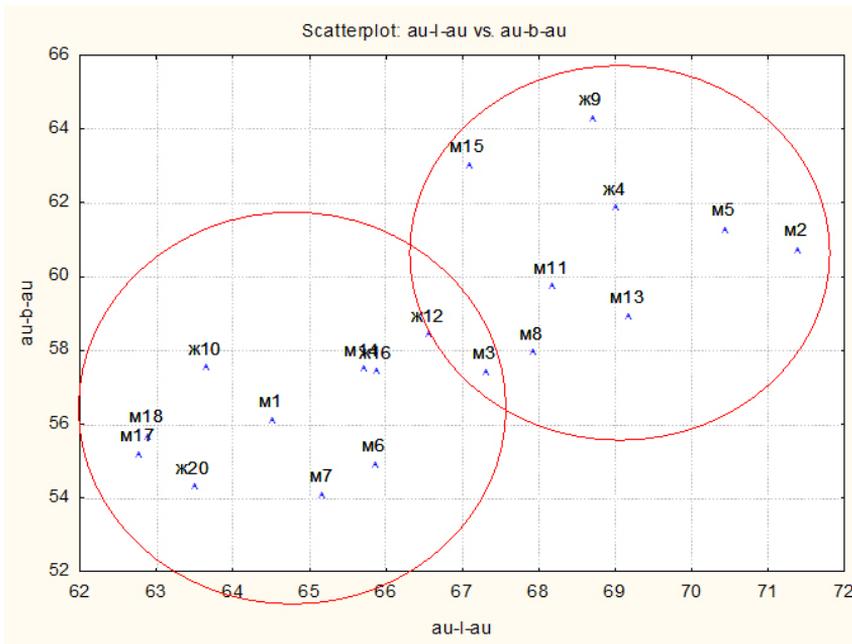


Рис. 3. Диаграмма рассеивания по двум признакам ( $au-l-au$  и  $au-b-au$ )

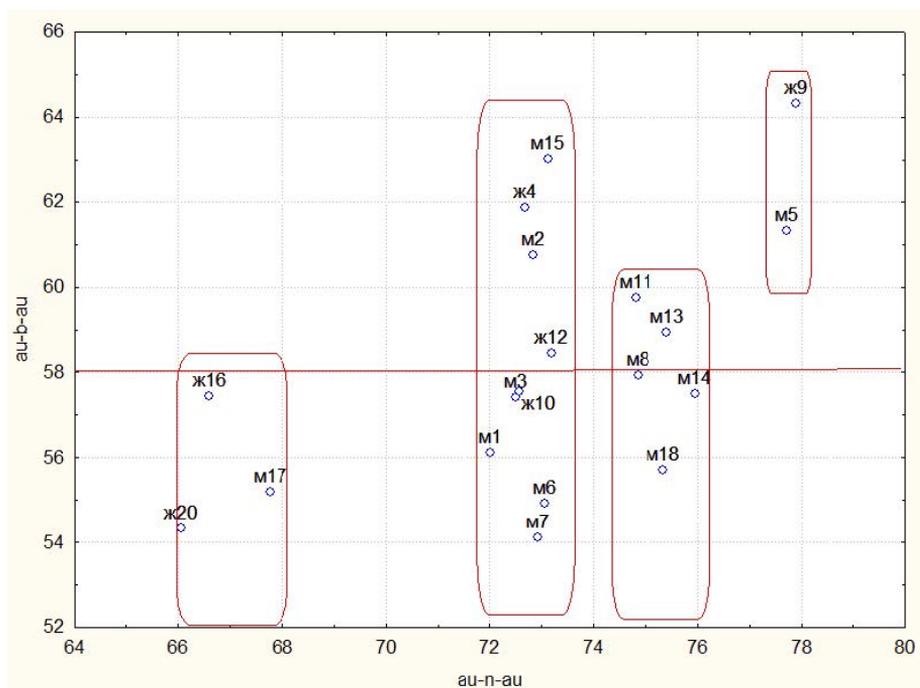


Рис. 4. Диаграмма рассеивания по двум признакам ( $au-b-au$  и  $au-n-au$ )

На рис. 5 использованы два признака, которые описывают относительную «вытянутость» двух пирамид – лобной и теменной. Данный анализ не имеет отношения к длине *назион – лямбда*, также он не показателен для отношения хорды  $n-l$  к ширине  $au-au$ , так как плоскости треугольников  $au-l-au$  и  $au-n-au$  имеют наклон между собой. Анализ показателен для понимания пропорций двух пирамид. Итак, индивиды ж20, м17 и ж16 имеют вытянутые пирамиды, а м5 и ж9 – наоборот. Вероятно, это может являться отдельной характеристикой геометрической формы, при которой обе пирамиды пропорционально вытянуты или, наоборот, не вытянуты. Большая часть группы имеет угол *назион*  $72-73^\circ$ , что, вероятно, свидетельствует о том, что признак «рабочий» и дает правильные средние представления о группе.

**Анализ показателей «ромба»  $b-au(l,r)-ba$ .** На рис. 6 представлены результаты анализа пропорций фронтальной плоскости черепа. Безусловно, что обе плоскости, образованные хордой  $au-au$  и двумя вершинами в районе *брегмы* и *базииона*, имеют наклон между собой, величину которого мы покажем в другом анализе, но, тем не менее, данный анализ демонстрирует отношение ширины мозговой коробки ( $au-au$ ) к ее высоте ( $b-ba$ ). Таким образом, индивиды, расположенные в левом нижнем квадранте, обладают относительно высокой и относительно узкой формой фронтальной плоскости мозговой коробки, в верхнем правом – обратными характеристиками. В левом верхнем квадранте индивиды имеют не сильно выступающее вниз основание черепа, но относительно высокое расположение точки *брегма*, в правом нижнем – обладают обратными характеристиками.

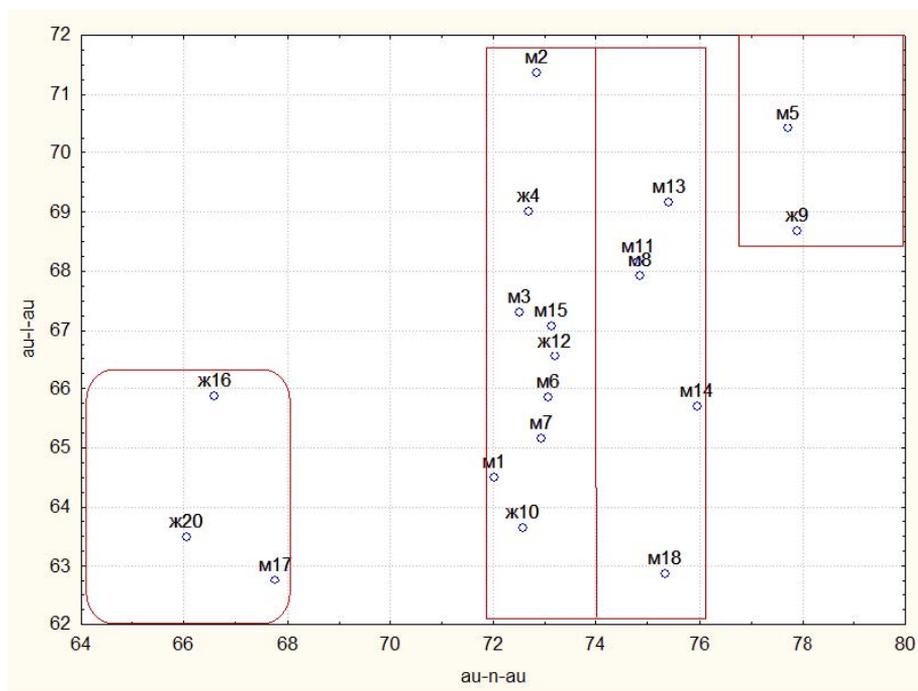


Рис. 5. Диаграмма рассеивания по двум признакам ( $au-l-au$  и  $au-n-au$ )

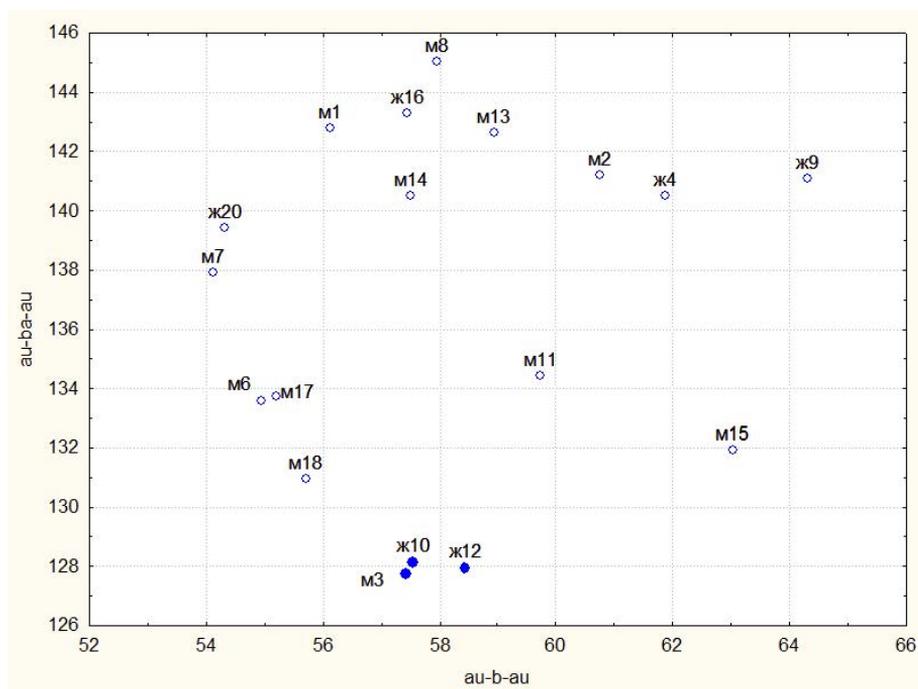


Рис. 6. Диаграмма рассеивания по двум признакам ( $au-ba-au$  и  $au-b-au$ )

Обращает на себя внимание, что индивиды м3, ж10 и ж12 опять имеют тесное расположение, т. е. по трем углам ( $ba, n, b$ ) или по трем пирамидам они имеют практически идентичное строение. Отметим, что при этом линейная ширина  $au-au$  у данных индивидов разная (м3 – 123 мм, ж10 – 116 мм, ж12 – 124 мм).

**Анализ группировок.** Тесное расположение некоторых индивидов в поле разных анализов требует своего отдельного выяснения и объяснения. В чем, собственно, заключается их сходство и насколько оно случайное? Это сходство обусловлено одинаковыми абсолютными размерами или же заключено в пропорциональном развитии и сходстве геометрической формы? Чтобы ответить на эти вопросы, мы выявили «группировки» индивидов, которые присутствуют на графиках.

На рис. 7 представлен результат рассеивания по трем углам. Видно, что большая часть индивидов образует разреженную группу, которая занимает относительно среднее положение по всем трем плоскостям (вероятно, средняя популяционная характеристика), от которой четко отличаются индивиды м17, ж20, ж9 и т. д.

В заключительном анализе по данной категории признаков мы использовали метод главных компонент, результаты которого представлены на рис. 8. Как видно из графика, мы получили достаточно обширный разброс индивидов, особенно по первому фактору. Такое рассеивание произошло за счет значений трех углов ( $n, l, b$ ), т. е. индивиды, обладающие большими значениями, расположены в правой части графика, а относительно меньшими – в левой. Распределение по второму фактору связано в основном с одним признаком, а именно углом *базион*, т. е. индивиды, расположенные в верхних квадрантах, обладают большими значениями угла *базион*, в нижней части наоборот – меньшими. Теперь попробуем расшифровать результаты анализа. Итак, расположенные в левой (отрицательной) части графика по первой компоненте обладают относительно вытянутыми пропорциями строения мозговой коробки по векторам  $au-b$ ,  $au-l$  и  $au-ba$ . По второй компоненте индивиды различаются выступанием точки *базион* вниз. Соответственно, в отрицательном квадранте индивиды характеризуются большим выступанием, в положительном – наоборот.

Обращает на себя внимание тесное расположение некоторых индивидов, а именно м13 и ж4, м11 и м15, м3 и ж12, м18 и ж10. Объяснить такое геометрическое сходство по результатам одного анализа нет возможности, но можно поставить вопрос о сходстве. Дальнейшие исследования должны показать, чем это обуславливается – близкое популяционное родство, родство на уровне рода, на уровне близких родственников или случайное математическое совпадение? Забегая вперед, скажем, что сходство индивидов не связано с абсолютными размерами их черепной коробки, что будет показано через статистический анализ ниже.

Чтобы конкретизировать результаты, в анализе ниже из набора признаков мы убрали значение угла *базион*, так как, по нашему опыту, он отражает хаотичную информацию.

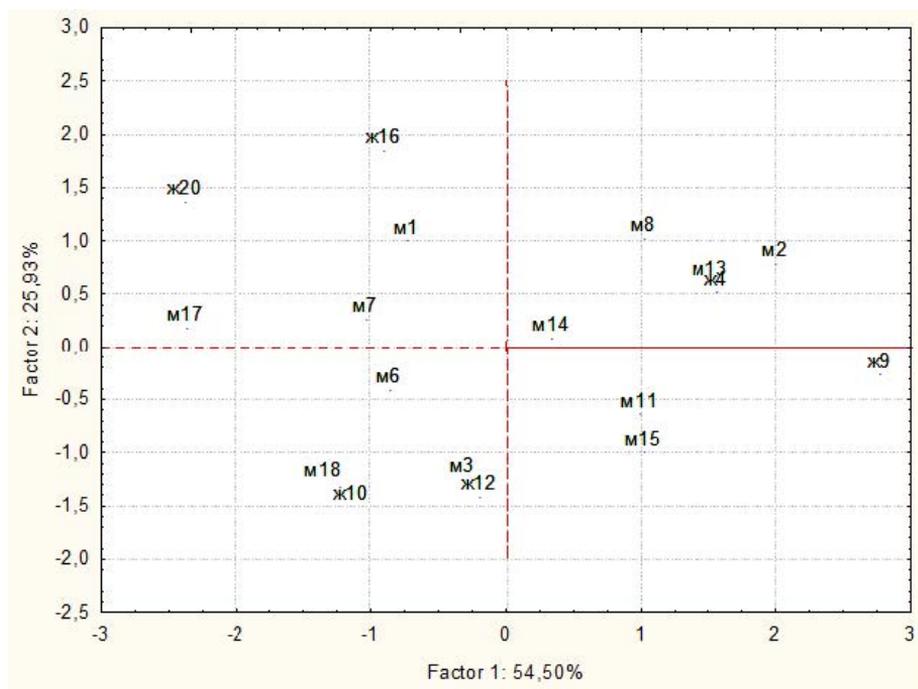


Рис. 7. 3d-диаграмма рассеивания по значениям трех признаков (*au-ba-au*, *au-n-au* и *au-l-au*)

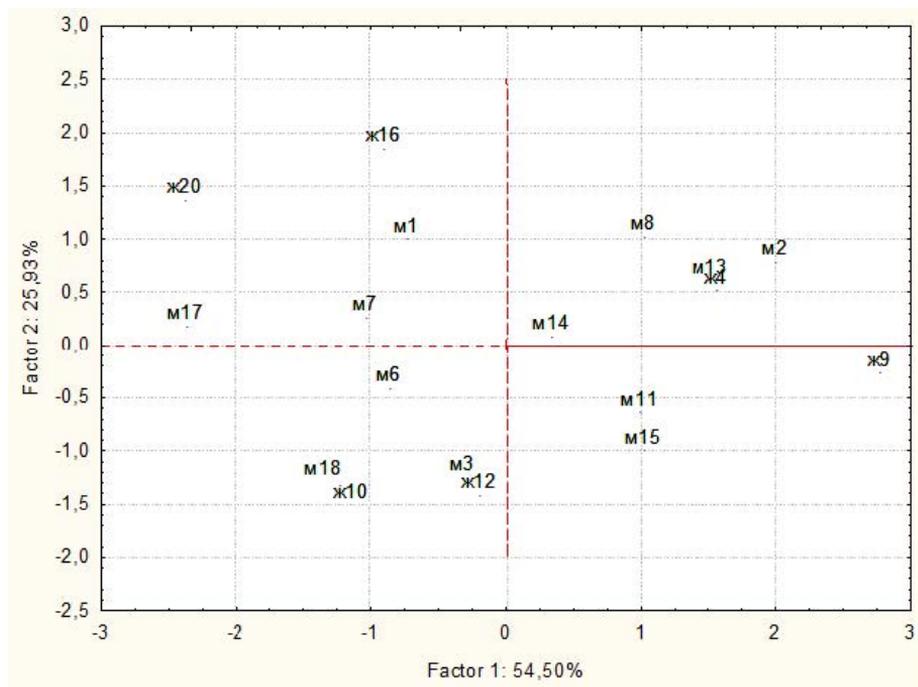


Рис. 8. Распределение черепов в плоскости 1-й и 2-й главных компонент по значениям четырех признаков (*au-ba-au*, *au-n-au*, *au-l-au* и *au-b-au*)

На рис. 9 можно увидеть результаты анализа по трем углам. Как видно, индивиды стали более сгруппированы, изменились «группировки», и из выделенных нами ранее остались только м3 и ж12, находящиеся в центре. Отметим, что более 70 % изменчивости приходится на первую компоненту, что свидетельствует о возможности отразить ту же статистическую информацию более простыми анализами, расположенными в двух- и трехмерном пространстве, что, собственно, было сделано выше.

Таким образом, в некоторых случаях в угловой морфометрии логичным является использование простой статистики, которая дает более понятный для интерпретации результат, при этом отображая тот же процент изменчивости, что и сложные многомерные статистические методы.

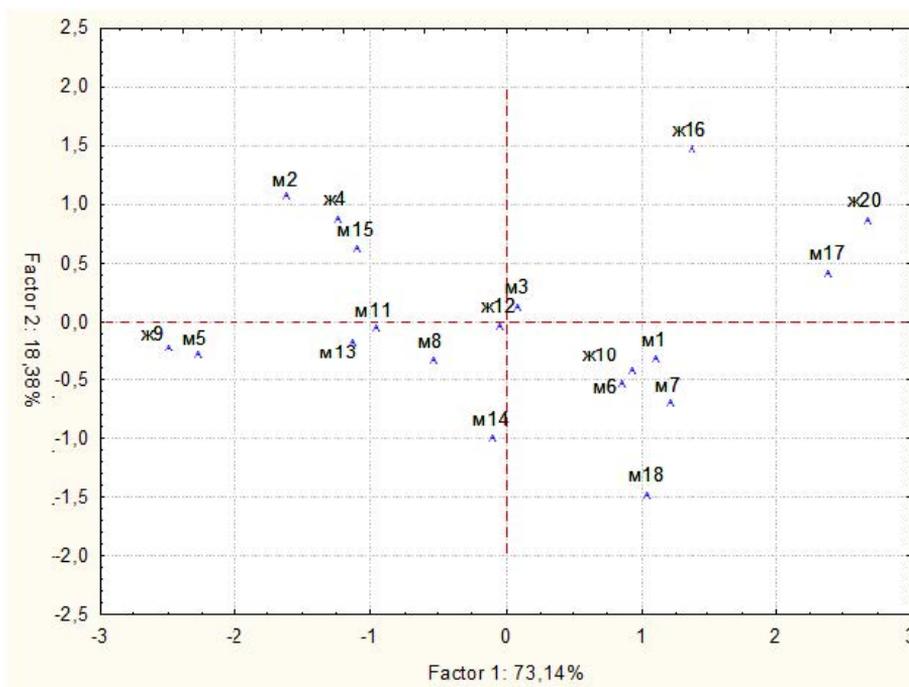


Рис. 9. Распределение черепов в плоскости 1-й и 2-й главных компонент по значениям трех признаков ( $au-n-au$ ;  $au-l-au$  и  $au-b-au$ )

**Сагиттальная плоскость.** Если в анализе выше мы анализировали признаки, которые, абстрактно говоря, свободно вращаются вокруг оси  $au-au$ , то теперь мы те же точки фиксируем в сагиттальной плоскости и определяем их геометрическое положение.

Анализ сагиттальной плоскости начинается с положения точек *назион*, *базион*, *брегма* и *лямбда*. На рис. 10 представлен геометрический смысл анализа. На нем центр пересечения двух осей  $n-l$  с осью  $ba-b$  условен, так как, согласно исследованиям [Васильев, 1996, 1997], сагиттальные точки очень редко лежат в одной плоскости и всегда имеют некоторое смещение относительно условной сагиттали.

Условный центр появился еще в краниотригонометрических системах, начиная с работ У. Дж. Солласа [Sollas, 1933], но широкое применение получил с работ Г. Клаача [Klaatsch, 1909] и предложенными им углами  $z^1$  и  $z^2$ . В случае с краниотригонометрией центр пересечения двух осей получался геометрическим способом, в нашем случае мы высчитываем проекционные значения, что значительно легче и точнее.

Как видно на рис. 1, сумма всех четырех углов в плоскости всегда равняется  $360^\circ$ , но в действительности, ввиду того что точки не лежат в плоскости, сумма четырех углов может быть больше чем  $360^\circ$ , и чем больше суммарное значение, тем сильнее искажение сагиттальной плоскости, а чем меньше, тем ближе к плоскости расположены точки, что уже само по себе несет информацию о строении черепа. Таким образом, сумма углов должна соответствовать формуле  $1 + 2 + 3 + 4 \geq 360^\circ$ . Если такого соответствия нет и сумма получается меньше  $360^\circ$ , это свидетельствует об ошибке измерений или расчетов.

Рассчитать значения углов 1–4 можно для каждого треугольника отдельно, используя значения двух углов (рис. 11, два угла отмечены красным). Так как для вычисления мы используем общие для всех четырех углов оси ( $n-l$  и  $b-ba$ ), то погрешность нивелируется и вполне допустима. В результате мы получаем значения для четырех внутренних углов. По сути, мы анализируем полигоны, которые одинаковы по своей размерности, и разница только в углах между лучами.

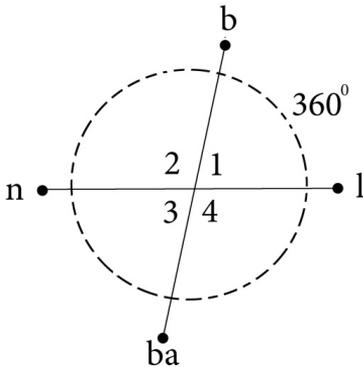


Рис. 10. Чертеж морфометрии сагиттальной плоскости черепа

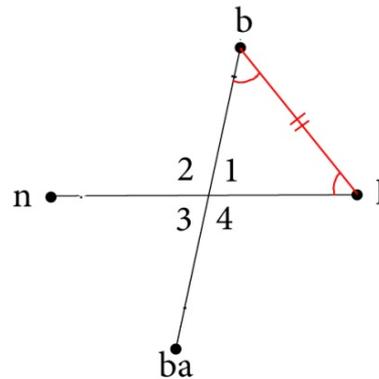


Рис. 11. Чертеж морфометрии сагиттальной плоскости черепа

Угол  $n$ -*centrum*- $b$  известен в краниотригонометрии как угол  $z^2$ , это второй по популярности угол, сразу после  $z^1$  (такой же только получался от глабеллы). Их придумал и активно использовал Герман Клаач [Klaatsch, 1909]. Его представления об ортогональности угла  $z^2$  и его высокой значимости в исследованиях некоторое время господствовали в немецкой и латиноамериканской антропологии. Возникает вопрос: несет ли один угол всю информацию о геометрии полигона, изображенного на рис. 12? Ведь ранее в краниотригонометрии делали именно так, что вполне оправдано, так как все измерения проходили

уже на плоскости чертежа или диаграммы, на которую все точки уже были спроецированы. При непосредственных измерениях черепа, как это делается в угловой морфометрии, обнаруживается существенная неплоскостность точек, которая дает более точную информацию о черепе. Кроме того, как мы покажем ниже, все остальные углы имеют свое дифференцирующее значение.

Для начала мы провели анализ только мужских черепов. Начнем с простейшего – рассеивание в поле двух признаков. Для этого мы используем данные, представленные в табл. 4.

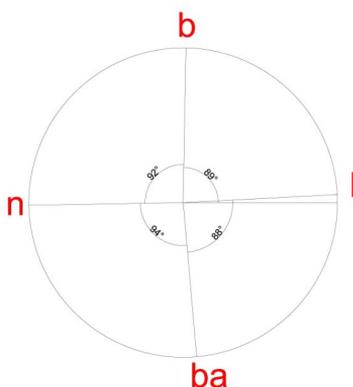


Рис. 12. Чертеж морфометрии сагиттальной плоскости черепа

Таблица 4

Анализ мужских черепов

Индивид	Угол 1	Угол 2	Угол 3	Угол 4	360°
1	89,2	92,0	94,0	87,6	2,9
2	87,7	93,6	91,5	89,9	2,7
3	83,6	97,3	90,3	90,7	1,9
5	–	–	–	–	–
6	85,8	98,3	93,4	91,4	8,9
7	84,7	97,0	91,7	90,3	3,7
8	89,0	93,5	90,0	93,0	5,6
11	86,2	95,7	90,5	91,5	3,9
13	87,6	93,8	92,3	89,1	2,8
14	83,8	98,2	90,5	91,7	4,3
15	83,2	92,9	92,5	84,1	-7,3
17	85,0	95,7	90,7	90,0	1,4
18	88,2	92,0	95,1	85,2	0,6
19	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

В последнем столбце табл. 4 отображена разница суммы четырех углов со всей окружностью, т. е. 360°. Для индивида 15 мы получили отрицательное значение, т. е. сумма четырех углов меньше 360°, что свидетельствует об ошибке. Как видим, эти значения разные, максимальное значение – 8,9, минимальное – 0,6. Максимальные значения свидетельствуют об асимметрии сагиттальной плоскости, минимальные – о том, что все четыре точки лежат в плоскости.

На рис. 13 представлен результат простого рассеивания по двум признакам только мужских черепов. Для удобства интерпретации в левом верхнем углу расположена схема и нумерация углов. Как видно из графика, анализ показал относительно четкое распределение на две группы. Одна группа, сосредоточенная в правом нижнем углу, характеризуется максимальными значениями (для исследуемой группы) угла 1 и минимальными – угла 2, противоположная по диагонали группа обладает противоположными значениями. Значение двух углов в морфологическом смысле отражает следующее. Во-первых, положение точки *брегма* в сагиттальной плоскости относительно линии *назион – лямбда*. То есть первая группа характеризуется смещением точки *брегма* во фронтальную сторону, что свидетельствует о более развитой теменной области относительно лобной в сагиттальном разрезе, вторая группа, наоборот, имеет более развитую фронтальную область относительно теменной и смещение *брегмы* к затылочной области. В данном случае под относительным развитием мы не имеем в виду, что конкретная область больше другой, а говорим о том, что внутри группы у одних индивидов пропорционально больше теменная область, у других теменная область относительно группы менее развита. Во-вторых, сама форма треугольников *n-c-b* и *l-c-b* показывает особенности строения исследуемых областей. В-третьих, эти данные мы будем использовать ниже для обобщенного анализа, чтобы зафиксировать точки в системе.

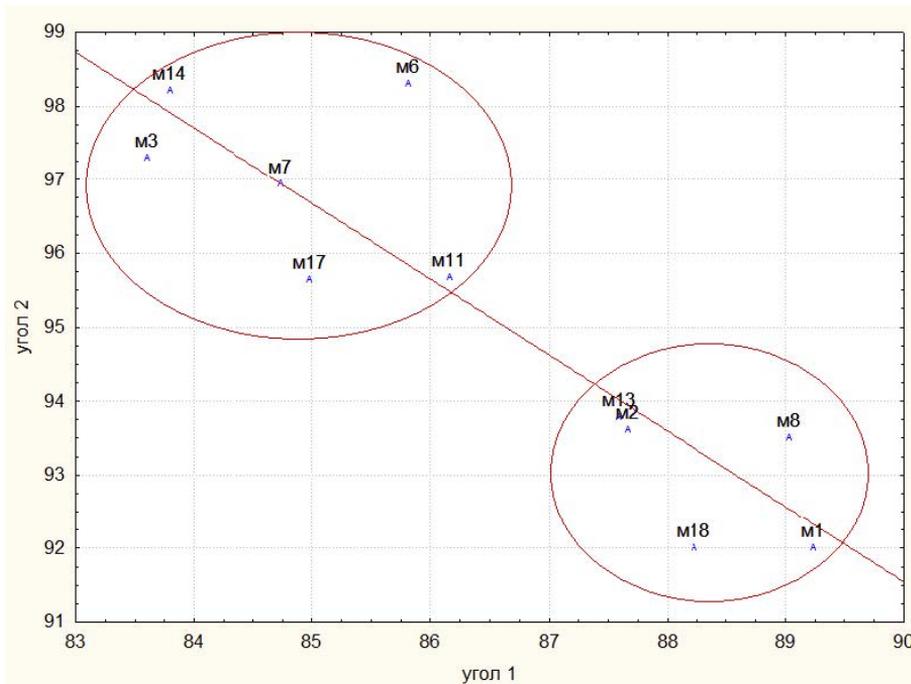


Рис. 13. Диаграмма рассеивания по двум признакам сагиттальной плоскости (1 и 2)

Опять обращает на себя внимание тесное расположение некоторых индивидов, например м13 и м2.

На рис. 14 показан результат простого рассеивания по 3-му и 4-му углу. Оба значения отображают положение точки *базион* в сагиттальном пространстве относительно линии *назион* – *лямбда*. Четкого разделения на группы нет, но большинство индивидов сосредоточилось в верхнем правом квадранте, что свидетельствует о смещении точки *базион* во фронтальную сторону и хорошо развитой нижней области затылка.

Если совместить два анализа и рассмотреть все в плоскости, то мы обнаружим некий парадокс или противоречие, которое заключается в том, что оба анализа показывают наклон между двумя осями.

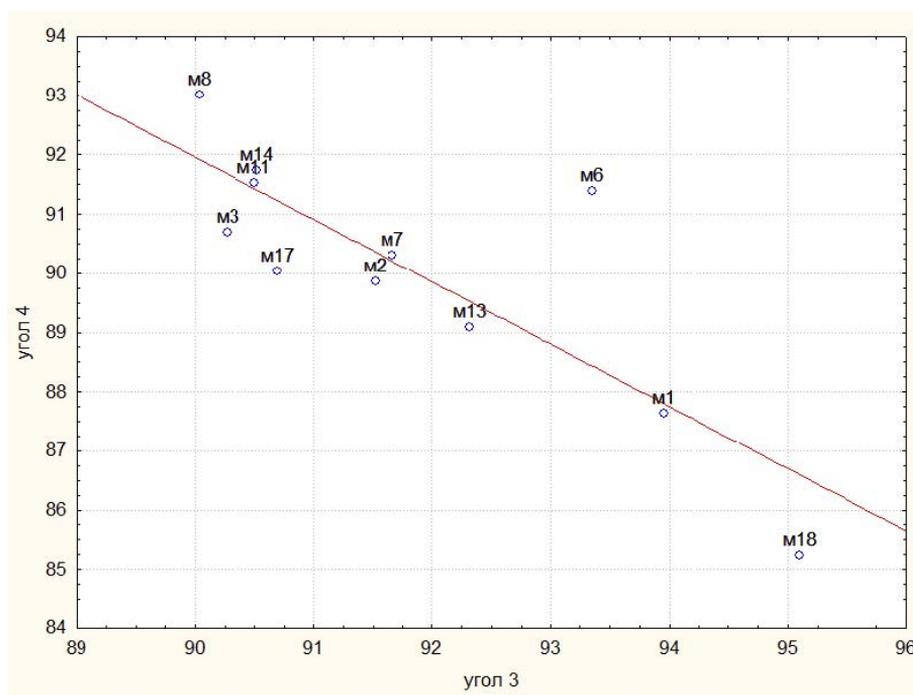


Рис. 14. Диаграмма рассеивания по двум признакам сагиттальной плоскости (3 и 4)

## Выводы

Таким образом, форма треугольника отражает пропорции строения четырех плоскостей мозговой коробки, проходящих через точки *b*, *ba*, *l*, *n* и ось *au-au*. Полученные категории треугольников, от остроконечных до тупоконечных, описывают в своей совокупности форму мозговой коробки. Безусловно, что привязка к краниометрическим точкам не дает возможности четко отразить форму черепной коробки, ее крайние пределы. Вероятно, система, привязанная к наибольшим размерам (наибольшая ширина черепа, наибольшая длина черепа и т. д.), добавила бы более четких характеристик, но технически получить такие данные сложно. В пользу угловой морфометрии отметим, что большинство точек лежит на границе костей черепа, т. е. очерчивает пропорциональное соотношение костей между собой, показывает их узловую систему, тогда как

наибольшие размеры привязаны к «выпуклости», изогнутости конкретных костей. Постараемся привести пример для визуализации (рис. 15). Представьте себе надувной шарик, который состоит из множества сшитых лоскутков. Сшили эти лоскутки не просто так, а по каким-то заданным формам. Когда начнут надувать шарик, то система лоскутков проявится и в определенный момент зафиксируется, и более изменяться не будет. И если дуть дальше, то будет изменяться только кривизна отдельных лоскутков.

Таким образом, угловая морфометрия, основываясь на уже известных кра́ниометрических точках, дает вполне четкое представление о форме черепа.

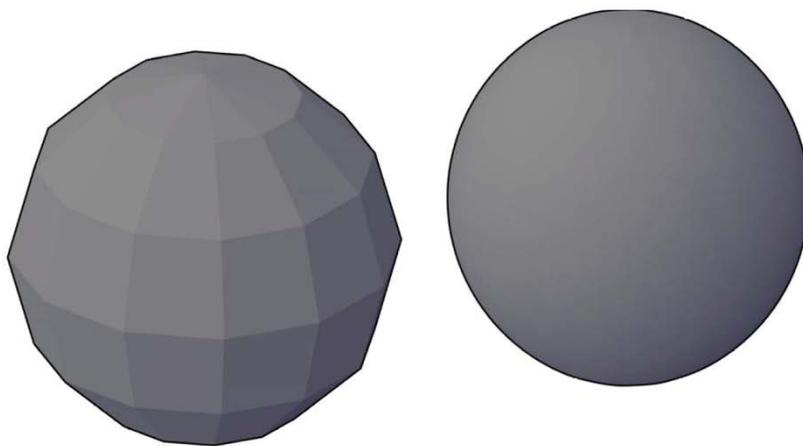


Рис. 15. Иллюстрация геометрических закономерностей объемных геометрических фигур

#### Список литературы

*Беневоленская Ю. Д.* Проблемы этнической краниологии / Ю. Д. Беневоленская. – Л. : Наука, 1976. – 156 с.

*Бунак В. В.* Череп человека и стадии его формирования у ископаемых людей и современных рас / В. В. Бунак. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 284 с. – (Тр. Ин-та этнографии АН СССР. Т. 59).

*Бунак В. В.* Лицевой скелет и факторы, определяющие вариации его строения / В. В. Бунак // Антропологический сборник. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – Вып. 2. – С. 84–152. – (Тр. Ин-та этнографии АН СССР. Т. 60).

*Васильев С. В.* Тригонометрия лицевого скелета ископаемых гоминид / С. В. Васильев // Вестн. антропологии. – 1996. – Вып. 2. – С. 227–245.

*Васильев С. В.* Тригонометрия мозговой коробки ископаемых гоминид / С. В. Васильев // Новые методы – новые подходы в современной антропологии. – М., 1997. – С. 68–81.

*Гохман И. И.* Новая методика вычисления средних контуров краниологических серий / И. И. Гохман // СЭ. – 1962. – № 2. – С. 125–130.

*Пинчукова И. М.* Опыт исследования краниологических серий методом кра́ниотригонометрии / И. М. Пинчукова // Вопр. антропологии. – 1982. – Вып. 70. – С. 108–120.

*Урысон М. И.* Изменчивость и пропорции компонентов сагиттального свода черепа у современного и ископаемого человека / М. И. Урысон // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. – М. : Наука, 1972. – Т. 3. – С. 187–199.

*Урысон М. И.* Соотносительная изменчивость компонентов сагиттального свода черепа у современного и ископаемого человека / М. И. Урысон // Вопр. антропологии. – 1970. – Вып. 34. – С. 76–85.

*Чистов Ю. К.* Вопросы изменчивости медианно-сагиттального контура черепа человека в процессе антропогенеза / Ю. К. Чистов // Современные проблемы и новые методы в антропологии. – Л. : Наука, 1980. – С. 139–162.

*Aiello L.* Human evolutionary anatomy / L. Aiello, C. Dean. – London, 1990. – 608 p.

*Fritot H. R.* Craneotrigonometria / H. R. Fritot. – La Habana, 1964. – 198 p.

*Imbelloni J.* Introduccion a Nuevos Estudios de Craneotrigonometria / J. Imbelloni. – Anales del Musco Nacional de Historia Natural de Buenos Aires. – 1921. – Vol. 31. – P. 31–94.

*Klaatsch H.* Kraniomorphologie und Kraniotrigonometrie / H. Klaatsch // Arch. Anthropol. – 1909. – Vol. 8. – P. 34–49.

*Lissauer A.* Untersuchungen uber die sagittale Krümmung des Ichades bei den Anthropoiden und den verschiedenen Menschenrassen / A. Lissauer // Arch. Anthropol. – 1885. – Vol. 15. – P. 9–120.

*Pope G. G.* Evolution of the zygomaticomaxillary region in the genus Homo and its relevance to the origin of modern humans / G. G. Pope // J. Human Evolution. – 1991. – Vol. 21. – P. 189–213.

*Sollas W. J.* The sagittal section of the human skull / W. J. Sollas // Journal of the Royal Anthropological Institute. – 1933. – Vol. 63. – P. 389–431.

*Topinard P.* Elements D'Anthropologie Generale / P. Topinard. – Paris, 1885. – 234 p.

*Topinard P.* Anthropologia / P. Topinard // Historia Natural. – Barcelona, 1894. – Vol. 1. – P. 208–225.

## Methodological Aspects of Angular Morphometry of Skulls on the Example of the Cambodia Khmer

R. M. Galeev, S. V. Vasiliev

*Institute of Ethnology and Anthropology RAS*

**Abstract.** Angular morphometry of the skull is one of the most available and functional methods to describe the shape of the neurocranium and facial skeleton of the skull. In this work, for example, the skulls of the Khmer from Cambodia shows how the method works. Most of skull comes from the province of Kompong and are related to the 19th century. The second part of the series is dated – 1920. These skulls are collected after the French suppression of the local uprising. Some of them show traces of Napalm. The main problems and questions are related to the trigonometric form os the description neurocranium. It's given the basic methodological techniques to study angular morphometry. For example of the skulls of the Khmer was shown the important role of the four triangles with vertices in the sagittal plane whose base is the maximum width of the neurocranium (*au-au*), for dividing craniological analysis. It was analyzed the various forms of rhombus frontal plane *b-au(pr.l)-ba*. The studied group was divided into two parts: 1) skull with increased ear height; 2) skull with strongly sunken base of the neurocranium. The article shows the work of the Central angles in the sagittal plane at the division of the group.

**Keywords:** the Khmer of Cambodia, craniology, angular morphometry of the skull, cranial trigonometry.

### References

Benevolenskaya Yu. D. *Problemy etnicheskoi kraniologii [The problem of ethnic craniology]*. Leningrad, Nauka Publ., 1976, 156 p. (in Russ.)

Bunak V. V. *Cherep cheloveka i stadii ego formirovaniya u iskopaemykh lyudei i sovremennykh ras [The human skull and the stage of its formation in fossil humans and modern races]*. Moscow, AS USSR Publ., 1959, 284 p. (Trudy Instituta etnografii AN SSSR [Proceedings of the Institute of Ethnography of AS USSR. Vol. 59]). (in Russ.)

Bunak V. V. Litsevoi skelet i faktory, opredelyayushchie variatsii ego stroeniya [The facial skeleton and the factors of determining of the variations of its structure]. *Antropologicheskii sbornik [Anthropological collection]*. Moscow, AS USSR Publ., 1960, Is. 2, pp. 84–152. (Trudy Instituta etnografii AN SSSR [Proceedings of the Institute of Ethnography of AS USSR. Vol. 60]). (in Russ.)

Vasiliev S. V. Trigonometriya litsevoogo skeleta iskopaemykh gominid [The trigonometry of the facial skeleton of fossil hominids]. *Vestnik antropologii [Journal of anthropology]*. 1996, Is. 2, pp. 227–245. (in Russ.)

Vasiliev S. V. Trigonometriya mozgovoi korobki iskopaemykh gominid [Trigonometry medullary box of fossil hominids]. *Novye metody – novye podkhody v sovremennoi antropologii [New methods – new approaches in modern anthropology]*. Moscow, 1997, pp. 68–81. (in Russ.)

Gokhman I. I. Novaya metodika vychisleniya srednikh konturov kraniologicheskikh serii [A new method of calculating of the average contours of the cranial series]. *Sovetskaya etnografiya [Soviet Ethnography]*. 1962, Is. 2, pp. 125–130. (in Russ.)

Pinchukova I. M. Opyt issledovaniya kraniologicheskikh serii metodom kraniotrigonometrii [The first effort of research of craniology series of the method of craniotrigonometry]. *Voprosy antropologii [Questions of anthropology]*. 1982, Is. 70, pp. 108–120. (in Russ.)

Uryson M. I. Sootnositelnaya izmenchivost komponentov sagittalnogo svoda cherepa u sovremennogo i iskopaemogo cheloveka [Correlative variability of the components of the sagittal cranial vault in modern and fossil man]. *Voprosy antropologii [Questions of anthropology]*. 1970, Is. 34, pp. 76–85. (in Russ.)

Uryson M. I. Izmenchivost i proporsii komponentov sagittalnogo svoda cherepa u sovremennogo i iskopaemogo cheloveka [The variability and proportions of the components of the sagittal cranial vault in modern and fossil man]. *Noveishaya tektonika, noveishie otlozheniya i chelovek [Neotectonics, new deposits and man]*. Moscow, Nauka Publ., 1972, Vol. 3, pp. 187–199. (in Russ.)

Chistov Yu. K. Voprosy izmenchivosti medianno-sagittalnogo kontura cherepa cheloveka v protsesse antropogeneza [The questions of variability of the median-sagittal contour of the human skull in the process of anthropogenesis]. *Sovremennye problemy i novye metody v antropologii [Modern problems and new methods in anthropology]*. Leningrad, Nauka Publ., 1980, pp. 139–162. (in Russ.)

Aiello L., Dean C. *Human evolutionary anatomy*. London, 1990, 608 p.

Fritot H. R. *Craneotrigonometria*. La Habana, 1964, 198 p. (in German)

Imbelloni J. Introduccion a Nuevos Estudios de Craneotrigonometria. *Anales del Musco Nacional de Historia Natural de Buenos Aires*. 1921, T. XXXI, pp. 31–94. (in Spanish)

Klaatsch H. Kraniomorphologie und Kraniotrigonometrie. *Arch. Anthropol.* 1909, T. 8, pp. 34–49. (in German)

Lissauer A. Untersuchungen über die sagittale Krümmung des Schädels bei den Anthropoiden und den verschiedenen Menschenrassen. *Arch. Anthropol.* 1885, Vol. 15, pp. 9–120. (in German)

Pope G. G. Evolution of the zygomaticomaxillary region in the genus *Homo* and its relevance to the origin of modern humans. *J. Human Evolution.* 1991, Vol. 21, pp. 189–213.

Sollas W. J. The sagittal section of the human skull. *Journal of the Royal Anthropological Institute.* 1933, Vol. 63, pp. 389–431.

Topinard P. *Elements D'Anthropologie Generale.* Paris, 1885, 234 p. (in French)

Topinard P. Anthropologia. *Historia Natural.* Barcelona, 1894, Vol. 1, pp. 208–225. (in Spanish)

***Галеев Равиль Марветович***

научный сотрудник,

Центр физической антропологии

Институт этнологии и антропологии РАН

119334, Россия, г. Москва,

Ленинский пр-т, 32а

e-mail: ravil.galeev@gmail.com

***Galeev Ravil Marvetovich***

Researcher, Centre of Physical Anthropology

Institute of Ethnology and Anthropology RAS

32a, Leninskii Prospekt, Moscow, Russia,

119334

e-mail: ravil.galeev@gmail.com

***Васильев Сергей Владимирович***

доктор исторических наук, заведующий,

Центр физической антропологии

Институт этнологии и антропологии РАН

119334, Россия, г. Москва,

Ленинский пр-т, 32а

e-mail: vasbor1@yandex.ru

***Vasiliev Sergei Vladimirovich***

Doctor of Sciences (History), Head, Centre

of Physical Anthropology

Institute of Ethnology and Anthropology RAS

32a, Leninskii Prospekt, Moscow, Russia,

119334

e-mail: vasbor1@yandex.ru