

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ / BIOLOGICAL ANTHROPOLOGY

Научная статья / Research Article

<https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-10>

УДК/UDC 572. 07; 569.9; 03.61.21

## Деформация головы в средневековом Несефе по данным 3D геометрической морфометрии

А.В. Громов, А.А. Казарницкий, Е.В. Пугачева, Е.Н. Учанева ✉

Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) Российской академии наук,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ [ucha.89@mail.ru](mailto:ucha.89@mail.ru)

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Выборка черепов из могильника XI–XII вв. Шуллактепа, некрополя средневекового города Несеф (Узбекистан), изучалась нами ранее методами 2D геометрической морфометрии. На основании анализа сагиттального контура были выявлены два варианта искусственной деформации черепа, связанные с разными популяциями, представители которых стекались в этот городской центр Южного Согда. Отмечено, что, если выборки с разными типами деформации удалось уверенно разделить, то недеформированные черепа мало отличаются от слабо деформированных. Наличие 3D моделей и разработанного нами алгоритма их разметки позволяет нам вновь обратиться к материалам из могильника Шуллактепа.

**Материалы и методы.** Методами геометрической морфометрии изучены 3D-модели черепов из могильника Шуллактепа (коллекция МАЭ № 7275). Выборка включает 44 мужских и 42 женских черепа, большая часть которых искусственно деформирована. Варианты деформации анализировались путем обработки координат меток в пределах треугольного патча с вершинами (метками) в крианиметрических точках брегма, астерион левый и астерион правый. Площадь этого патча автоматически заполнялась полуметками с помощью программы 3D Slicer. Сравнение проводилось с помощью прокрустового анализа с дальнейшим использованием прокрустовых координат для анализа методом главных компонент и каноническим анализом в программной среде R-Studio.

**Результаты и обсуждение.** На основании проведенных анализов подтверждено наличие в выборке, наряду с недеформированными черепами, двух типов искусственной деформации – теменной и затылочной. В отличие от 2D методов, 3D позволяют выявить в выборке недеформированные черепа. Межполовые различия в случае теменной деформации отсутствуют, затылочная сильнее выражена у мужчин. Сравнение результатов анализа разметок мозговой и лицевой частей черепа показало их независимую изменчивость. Это свидетельствует об отсутствии влияния межпопуляционных различий на результаты исследования формы мозговой коробки, ограниченной треугольным патчем.

**Заключение.** Доказано наличие в выборке, наряду с недеформированными, черепов с двумя вариантами искусственной деформации. Показана эффективность использования треугольного патча, который лучше разграничивает серии черепов с наличием деформации и без таковой по сравнению с сагиттальными контурами. Сравнение результатов анализа разметок мозговой и лицевой частей черепа можно использовать для проверки возможного влияния межпопуляционных различий.

**Ключевые слова:** искусственная деформация черепа; 3D-модель; геометрическая морфометрия; Средняя Азия; Шуллактепа; 3D Slicer

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 25-28-01027 «Искусственная деформация черепа человека в древних и близких к современности популяциях: исследование методами двухмерной и трехмерной геометрической морфометрии».

Для цитирования: Громов А.В., Казарницкий А.А., Пугачева Е.В., Учанева Е.Н. Деформация головы в средневековом Несефе по данным 3D геометрической морфометрии // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2025. № 4. С.125-133. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-10>

## 3D geometric morphometric study of cranial deformation in medieval Nesef

Andrej V. Gromov, Alexey A. Kazarnitsky, Ekaterina V. Pugacheva, Evgeniia N. Uchaneva ✉

Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation

✉ ucha.89@mail.ru

### ABSTRACT

**Introduction.** Skulls from the medieval necropolis Shulluktepa (Nesef, XI-XII centuries) were previously studied using 2D geometric morphometrics. Based on the analysis of the sagittal contour, two types of artificial cranial deformation were identified. These types could be associated with different populations gathering in this urban center of Southern Sogdiana. We observed that samples with different types of deformation could be clearly distinguished, while undeformed skulls differ from slightly deformed insignificantly. 3D models and the landmark's placement algorithm we have developed allow us to utilize these materials again.

**Materials and methods.** 3D models of skulls from Shulluktepa (MAE No. 7275) were studied using geometric morphometrics. The sample included 44 male and 42 female skulls. The types of deformation were analyzed through processing the landmark's coordinates within a triangular patch between craniometric points (bregma, left and right asterions). The surface of this patch was automatically filled with semilandmarks. The comparison was carried out using generalized Procrustes analysis, Principal component analysis and canonical analysis realized in R-Studio.

**Results and discussion.** Based on the analysis results artificially deformed skulls were divided into two types of cranial deformation — parietal and occipital. 3D methods, unlike 2D, allowed us to identify undeformed skulls. There are no differences between males and females in case of parietal deformation, but occipital deformation is more pronounced in males. Comparison of the viscerocranium and neurocranium variability confirmed their independence. There is no influence of interpopulation differences on the results of the neurocrania shape study.

**Conclusion.** The presence of two types of artificial cranial deformation in the group was proved. It was shown that a triangular patch is more advantageous for the study of artificial deformation than analysis of 2D sagittal contours. Results of the comparison of viscerocranium and neurocranium variability can be used to verify the possible influence of interpopulation differences.

**Keywords:** artificial cranial deformation; 3D-model; geometric morphometrics; Central Asia; Shulluktepa; 3D Slicer

**Funding.** The research was carried out with the support of grant Russian Scientific Found No. 25-28-01027 "Artificial deformation of the human skull in ancient and near-modern populations: a study by methods of two-dimensional and three-dimensional geometric morphometry".

**For citation:** Gromov A.V., Kazarnitsky A.A., Pugacheva E.V., Uchaneva E.N. Head deformation in medieval Nesef according to 3D geometric morphometrics. *Lomonosov Journal of Anthropology*. 2025 (4), pp. 125-133. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-10>

## Введение

В результате раскопок могильника Шуллактепа, некрополя средневекового города Несеф (Насаф), расположенного возле г. Карши в Кашкадарьинской области Узбекистана, была получена представительная краниологическая серия (Ходжайов с соавт., 1986). Большую ее часть Т.К. Ходжайов и Т.Р. Мухамеджанов передали в МАЭ РАН. Несколько черепов из этого могильника хранятся в Самарканде (Bullion, 2018). По данным Т.К. Ходжайова, этот материал датируется XI–XII вв. (Ходжайов, Громов, 2009), хотя в выборку могло попасть небольшое количество черепов из погребений VIII–IX вв. (Ходжайов с соавт., 1986). Значительная часть шуллактепских черепов имеет следы искусственной деформации. Этот феномен стал предметом изучения с точки зрения фиксации вариантов деформации и их связи с формированием локальных групп населения Несефа (Громов, Казарницкий, 2020). Само наличие искусственной деформации черепа является удобным этническим маркером при оценке роли мигрантных и автохтонных компонентов в процессе формирования древних популяций (Бужилова, 2006). В нашем случае ситуация более сложная. Поскольку через Кашкадарьинский оазис с центром в Несефе проходили торговые пути, связывавшие Хорасан, Тохаристан, Мавераннахр, Хорезм и более северные степные регионы (Мавлонов, 2008, с. 156), мы предположили, что разные варианты искусственной деформации головы могут быть связаны с разными популяциями, представители которых стекались в этот городской центр Южного Согда. В выборке из Шуллактепа мы выделили черепа с теменной и затылочной деформацией (в зависимости от того, какая часть мозгового отдела подверглась большему изменению) наряду с недеформированными. Сравнение сагиттальных контуров этих черепов, полученных при расстановке меток на фотографиях в латеральной норме, методами 2D геометрической морфометрии подтвердило наличие двух типов деформации (Громов, Казарницкий, 2020). Было отмечено, что, если выборки с разными типами деформации удалось уверенно разделить, то недеформированные черепа, которые отличаются в среднем, на индивидуальном уровне трансгрессируют со слабо деформированными. Наличие и

варианты деформации были использованы в качестве группирующего фактора при анализе измерений лицевого скелета методами классической краниометрии, чтобы провести сравнение шуллактепских материалов с выборками черепов из средневековых памятников Согда и некоторых других соседних регионов. В результате мужские черепа из Шуллактепа с теменной деформацией и недеформированные проявили сходство с материалами из более северной исторической области – Хорезма, в то время как черепа с затылочной деформацией показали большее сходство с другими согдийскими группами. Женские выборки с разными вариантами и степенью деформации оказались больше похожи друг на друга и на остальные согдийские выборки. Из этого мы сделали вывод, что разная деформация головы может маркировать разные популяционные группы и что геометрическая морфометрия хорошо подходит для изучения этого культурного феномена на биологических объектах (Громов, Казарницкий, 2020).

Дальнейшие попытки уже на другом материале сопоставить сагиттальный контур, фиксируемый с помощью меток на фотографиях и контур, размечаемый на латеральной проекции 3D модели, показали, что они не являются идентичными. За счет рельефа и асимметрии черепа линия меток на 3D модели значительно отклоняется от собственно сагиттальной плоскости. Поэтому было предложено называть такой контур не сагиттальным, а парасагиттальным (Казарницкий с соавт., 2024). Впрочем, вышеупомянутые обстоятельства не влияют на дифференцирующую силу метода, практически одинаковую в случаях 2D и 3D разметки этой части черепа.

Попытки найти оптимальный вариант разметки мозговой части черепа привели нас к треугольному патчу (участку), который локализуется на наиболее изменчивом (в результате искусственной деформации) участке свода черепа. Он представляет собой треугольник с вершинами (метками) в краниометрических точках брегма, астрион левый и астрион правый. Площадь этого патча автоматически заполнялась полуметками с помощью программы 3D Slicer. Данный вариант показал наибольшую дифференцирующую способность в случае локализации деформации в теменной и затылочной областях черепа при использовании в качестве объекта исследования выборок искусственно

деформированных черепов эпохи бронзы (Казарницкий с соавт., 2024). Постановка небольшого патча из полуметок, привязанного к тому участку на трехмерной модели нейрокраниума, где предполагается влияние деформирующей конструкции, на наш взгляд, позволяет свести к минимуму влияние генетически обусловленных межпопуляционных различий. Наличие хорошо зарекомендовавшего себя алгоритма позволяет нам вновь, уже используя трехмерные модели черепов, обратиться к материалам из могильника Шуллуктепа, где в равной мере представлены не только черепа с разными вариантами деформации (в том числе слабо выраженной), но и недеформированные. Кроме анализа локального участка мозговой коробки, мы также попытались оценить межгрупповые различия лицевого скелета, используя методы геометрической морфометрии (Васильев с соавт., 2018; Bookstein, 1991, 1997).

### Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили черепа жителей средневекового города Несеф из могильника Шуллуктепа. Коллекция черепов хранится в фондах Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН (Санкт-Петербург, Россия, коллекционный номер 7275). Нами были отобраны 44 мужских и 42 женских черепа, целостность мозговых отделов у которых соответствовала задачам нашего исследования.

Трехмерные модели черепов получены с помощью сканера RangeVision Spectrum и программного пакета RangeVision ScanCenter NG 2021.2. На поверхности мозгового отдела расставлялись 42 полуметки на равном расстоянии друг от друга в виде треугольного патча между тремя метками, расположенными возле краниометрических точек брегма, правый и левый астиерионы. При постановке меток на лицевом отделе в мужской и женской выборках использовано 10 меток (назион, инфраназион, ринион, назолатерале, субспинале, простион, передняя зигомаксилляре, нижняя зиготемпорале, фронтотемпорале-орбитале и фронтотемпорале) и 10 полуметок (шесть равноудаленных полуметок по краю орбиты, начиная и заканчивая в точке фронтотемпорале-орбитале, две равноудаленные полуметки между назолатерале и нижней зиготемпорале и две – между субспинале и зигомаксилляре) на левой стороне лица.

Метки и полуметки были расставлены в программной среде 3D Slicer (Pieper et al., 2004; Fedorov et al., 2012) с использованием расширения SlicerMorph (Rolfe et al., 2021), которое предоставляет различные методы оцифровки точек и их переноса на трёхмерные объекты. Одной из возможностей SlicerMorph является использование треугольных патчей для фокусировки на конкретных участках формы (Казарницкий с соавт., 2024). Однако после обновления программного обеспечения эта функция стала работать некорректно, что привело к искажению патчей и ошибочной оцифровке. В связи с этим разработчики предложили альтернативный инструмент – пакет ALPACA (Porto et al., 2021), который был использован в настоящем исследовании. ALPACA предназначен для автоматического сопоставления и переноса конфигурации меток между 3D-моделями. Он реализует метод шаблонного сопоставления, при котором вручную расставленные метки и полуметки на одном эталонном объекте автоматически переносятся на остальные объекты выборки с учётом их геометрических особенностей.

Сравнение черепов и подгрупп проводилось с помощью прокрустового анализа с дальнейшим использованием прокрустовых координат для анализа методом главных компонент и каноническим анализом с помощью пакетов Morpho/Rvcg, Geomorph, ggplot2 и функций `prc.s` и `CVA` в программной среде R-Studio (Adams, Otárola-Castillo, 2013; Wicham, 2016; Schlager, 2017).

Мужская и женская выборки анализировались как отдельно, так и вместе, поскольку методы геометрической морфометрии позволяют избежать влияния размерных различий между полами. На основании визуального осмотра мы разделили мужскую и женскую выборки на примерно равные по численности подгруппы черепов: 1) с затылочной деформацией, изменившей степень выпуклости чешуи затылочной кости и задней части теменного сегмента сагиттальной дуги; 2) с теменной деформацией, повлиявшей преимущественно на форму теменных костей; 3) без визуально заметных следов прижизненной деформации. Морфологические границы между группами условные, так как для части черепов определение наличия деформации и ее варианта вызывает затруднения, что связано, по всей видимости, с ослаблением деформирующего эффекта во время естественных ростовых процессов (Громов, Казарницкий, 2011).

## Результаты и обсуждение

В пространстве наиболее информативных главных компонент (ГК 1 и ГК 2) выделенные нами мужские и женские подгруппы дифференцируются, но с заметной трансгрессией между ними (рис. 1). Напомним, что при анализе парасагиттальных контуров были выявлены систематические морфологические отличия по-разному деформированных черепов, но недеформированные занимали промежуточное положение между ними. Теперь, при анализе вариации треугольного патча на трехмерных моделях, и в мужской, и в женской выборках недеформированные черепа сформировали относительно независимые скопления.

Зона трансгрессии между подгруппами в обеих выборках невелика, но включает в себя существенное количество черепов. Степень дифференциации у мужчин выше, чем у женщин. В женских сериях трансгрессия существенно больше, в том числе между черепами с разными вариантами деформации. У мужчин последняя практически отсутствует, а трансгрессируют в основном деформированные и недеформированные черепа. Один из черепов, вариант деформации которого мы не смогли четко определить, ожидаемо попал в зону трансгрессии. Неодинаковы в зависимости от пола и основные направления изменчивости. У мужчин в ГК 1 отражена вариация от длинных черепов с теменной деформацией или без нее к коротким черепам с затылочной деформацией, в ГК 2 – от недеформированных к черепам с теменной деформацией. У женщин вариация от длинных недеформированных черепов к коротким с затылочной деформацией, как у мужчин в ГК 1, представлена уже в ГК 2, и тенденция к укорочению черепов с затылочной деформацией выражена слабее. В ГК 1 на графике анализа женских групп отражена вариация от черепов с теменной деформацией ко всем остальным (то есть к черепам и с затылочной деформацией, и недеформированным).

Череп, у которых визуально не прослеживается следов деформации, получили у мужчин преимущественно отрицательные координаты по обеим ГК, у женщин – отрицательные по ГК 2, но положительные по ГК 1. Мужские черепа с затылочной деформацией имеют максимальные координаты по ГК 1, с теменной – макси-

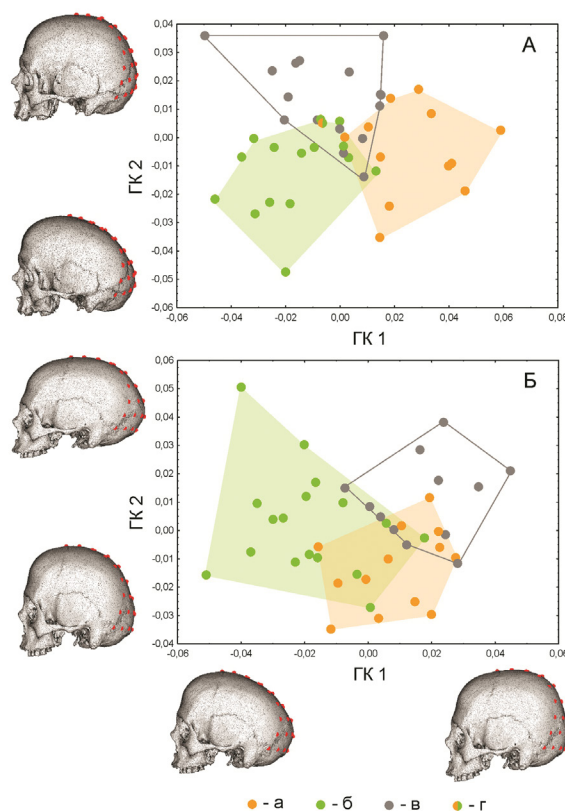
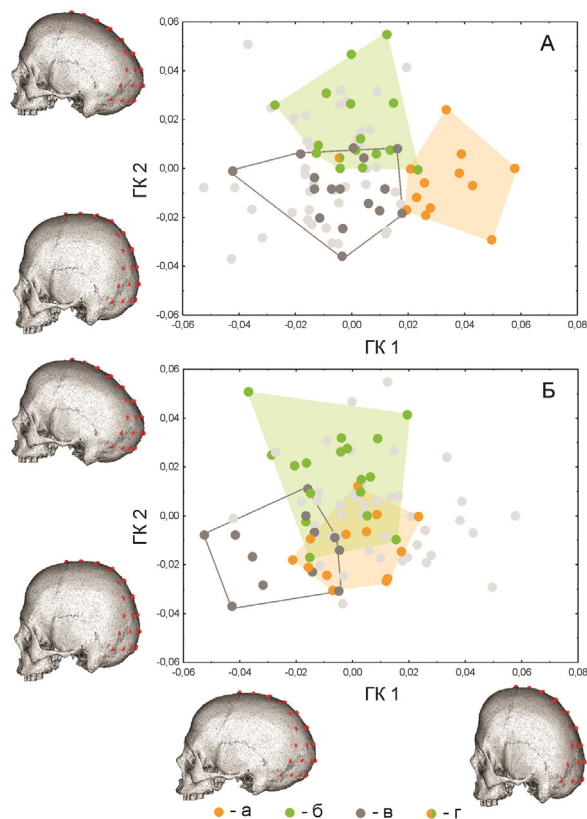


Рисунок 1. Результаты анализа главных компонент вариации форм треугольных патчей в мужской (А) и женской (Б) выборках; а – затылочная деформация, б – теменная деформация, в – без деформации; г – неопределенный вариант деформации

Figure 1. The PCA results of the shape variation of triangular patches in male (A) and female (B) groups; а – occipital deformation, б – parietal deformation, в – without deformation; г – indefinite type of deformation

мальные по ГК 2, в то время как среди женщин такой контрастности у деформированных по-разному черепов не наблюдается.

Отсутствие влияния размеров черепа на результаты прокрустового анализа позволяет сравнить мужские и женские черепа, объединив их в одну выборку (рис. 2). При значительной трансгрессии между мужской и женской частями выборки, тем не менее, очевидно, что мужчины в целом деформированы сильнее. Особенно это касается мужских черепов с затылочным вариантом деформации, занимающих на графике область положительных значений ГК 1. Это совпадает с результатами, полученными при анализе парасагиттальных контуров, когда координаты



**Рисунок 2. Результаты анализа главных компонент вариации форм треугольных патчей в объединенной выборке черепов обоих полов. А – цветом выделены мужчины (женщины – серые), Б – цветом выделены женщины (мужчины – серые); а – затылочная деформация, б – теменная деформация, в – без деформации; г – неопределенный вариант деформации**

**Figure 2. The PCA results of the shape variation of triangular patches in a combined (male and female) group. А – males are highlighted in color (females are gray), В – females are highlighted in color (males are gray); а – occipital deformation, б – parietal deformation, в – without deformation; д – indefinite type of deformation**

наты мужских и женских черепов с уплощенным затылком почти не пересекались (Громов, Казарницкий, 2020). Таким образом, затылочный вариант деформации, в отличие от теменного, у мужчин выражен сильнее. Вероятно, это связано с разной этнической природой групп населения средневекового Несефа.

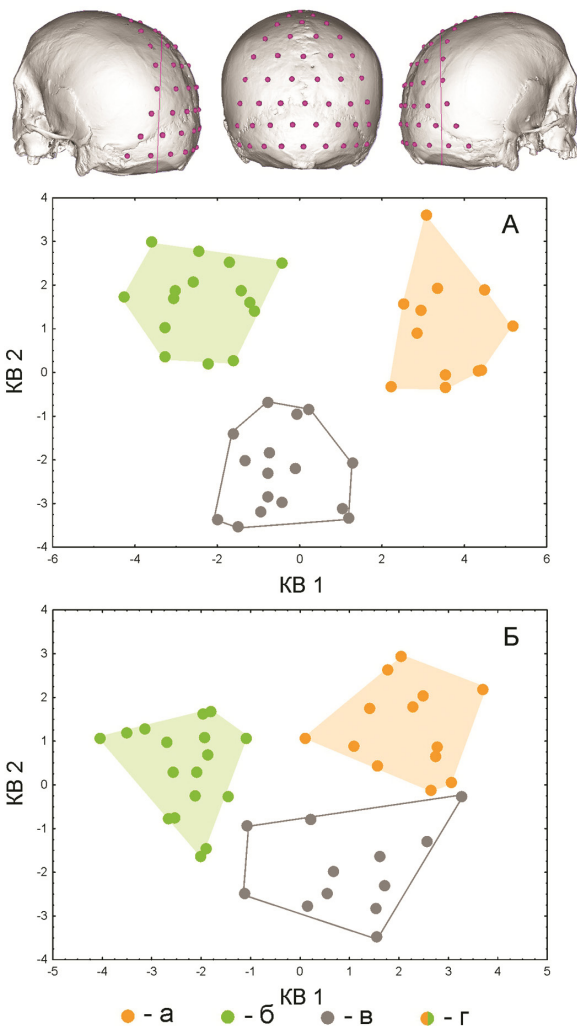
Возможное влияние естественных морфологических различий между популяциями на результаты сравнения деформированных по-

разному групп мы проверили с помощью канонического анализа прокрустовых координат, отражающих вариацию не только треугольного патча на нейрокраниуме, но и, независимо, морфологии лицевого отдела черепа. Причина выбора нами именно этого метода заключается в том, что мы стремились определить не степень и не достоверность различий между обсуждаемыми подгруппами по морфологии разных отделов черепа, а основные направления межгрупповых различий. При несовпадении результатов можно считать влияние деформации на покрытый патчем участок мозгового отдела более существенным, чем влияние популяционной истории.

По форме наиболее подверженного деформации треугольного участка наибольшие межгрупповые различия обнаруживаются между подгруппами с разными вариантами деформации (теменной и затылочным) – они противопоставлены друг другу в первом каноническом векторе (КВ 1), а подгруппа недеформированных черепов занимает промежуточное положение, как у мужчин (рис. 3 А), так и у женщин (рис. 3 Б), но в случае последних она смещена сильнее в сторону черепов с деформированным затылком. КВ 2 отделяет деформированные черепа от недеформированных.

При сопоставлении тех же подгрупп по лицевым признакам у мужчин наиболее сильно различаются подгруппы с затылочной деформацией и без какой-либо деформации, а в промежуточном положении оказывается подгруппа с теменной деформацией (рис. 4 А). У женщин наибольшие различия обнаруживаются в КВ 1 между подгруппой с затылочной деформацией и двумя остальными (рис. 4 А). Мужчины с затылочной деформацией отличаются более выступающим и более высоким носом, более клиновидным на зигомаксиллярном уровне лицом и более глубокой клыковой ямкой. Черепа недеформированных мужчин имеют противоположное сочетание признаков. Мужчины с теменной деформацией отличаются менее высокими орбитами. У женщин черепа с затылочной деформацией отличаются и от недеформированных, и от деформированных в теменной области, более широкими орбитами и менее высоким переносьем. Женщины с теменной деформацией отличаются от недеформированных менее выступающим носом.

Заметим, что результаты анализа главных компонент тех же данных показывают отсутствие

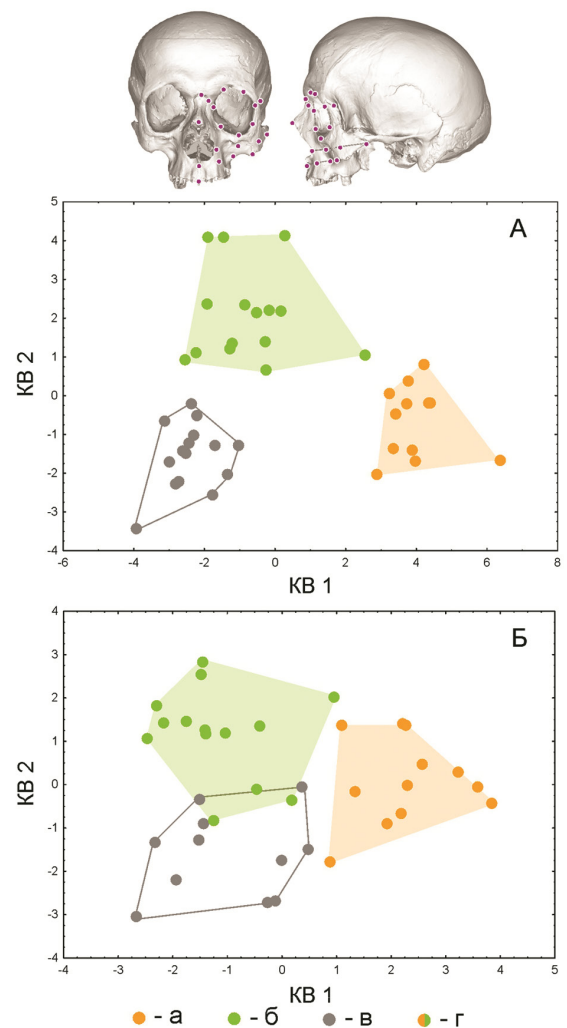


**Рисунок 3.** Треугольный патч на трехмерной модели и результаты канонического анализа его вариации в мужской (А) и женской (Б) выборках; а – затылочная деформация, б – теменная деформация, в – без деформации; г – неопределенный вариант деформации

**Figure 3.** Triangular patch on a three-dimensional model and the results of canonical analysis in male (A) and female (B) groups; a – occipital deformation, b – parietal deformation, c – without deformation; d – indefinite type of deformation

межгрупповой дифференциации, что является обычным результатом из-за преобладания внутригрупповой изменчивости.

Несовпадение состава наиболее контрастных и промежуточной подгрупп при анализе форм мозгового и лицевого отделов черепа объясняется влиянием деформации на мозговой



**Рисунок 4.** Комбинация меток на лицевом отделе и результаты канонического анализа ее вариации в мужской (А) и женской (Б) выборках; а – затылочная деформация, б – теменная деформация, в – без деформации; г – неопределенный вариант деформации

**Figure 4.** The combination of landmarks on the viscerocranium and the results of the canonical analysis in male (A) and female (B) groups; a – occipital deformation, b – parietal deformation, c – without deformation; d – indefinite type of deformation

отдел и отсутствием такого влияния на черты лица. Следовательно, обсуждаемая нами вариация формы треугольного патча на черепах из Шуллауктепа не связана с возможными межпопуляционными различиями и обусловлена именно последствиями воздействия деформирующей конструкции.

## Заключение

1. Изучение 3D-моделей черепов из могильника Шуллактепа методами геометрической морфометрии подтвердило установленное ранее (Громов, Казарницкий, 2020) наличие в выборке, наряду с недеформированными, черепов с двумя вариантами искусственной деформации: теменной и затылочной.

2. Эффективность использования треугольного патча с вершинами в краниометрических точках брегма, правый и левый астирионы для анализа искусственной деформации черепа подтверждена на представительном материале.

3. 3D геометрическая морфометрия лучше разграничивает серии черепов с наличием деформации и без таковой по сравнению с анализом изменчивости двухмерных сагиттальных контуров.

4. Сравнение результатов анализа разметок мозговой и лицевой частей черепа можно использовать для проверки возможного влияния межпопуляционных различий на результаты исследования формы мозговой коробки или ее частей.

## Список литературы

Бужилова А.П. Биоархеологические подходы к изучению деформированных черепов из Приаралья (по антропологическим материалам могильника Касасар-2) // *OPUS: Междисциплинарные исследования в археологии*. Вып. 5. М.: ИА РАН, 2006. С. 164–176.

Васильев А.Г., Васильева И.А., Шкурихин А.О. Геометрическая морфометрия: от теории к практике. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2018.

Громов А.В., Казарницкий А.А. К вопросу о влиянии затылочно-теменной деформации на черепной указатель // *Радловский сборник: Научные исследования и музейные проекты МАЭ РАН в 2010 г.* СПб.: МАЭ РАН, 2011. С. 206–211.

Громов А.В., Казарницкий А.А. Шуллактепа: деформация головы как популяционный маркер // *Население раннего железного века и Средневековья Северной Евразии по материалам музейных коллекций*. СПб.: МАЭ РАН, 2020. С. 575–595. (Сборник МАЭ; т. LXVII).

Казарницкий А.А., Громов А.В., Пугачева Е.В., Учанева Е.Н. Способы фиксации деформированных участков на 3D-моделях нейрокраниума // *Camera praehistorica*, 2024. № 1 (12). С. 146–157.

Мавлонов Ў.М. Марказий Осиёнинг қадимги йўллари: шаклланиши ва ривожланиш босқичлари. Ташкент: Akademiya. 2008. 432 с.

Ходжайов Т.К., Громов А.В. Палеодемография Средней Азии. М.: Изд-во «Информационная цивилизация – XXI век». 2009.

Ходжайов Т.К., Мухамеджанов Т.Р., Манылов Ю.П., Абилов Ш. Предварительные результаты археолого-антропологического исследования некрополя средневекового Несефа // *История материальной культуры Узбекистана*, 1986. Вып. 20. С. 183–185.

Adams D.C., Otárola-Castillo E. Geomorph: An R package for the collection and analysis of geometric morphometric shape data. *Methods in Ecology and Evolution*, 2013, 4 (4), pp. 393–399. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12035>

Bookstein F.L. *Morphometric tools for landmark data: Geometry and biology*. Cambridge, Cambridge University Press, 1991. 435 p.

Bookstein F.L. Landmark methods for forms without landmarks: Morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, 1997, 1 (3), pp. 225–243.

Bullion E.A. *Kinship and Religious Identities in Medieval Central Asia (8<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> c. CE): Tracing Communities of Mortuary Practice and Biological Affinity*. Ph. D. Theses. St. Louis. 2018. 245 p.

Fedorov A., Beichel R., Kalpathy-Cramer J., Finet J., Fillion-Robin J-C. et al. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magnetic Resonance Imaging*, 2012, 30 (9), pp. 1323–1341. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2012.05.001>

Pieper S., Halle M., Kikinis R. 3D Slicer. *2004 2nd IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: Nano to Macro (IEEE Cat No. 04EX821)*. Arlington, IEEE Publ., 2004, pp. 632–635. <https://doi.org/10.1109/ISBI.2004.1398617>

Porto A., Rolfe S. M., Maga A. M. ALPACA: a fast and accurate computer vision approach for automated landmarking of three-dimensional biological structures. *Methods in Ecology and Evolution*, 2021, 12 (11), pp. 2129–2144. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13689>

Rolfe S., Pieper S., Porto A., Diamond K., Winchester J. et al. SlicerMorph: An open and extensible platform to retrieve, visualize and analyse 3D morphology. *Methods in Ecology and Evolution*, 2021, 12 (10), pp. 1816–1825. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13669>

Schlager S. Morpho and Rvcg-Shape Analysis in R: R-Packages for geometric morphometrics, shape and surface manipulations. *Statistical shape and deformation analysis. Methods, Implementation and applications*. Academic Press, 2017, pp. 217–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810493-4.00011-0>

Wicham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, Springer Cham, 2016. 260 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>

## References

Adams D.C., Otárola-Castillo E. Geomorph: An R package for the collection and analysis of geometric morphometric shape data. *Methods in Ecology and Evolution*, 2013, 4 (4), pp. 393–399. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12035>.

Bookstein F.L. *Morphometric tools for landmark data: Geometry and biology*. Cambridge, Cambridge University Press, 1991. 435 p.

Bookstein F.L. Landmark methods for forms without landmarks: Morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, 1997, 1 (3), pp. 225–243.  
Bullion E.A. *Kinship and Religious Identities in Medieval Central Asia (8<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> c. CE): Tracing Communities of Mortuary Practice and Biological Affinity*. Ph. D. Theses. St. Louis, 2018. 245 p.

Buzhilova A.P. Bioarchaeological approaches to the investigation of deformed skulls from the Aral sea region (anthropological materials from cemetery Kosasar 2). In *OPUS: Interdisciplinary Investigation in Archaeology*, Moscow, Institute of Archaeology RAS Publ., 2006, Vol. 5., pp. 164–176. (In Russ.).

Fedorov A., Beichel R., Kalpathy-Cramer J., Finet J., Fillion-Robin J.-C. et al. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magnetic Resonance Imaging*, 2012, 30 (9), pp. 1323–1341. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2012.05.001>

Gromov A.V., Kazarnitsky A.A. On the problem of the effect of occipitoparietal deformation on cranial index. In *Radlov collection: Scientific research and museum projects of the MAE RAS in 2010*. St. Petersburg, MAE RAN Publ., 2011, pp. 206–211. (In Russ.).

Gromov A.V., Kazarnitsky A.A. Shulluktepa: cranial deformation as a population marker. In *Population of the Early Iron Age and the Middle Ages in Northern Eurasia Based on Museum Collections*. St. Petersburg, MAE RAN Publ., 2020, pp. 575–595. (In Russ.).

Kazarnitsky A.A., Gromov A.V., Pugacheva E.V., Uchaneva E.N. Variants of fixing a deformed area on 3D models of neurocranium. *Camera praehistorica*, 2024, 1 (12), pp. 146–157. (In Russ.). DOI: 10.31250/2658-3828-2024-1-146-157.

Khodjayov T.K., Gromov A.V. *Paleodemography of Central Asia*. Moscow, Informatsionnaya tsivilizatsiya – XXI vek Publ., 2009. 352 p. (In Russ.).

Khodjayov T.K., Mukhamedzhanov T.R., Manylov Ju.P., Abilov Sh. Preliminary results of the archaeological and anthropological study of the medieval necropolis of Nesef. *The history of the material culture of Uzbekistan*, 1986, 20, pp. 183–185. (In Russ.).

Mavlonov Ÿ.M. *Ancient Ways of Central Asia: Formation and Stages of Development*. Tashkent: Akademiya, 2008. 432 p. (In Uzb.).

Pieper S., Halle M., Kikinis R. 3D Slicer. *2004 2nd IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: Nano to Macro (IEEE Cat No. 04EX821)*. Arlington, IEEE Publ., 2004, pp. 632–635. DOI: 10.1109/ISBI.2004.1398617.

Porto A., Rolfe S. M., Maga A. M. ALPACA: a fast and accurate computer vision approach for automated landmarking of three-dimensional biological structures. *Methods in Ecology and Evolution*, 2021, 12 (11), pp. 2129–2144. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13689>

Rolfe S., Pieper S., Porto A., Diamond K., Winchester J. et al. SlicerMorph: An open and extensible platform to retrieve, visualize and analyse 3D morphology. *Methods*

*in Ecology and Evolution*, 2021, 12 (10), pp. 1816–1825. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13689>

Vasil'ev A.G., Vasil'eva I.A., Shkurikhin A.O. *Geometric morphometrics: from theory to practice*. Moscow, KMK Scientific Press, 2018. 471 p. (In Russ.).

Schlager S. Morpho and Rvcg-Shape Analysis in R: R-Packages for geometric morphometrics, shape and surface manipulations. *Statistical shape and deformation analysis. Methods, Implementation and applications*. Academic Press, 2017, pp. 217–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810493-4.00011-0>

Wicham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, Springer Cham, 2016. 260 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>

## Информация об авторах/ Information about the authors

Громов Андрей Викторович, к.и.н.;

<https://v.gromov@mail.ru>

<https://orcid.org/0000-0002-3263-3801>

Казарницкий Алексей Александрович, к.и.н.;

[kazarnitski@mail.ru](mailto:kazarnitski@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-2990-7939>

Пугачева Екатерина Владимировна;

[pugacheva.kari@yandex.ru](mailto:pugacheva.kari@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0003-3948-2759>

Учанева Евгения Николаевна;

[ucha.89@mail.ru](mailto:ucha.89@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-5170-3107>

Gromov Andrej Viktorovich, Ph.D.;

<https://v.gromov@mail.ru>

<https://orcid.org/0000-0002-3263-3801>

Kazarnitsky Alexey Aleksandrovich, Ph.D.;

[kazarnitski@mail.ru](mailto:kazarnitski@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-2990-7939>

Pugacheva Ekaterina Vladimirovna;

[pugacheva.kari@yandex.ru](mailto:pugacheva.kari@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0003-3948-2759>

Uchaneva Evgeniia Nikolaevna;

[ucha.89@mail.ru](mailto:ucha.89@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-5170-3107>

Поступила в редакцию 29.06.2025.

Получена после доработки 06.08.2025.

Принята к публикации 06.08.2025.

Received 29.06.2025.

Revised 06.08.2025.

Accepted 06.08.2025.