

ИСТОРИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ / ANTHROPOLOGY

Научная статья / Research Article

<https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-14>

УДК/UDC 572.7; 03.61.21

Кремация на костре: особенности термического разрушения человеческих костных останков

Ю.А. Алексеев ✉

Государственный биологический музей им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

✉ alekseev@gbmt.ru

РЕЗЮМЕ

Введение. Для кремированных скелетных останков характерна высокая степень фрагментации, которая возникает как из-за физических процессов в костном веществе, так и из-за действий людей, проводящих трупосожжение. Цель настоящего исследования – выявить взаимосвязь между типом костного вещества, степенью фрагментации кости и степенью выгорания органической составляющей в ходе кремации на костре.

Материалы и методы. Материалы (178 наблюдений содержимого кострищ) получены в ходе Российско-Индийской антропологической экспедиции Центра палеоэтнологических исследований и Государственного биологического музея им. К.А. Тимирязева 2018, 2019 и 2022 гг. Наблюдения проводились в г. Агра на территории кремационного центра Таджганж. Фиксировались цвет и состояние кремированных костных останков, а также, по балльным оценочным шкалам, степень их разрушения. Для анализа различий между выборками губчатого и компактного костного вещества использовались статистические критерии для оценки значимости различий.

Результаты и обсуждение. Выявлено, что губчатое костное вещество позвонков, крестца и костей таза демонстрирует большую степень разрушения, чем губчатое вещество эпифизов бедренной и большой берцовой костей. Это может являться следствием микроструктурных различий в строении губчатых костей. Охристый цвет чаще наблюдается в губчатом костном веществе, а серый – в компактном, что объясняется большей долей (меньшей степенью выгорания) органического вещества в губчатом веществе по сравнению с компактным. На компактном веществе стенок диафизов длинных трубчатых костей зафиксирована значительная частота чёрного каления, что связано с горением костного мозга в условиях дефицита кислорода.

Заключение. Длительности и интенсивности воздействия пламени погребальных костров может быть недостаточно для полного выгорания органической составляющей кости. Достижение значительной фрагментации останков возможно без интенсивного механического воздействия. На ее степень не влияют ни тип погребального костра, ни размер и компонентный состав тела, ни пол, ни возраст усопшего.

Ключевые слова: трупосожжение; фрагментированные костные останки; кальцинированные кости; индуистский погребальный обряд; Индия; индуизм

Для цитирования: Алексеев Ю.А. Кремация на костре: особенности термического разрушения человеческих костных останков // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2025. № 4. С. 171–183. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-14>

Cremation at the pyre: thermal destruction of human skeletal remains

Iurii A. Alekseev ✉

K.A. Timiryazev State Biological Museum, Moscow, Russian Federation

✉ alekseev@gbmt.ru

ABSTRACT

Introduction. Cremated skeletal remains are characterized by a high degree of fragmentation, which occurs both due to physical processes in the bone tissue and due to the actions of people who cremate the corpse. The purpose of this study is to identify the relationship between the type of bone tissue, the degree of bone fragmentation, and the degree of burning of the organic component during cremation on a pyre.

Materials and methods. The materials (178 observations of the contents of fire pits) were obtained during the Russian-Indian anthropological expedition of the Paleoethnological Research Center and the State Biology Museum in 2018, 2019 and 2022. Observations were conducted in the city of Agra on the territory of the Tajganj cremation center. The duration of complete incineration of soft tissues was recorded, as well as the body size and the somatotype, using three-point assessment scales. In addition, the composition and condition of the cremated skeletal elements were described. Statistical tests for assessing the significance of differences were used to compare samples of spongy and compact bone tissue.

Results and discussion. The spongy bone of the vertebrae, sacrum and pelvis demonstrates a greater degree of destruction than the spongy bone of the femoral and tibial epiphyses. This is probably due to consequence of microstructural differences in the structure of spongy bones. The ochre color is more often observed in the spongy bone, and gray color – in the compact, which is explained by a larger proportion (and, accordingly, a lower degree of burnout) of organic matter in the spongy bone compared to the compact. A significant frequency of black color was recorded on the compact tissue of the long bone diaphyses, which is associated with the combustion of bone marrow under conditions of oxygen deficiency.

Conclusion. The duration and intensity of the flames of funeral pyres may not be sufficient to completely burn out the organic component of the bone. Significant fragmentation of skeletal remains can be achieved without intensive mechanical action. The degree of fragmentation of skeletal elements is not affected by the type of funeral pyre, the size and somatotype of the body, or the sex or age of the deceased.

Keywords: burning of the body; fragmented skeletal remains; calcined bones; Hindu funeral rites; India; Hinduism

For citation: Alekseev Iu.A. Cremation at the pyre: thermal destruction of human skeletal remains. *Lomonosov Journal of Anthropology*. 2025 (4), pp. 171-183. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-4-14>

Введение

Разрушение элементов скелетной системы в процессе сжигания человеческого тела – это комплексное явление, которое включает в себя фрагментацию, выгорание органической составляющей костного вещества и химические превращения неорганической. В свою очередь, каждый из этих аспектов также зависит от множества факторов.

Так, на характер фрагментации костей влияет наличие или отсутствие покрывающих их мягких тканей и степени их разложения, а также состояние самой кости («свежая» кость, сухая кость и т.д.). С. Саймс с соавторами описывают семь типов трещин – продольные, поперечные патиновидные и др. – которые возникают под воздействием температуры на разных частях скелета при разных стадиях разложения кремируемого тела, и ещё один тип описывает Т. Уайт (Whyte, 2001; Symes et al., 2015). В случае насильственной смерти кремируемого на эту картину могут накладываться повреждения костей, вызванные дробящим действием, а также следы от огнестрельного и холодного оружия, которые нередко хорошо фиксируются на сожжённых останках (Fairgrieve, 2008; Alunni et al., 2014; Symes et al., 2015; Nikita, 2021). Отмечается, что наличие перимортальных повреждений способствует большей термической фрагментации костей (Nikita, 2021). Также фрагментации костей в значительной степени способствуют перепады температуры, которые возникают при заливании прогоревшего кострища водой и механические манипуляции работников крематория, например, измельчение обугленных мягких тканей для ускорения сжигания тела (Grévin, 2007, 2009a).

Выгорание органической составляющей костного вещества – очень сложный процесс, полнота протекания которого зависит не только от температуры, но и от длительности её воздействия на кость, доступа кислорода к зоне обгорания, толщины мягких тканей, играющих роль барьера между костью и источником высокой температуры, а также от других факторов (Walker et al., 2008; Galloway et al., 2024). По мере выгорания органической компоненты, костное вещество меняет цвет от естественной желтоватой окраски интактной кости через оттенки бурого, чёрного и серого к голубовато-белым тонам при достижении стадии полной кальцинации. В настоящее время

широко используются две системы определения оттенка кремированных скелетных останков – цветовая шкала А.Г. Манселла и описательная цветовая система. Первая, использующая набор таблиц стандартизованных цветов, получила распространение среди археологов, в том числе специалистов в области биоархеологии, а применительно к кремированным останкам она используется в варианте, представленном П. Шипманом с соавторами (Munsell Colour Company, 1954; Shipman et al., 1984). Вторая система более проста в использовании и подразумевает определение цвета останков визуально в пределах широкой категории. Разработке цветовой шкалы кремированных останков было посвящено множество специализированных работ, результаты которых суммировала П. Майне Коррейя (Maune Correia, 1997). Изложенная в её работе схема предполагает чёткую связь цвета кремированных костных останков с диапазоном температуры пламени. Эта концепция была скорректирована Ф. Уокером и соавторами, показавшими, что помимо температуры горения на цвет оказывают влияние экспозиция, доступ кислорода и ряд других факторов (Walker et al., 2008).

Ввиду того, что палеоантропологи и биоархеологи в основном изучают сильно фрагментированные кремированные останки, перед исследовательским сообществом остро встаёт вопрос о том, как влияют на характер термической фрагментации костей анатомические особенности самого организма. Для лучшего понимания этого вклада следует прояснить следующие моменты:

– Как именно структура кости влияет на степень её фрагментации, и как различаются в этом плане между собой кости различных отделов скелета?

– Как именно структура кости влияет на сам процесс выгорания органической компоненты костного вещества?

Как неоднократно отмечали многие авторы, наблюдение за современными кремациями, совершаемыми на костре, может дать ценные сведения о процессе сгорания тела (Grévin, 2009b; Le Goff, 2013; Alunni et al., 2014). Правомочность этого подхода была доказана несколькими исследователями, которые успешно использовали данные, полученные в ходе наблюдений за современными кремациями на костре для интерпретации биоархеологических матери-

алов (Oestigaard, 1999; Ward, Tayles, 2015). Традиционные кремации на костре сохранились в странах Южной и Юго-Восточной Азии, однако в наибольшей степени они представлены в Индии и Непале (Grévin, 2009a; Le Goff, 2013). Среди ряда археологов бытует мнение, что именно традиционные обряды кремации, распространённые в Южной Азии, могут дать самые ценные сравнительные этноархеологические данные, поскольку конструкции погребальных костров, технические аспекты трупосожжения, а также природные условия этого региона существенно варьируются (Noy, 2000; Grevin, 2009a).

Изучение современных кремаций в Индии – дело весьма деликатное. В основном исследователи могут лишь осуществлять визуальное наблюдение, а принимать непосредственное участие в разборе кремированных останков не представляется возможным (Алексеев, Пежемский, 2025). Ввиду этого ограничения достаточно сложно оценить степень фрагментации останков, поскольку отсутствует возможность определить размер фрагментов, а тем более подсчитать их количество. В условиях данных ограничений представляется оправданным использовать поэтапную балловую шкалу, которая бы позволила визуально оценивать степень фрагментации костей.

Цель представленной работы – исследование характера термического разрушения длинных трубчатых костей конечностей и костей торса с большой долей губчатого вещества при кремации тела на костре. Для ее достижения были поставлены следующие задачи:

- Изучить связь степени фрагментации длинных трубчатых костей конечностей с их расположением в скелете;
- Изучить связь степени фрагментации губчатых костей с их анатомическим расположением;
- Изучить связь степени выгорания органического вещества кости с его типом (губчатое или компактное).

Материалы и методы

Материалами работы стали 178 кострищ, описанных в ходе Российско-Индийской антропологической экспедиции в 2018, 2019 и 2022 г. в г. Агра на территории кремационного центра Таджганж. Из этих кострищ для различных анализов были сформированы отдельные выборки.

Материалами исследования особенностей разрушения губчатых костей выступили данные по степени разрушения костей с большим содержанием губчатого вещества – костей торса (позвоночник и таз; $n=90$) и ног (эпифизы бедренных и больших берцовых костей; $n=77$). В данный анализ вошли только наблюдения, сделанные в 2022 г. ($N=104$). Материалами исследования динамики выгорания органики стали данные по цвету останков для серий наблюдений компактного ($n=62$) и губчатого ($n=55$) костного вещества ($N=63$). Материалами исследования особенностей разрушения длинных костей конечностей стала серия из 145 кострищ, в которых наблюдались останки верхних ($n=55$) и нижних ($n=122$) конечностей.

Описание производилось по стандартизованной методике, в процессе которого вербально характеризовались состояние костей и степень их сохранности в порядке начиная от изголовья кострища и заканчивая областью ног. При описании степени сохранности акцент делался на общем состоянии кости (целая, сильно фрагментированная и т.д.), относительном размере фрагментов и их количестве. Далее описывался цвет останков и его особенности для отдельных костей (например, кости черепной коробки снаружи бело-серые, а внутри чёрные, губчатое костное вещество охристое, и т.д.). В дополнение к этому в наблюдениях 2022 г. были использованы остеогаммы. Помимо этого, отмечался тип использованного для трупосожжения топлива – дрова, кизяк или их смесь. Все наблюдения проводились с устного согласия участников погребальных церемоний и главного менеджера крематория.

Для определения цветов нами использовалась цветовая шкала в редакции П. Майне Коррейя с дополнительными модификациями К. Шмидта с соавторами (Maune Correia, 1997; Schmidt et al., 2015). Для статистического анализа каждому цвету был присвоен балл (табл. 1). Поскольку цвет кости нельзя однозначно связывать с температурой сгорания, мы исключили последнюю из таблицы.

Для более точного описания оттенков кремированных останков нами был добавлен охристый цвет как промежуточный между чёрным и серым. Вероятно, данный оттенок обусловлен неполным выгоранием органической составляющей костного вещества.

Таблица 1. Шкала цвета кремированных останков для описания степени выгорания органического вещества (цит. по: Майне Коррейя 1997 с дополнениями)

Цвет	Балл	Комментарий	Источник
Пятнистый	–	Воздействие не очень высоких температур. Не использовался, т.к. данный цвет наблюдается только в условиях смерти от пирокластического потока или вулканического пепла.	Schmidt et al., 2015
Бурый	1	Наличие гемоглобина и/или фрагментов почвы.	Mayne Correia, 1997
Черный	2	Обугливание кости в условиях недостатка кислорода.	Mayne Correia, 1997
Охристый	3	Добавлено по нашим наблюдениям.	Полевые материалы автора
Серый	4	Пиролиз органических компонентов кости.	Mayne Correia, 1997
Белый	5	Финальная стадия кальцинирования, кость полностью утрачивает органическую часть.	Mayne Correia, 1997
Иной	–	Иные цвета объясняются наличием меди, бронзы, железа, цинка или других металлов.	Lisowski, 1968; Gejvall, 1969; Dunlop, 1978

Table 1. Cremated remains color scale (by Mayne Correia 1997 and others)

Color	Score	Interpretation	Source
Mottled	–	Exposure to moderate temperatures. Not used because this color is only observed in death from pyroclastic flows or volcanic ash.	Schmidt et al., 2015
Brown	1	Hemoglobin and/or soil discoloration	Mayne Correia, 1997
Black	2	Carbonized bone due to burning in O ₂ starved context	Mayne Correia, 1997
Ochre	3	Added based on our observations	Fieldnotes by the author
Gray-blue	4	Pyrolized organic components	Mayne Correia, 1997
White	5	Calcination; complete loss of organic portion of bone	Mayne Correia, 1997
Other Colors	–	Burning in the presence of metals, including copper, bronze, or iron	Lisowski, 1968; Gejvall, 1969; Dunlop, 1978

Для оценки степени разрушения губчатых и длинных костей нами была введена балловая система, разработанная по принципу Total Body Score в интерпретации А. Уильямс (Megyesi et al., 2005; Williams, 2020). Для разных типов губчатых костей были введены собственные критерии оценки степени разрушения (табл. 2). Для эпифизов и диафизов длинных костей конечностей также были разработаны аналогичные критерии (табл. 3).

При оценке степеней разрушения парных или множественных костей, а также отделов скелета указывался максимальный зафиксированный балл, т.е. регистрировался факт наступления максимальной степени разрушения губчатой кости или длинной кости конечности.

В ряде случаев наблюдения кострищ совпадали с наблюдениями кремации индивидов¹. В процессе наблюдения за трупосожжением мы фиксировали время полного сгорания тела, а также пол, возраст и особенности телосложения индивида. Пол и возраст определялись путём опроса родственников или визуально. В случае визуального определения возраст устанавливался по признакам внешности как биологический в рамках категорий young adult (20–35 лет), middle adult (35–50), old adult (50+) согласно «Стандартам...» Дж. Байкстры и Д. Убелакера (Buikstra, Ubelaker, 1994). В виду невозможности производить непосредственные измерения тел

¹ Подробно результаты исследований процесса сгорания тела изложены в отдельной статье (Алексеев, Пежемский, 2025).

Таблица 2. Шкала степени разрушения губчатых костей

Балл	Позвонки	Крестец	Таз	Эпифизы
1	Кость без следов воздействия пламени			
2	Обгорелая целая кость	Обгорелая целая кость	Обгорелая целая тазовая кость (л/п)	Обгорелая целая кость или включающие эпифиз её части (4/5–1/5)
3	Тело позвонка	Тело крестцового позвонка или половина крестца	Крупные фрагменты: отдельные кости (подвздошная, лобковая, седалищная), вертлужная впадина	Отдельный эпифиз (или 1/6 кости, включающая эпифиз)
4	Фрагменты	Фрагменты	Мелкие фрагменты	Фрагменты или головка (для бедренной кости)
5	Пятно губчатого костного вещества	Пятно губчатого костного вещества	Пятно губчатого костного вещества	Пятно губчатого костного вещества

Table 2. Scale of the degree of destruction of spongy bones

Score	Vertebrae	Sacrum	Coxae	Epiphyses
1	Bone without traces of flame exposure			
2	A burnt whole bone	A burnt whole bone	A burnt whole pelvic bone (left/right)	A burnt whole bone or parts of it including the epiphysis (4/5–1/5)
3	Vertebral body	The body of the sacral vertebra or half of the sacrum	Large fragments: individual bones (ilium, pubis, ischium), acetabulum	Separate epiphysis (or 1/6 of the bone including the epiphysis)
4	Fragments	Fragments	Small fragments	Fragments or head (for femur)
5	A stain of crushed spongy bone	A stain of crushed spongy bone	A stain of crushed spongy bone	A stain of crushed spongy bone

Таблица 3. Шкала степени разрушения длинных костей конечностей

Балл	Диафиз	Эпифизы
1	Кость без следов воздействия пламени	
2	Обгорелая кость, с трещинами, но без фрагментации	Обгорелая целая кость или включающие эпифиз её части (4/5–1/5)
3	Отделённый диафиз или крупные фрагменты	Отдельный эпифиз
4	Мелкие фрагменты диафиза	Мелкие фрагменты эпифиза или головка (для бедренной кости)

Table 3. Scale of the degree of destruction of long bones of the extremities

Score	Diaphysis	Epiphyses
1	Bone without traces of flame exposure	
2	Burnt bone, with cracks but without fragmentation	A burnt whole bone or parts of it including the epiphysis (4/5–1/5)
3	Separated diaphysis or large fragments	Separate epiphysis
4	Small fragments of diaphysis	Small fragments or head (for femur)

усопших, размер и компонентный состав тела оценивался нами соматоскопически, с опорой на собственный опыт антропометрических работ в Индии в 2018–2019 гг. Для оценки этих признаков нами были использованы трехбалльные шкалы. Шкала оценки размеров тела включала категории малого (балл 1), среднего (балл 2) и крупного (балл 3) размеров. Компонентный состав тела оценивался по шкале экто- (балл 1),

мезо- (балл 2) и эндоморфии (балл 3). Баллы шкалы компонентного состава соответствуют эктоморфному, мезоморфному и эндоморфному соматотипам по классификациям У. Шелдона, а также Б.Х. Хит и Дж.Э.Л. Картера (Sheldon, 1940; Heath, Carter, 1967). Оценки с помощью данных шкал по очевидным причинам имеют определённую долю условности.

Таблица 4. Частоты степеней разрушения губчатых костей торса и эпифизов длинных трубчатых костей ног (%)

Table 4. Frequencies of degrees of destruction of the spongy bones of the torso and epiphyses of the long bones of the legs (%)

№	Состав выборки / Sample composition	n	Баллы (степени разрушения) / Scores (degrees of destruction)			
			2	3	4	5
1	Позвонки, крестец, тазовые кости / Vertebrae, sacrum, pelvic bones	90	5,6	23,3	65,6	5,6
2	Эпифизы бедренной и большой берцовой костей / Epiphyses of the femur and tibia	77	16,9	39,0	44,2	0,0
3	Проксимальные эпифизы бедренной кости / Proximal epiphyses of the femur	36	16,7	50,0	33,3	0,0
4	Эпифизы большой берцовой кости и дистальные бедренные эпифизы / Epiphyses of the tibia and distal femoral epiphyses	69	21,7	37,7	40,7	0,0

Сравнение выборок произведено с использованием методов непараметрической статистики, поскольку для ряда параметров численность наблюдений была небольшой. Для сравнения двух выборок использовался точный тест Фишера. Взаимосвязи между переменными анализировались с помощью метода ранговой корреляции Спирмена. Статистическая обработка данных производилась в среде R (R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Available at: <http://www.R-project.org>. Accessed: 13.05.2025) с помощью программы RSudio (version 2024.12.1 build 563; RStudio Team. RStudio: Integrated development for R. Available at: <http://www.rstudio.com>. Accessed: 13.05.2025).

Результаты

Для оценки степени разрушения губчатых костей торса и эпифизов длинных трубчатых костей нижней конечности мы разделили наблюдения на четыре выборки. Первая, выборка губчатых костей торса, включает позвонки, крестец и кости таза. Во вторую, выборку эпифизов длинных костей ног, вошли эпифизы бедренных и больших берцовых. Также были выделены отдельные выборки проксимальных бедренных эпифизов (третья) и эпифизов ног без проксимальных бедренных эпифизов (четвёртая). Для этих выборок были рассчитаны частоты наблюдений степеней разрушения (табл. 4).

Для оценки влияния толщины мягких тканей на степень разрушения эпифизов костей

нижней конечности, мы провели три попарных сравнения вышеупомянутых выборок. В первое сравнение вошли губчатые кости торса (позвонки и кости таза) и эпифизы ног без проксимальных эпифизов бедренных костей (чтобы оценить степень разрушения эпифизов, скрытых относительно небольшим слоем мягких тканей). Во второе сравнение вошли эпифизы ног без проксимальных эпифизов бедренных костей и отдельно проксимальные бедренные эпифизы. В третьей выборке сравнению подвергались губчатые кости торса (позвонки и кости таза) и все эпифизы костей ног.

Результаты сравнения первой пары выборок показали достоверные различия по 2 и 4 степеням разрушения, но для степеней 3 и 5 достоверных различий не наблюдается. Сравнение второй пары не выявило достоверных различий по 2–4 степеням разрушения, а проводить сравнение по частоте 5 балла не имело смысла в виду его отсутствия в наблюдениях. Для третьей пары были обнаружены достоверные различия по 2–4 степеням разрушения, по степени 5 достоверных различий не наблюдается. Результаты анализа приведены в таблице 5.

Аналогичный анализ был проведён для длинных костей конечностей, однако, в этом случае частоты степеней разрушений отдельно рассчитывались для проксимального и дистального эпифизов, а также диафиза. В серию были включены наблюдения плечевой, локтевой, лучевой, бедренной, большой и малой берцовых костей, для которых были рассчитаны частоты степеней разрушений (табл. 6).

Таблица 5. Сравнение степеней разрушения между выборками губчатых костей с помощью точного теста Фишера

Сопоставление	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
Губчатые кости торса и эпифизы ног (без проксимальных эпифизов бедра)	0,003	0,056	0,002	0,069
Проксимальные эпифизы бедра и эпифизы ног (без проксимальных эпифизов бедра)	0,614	0,298	0,529	–
Губчатые кости торса и эпифизы ног (с проксимальными эпифизами бедра)	0,024	0,043	0,008	0,063

Примечания. Здесь и далее в таблицах жирным выделены достоверные различия.

Table 5. Comparison of degrees of destruction between spongy bone samples using Fisher's exact test

Comparison	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5
Spongy bones of the torso and epiphyses of the legs (excluding the proximal femoral epiphyses)	0,003	0,056	0,002	0,069
Proximal femoral epiphyses and epiphyses of the legs (excluding proximal femoral epiphyses)	0,614	0,298	0,529	–
Spongy bones of the torso and epiphyses of the legs (with proximal femoral epiphyses)	0,024	0,043	0,008	0,063

Notes: From here on in the tables, significant differences are highlighted in bold.

С помощью точного теста Фишера было проведено попарное сравнение степени разрушения проксимальных и дистальных эпифизов плечевой, бедренной, большой и малой берцовых костей, а также объединённых серий костей предплечья. Кроме того, были проведены попарные сравнения степеней разрушения диафизов плечевой и костей предплечья, бедренной и большеберцовой, плечевой и бедренной, а также большеберцовой и костей предплечья (табл. 7).

Результаты попарного сравнения показывают, что между проксимальными и дистальными эпифизами одних и те же отделов скелета не наблюдается достоверных различий по частотам баллов, за исключением балла 3 у эпифизов плеча и балла 4 у эпифизов бедра. Сравнение по степеням разрушения диафизов различных отделов конечностей не выявило достоверных различий.

Далее, из общей выборки кострищ были сформированы выборки тех наблюдений, в которых одновременно наблюдались диафизы, проксимальные и дистальные эпифизы бедренных (n=24) и больших берцовых (n=16). Для них был посчитан суммарный балл разрушения. Для выявления связи степени разрушения костей с полом, возрастной категорией, компонентным

составом и размером тела, а также типом погребального костра, был использован метод ранговой корреляции Спирмена. Связи между степенью фрагментации длинных костей и вышеупомянутыми факторами не выявлено (табл. 8 и 9).

Далее было проведено сравнение частот наблюдения вариантов цвета останков (который отражает степень выгорания органической компоненты кости). Для выборок компакты и губчатого вещества были рассчитаны частоты встречаемости цветов (табл. 10).

Сравнение частот встречаемости разных цветов между выборками губчатого и компактного костного вещества с помощью точного теста Фишера показало наличие достоверных различий по частотам чёрного, охристого и серого цвета. По частотам наблюдений бурого и белого цвета достоверных различий не выявлено. Результаты анализа приведены в таблице 11.

Обсуждение

Сопоставление степеней разрушения губчатого костного вещества костей торса и длинных костей конечностей показывает, что для эпифизов бедренной и большой берцовой характерны меньшие степени, а для позвонков, крестца и

Таблица 6. Частоты степеней разрушения длинных костей конечностей (%)
Table 6. Frequencies of degrees of destruction of long bones of the extremities (%)

Скелетный элемент / Skeletal element	Баллы (степени разрушения) / Scores (degrees of destruction)	Проксимальный эпифиз / Proximal epiphysis %	Диафиз / Diaphysis %	Дистальный эпифиз / Distal epiphysis %
Плечевая кость / Humerus	<i>n</i>	24	24	9
	2	16,7	8,3	55,6
	3	66,7	50,0	22,2
	4	16,7	41,7	22,2
Локтевая кость / Ulna	<i>n</i>	5	7	1
	2	80,0	14,3	100,0
	3	0,0	71,4	0,0
	4	20,0	14,3	0,0
Лучевая кость / Radius	<i>n</i>	6	7	3
	2	50,0	0,0	66,7
	3	50,0	85,7	0,0
	4	0,0	14,3	33,3
Неопределимые диафизы предплечья / Indeterminate diaphyses of the forearm	<i>n</i>	–	11	–
	2	–	0,0	–
	3	–	36,4	–
	4	–	63,6	–
Бедренная кость / Femur	<i>n</i>	57	64	71
	2	12,3	0,0	15,5
	3	50,9	68,8	67,6
	4	36,8	31,2	16,9
Большая берцовая кость / Tibia	<i>n</i>	62	59	27
	2	35,5	1,7	25,9
	3	41,9	54,2	48,1
	4	22,6	44,1	25,9
Малая берцовая кость / Fibula	<i>n</i>	3	13	5
	2	100,0	0,0	40,0
	3	0,0	53,8	60,0
	4	0,0	46,2	0,0

Таблица 7. Сравнение степеней разрушения между выборками отделов длинных костей конечностей с помощью точного теста Фишера

Table 7. Comparison of the degrees of destruction between samples of long bone of the extremities using Fisher's exact test

Сопоставляемые элементы / Comparable elements	Балл 2 / Score 2	Балл 3 / Score 3	Балл 4 / Score 4
Эпифизы плеча / Epiphyses of the humerus	0,073	0,047	1,000
Эпифизы предплечья / Epiphyses of the forearm	1,000	0,497	1,000
Диафизы плеча и предплечья / Diaphyses of the humerus and forearm	1,000	0,767	1,000
Эпифизы бедра / Epiphyses of the femur	0,799	0,070	0,014
Эпифизы большой берцовой / Epiphyses of the tibia	0,465	0,646	0,789
Диафизы бедра и большой берцовой / Diaphyses of the femur and tibia	0,480	0,137	0,192
Эпифизы малой берцовой / Epiphyses of the fibula	0,196	0,196	1,000
Диафизы плеча и бедра / Diaphyses of the humerus and femur	0,072	0,137	0,450
Диафизы предплечья и большой берцовой / Diaphyses of the forearm and tibia	0,459	1,000	0,798

Таблица 8. Оценка связи степени разрушения бедренной кости с особенностями тела кремируемого и типом погребального костра

Table 8. Evaluation of the relationship between the degree of destruction of the femur and the characteristics of the cremated body and the type of funeral pyre

Фактор / Factor	r_s	p
Пол / Sex	-0,039	0,915
Возраст / Age	0,066	0,865
Размер / Body size	0,090	0,781
Компонентный состав / Body composition	0,155	0,631
Тип погребального костра / Pyre type	-0,140	0,513

Таблица 9. Оценка связи степени разрушения большеберцовой кости с особенностями тела кремируемого и типом погребального костра

Table 9. Evaluation of the relationship between the degree of destruction of the tibia and the characteristics of the cremated body and the type of funeral pyre

Фактор / Factor	r_s	p
Пол / Sex	-0,339	0,338
Возраст / Age	-0,219	0,572
Размер / Body size	0,590	0,056
Компонентный состав / Body composition	0,469	0,145
Тип погребального костра / Pyre type	0,321	0,225

костей таза чаще отмечаются значительные степени разрушения. При этом нужно отметить ряд моментов.

Между проксимальными эпифизами бедренных костей, которые в наибольшей степени скрыты мягкими тканями таза, и прочими эпифизами длинных костей ног нет достоверных различий по степеням разрушения. Из этого можно сделать вывод, что степени разрушения эпифизов длинных костей ног обусловлены микроструктурой, а не длительностью контакта с источником высокой температуры. Этот тезис хорошо согласуется с наблюдениями Ж. Гревена,

который отметил, что время сжигания тела не влияет на степень фрагментации костей (Grévin, 2007). По этой причине при сравнении паттернов разрушения губчатого вещества костей торса и длинных костей ног можно использовать объединённую серию эпифизов. Далее, хотя по частотам пятой стадии между костями торса и эпифизами ног не наблюдается достоверных различий, следует отметить тенденцию к преобладанию частот этой степени разрушения в позвонках, крестце и тазовых костях, т.к. для эпифизов ног разрушения до стадии пятна не замечено.

Учитывая вышеприведённые факты, мы можем интерпретировать достоверное различие в частотах степеней фрагментации между костями торса и объединённой серией эпифизов костей ног как следствие анатомических различий в строении губчатых костей на уровне микроструктуры кости.

На текущем этапе исследований сложно интерпретировать паттерны разрушения длинных костей конечностей. По всей видимости, проксимальные эпифизы бедренных костей, разрушаются сильнее, чем дистальные эпифизы. Схожим образом, дистальные эпифизы плечевых костей демонстрируют меньшую степень фрагментации, чем проксимальные. Следует, однако, подчеркнуть, что оба эти явления отмечаются лишь на уровне тенденций. Помимо этого, нужно подчеркнуть тот факт, что для бедренных костей в 100% случаев наблюдается фрагментация в области диафиза, что согласуется с данными С. Саймса с соавторами по особенностям локализации участков наиболее частой фрагментации длинных трубчатых костей (Symes et al., 2015).

По всей видимости, зафиксированные нами варианты конструкции погребального костра, а также особенности телосложения, пол и возраст кремируемых, никак не влияют на динамику и характер разрушения скелета, на что указывает отсутствие корреляции суммарного балла разрушения длинных костей с типом костра, компонентным составом тела, а также половой и возрастной принадлежностью индивидов. Последний результат вполне ожидаем – аналогичные выводы были сделаны Д. Гонсалвешом с соавторами в ходе исследований сжигания тел и эксгумированных останков в современных крематориях (Gonçalves et al., 2015)

Распределение цветов между группами костного вещества демонстрирует более явные

Таблица 10. Частоты наблюдения цветов костных останков (%)
Table 10. Frequencies of colors of bone remains (%)

	n	Цвет / Color				
		1 (бурый) / 1 (brown)	2 (чёрный) / 2 (black)	3 (охристый) / 3 (ochre)	4 (серый) / 4 (gray-blue)	5 (белый) / 5 (white)
Компактное костное вещество / Compact bone	62	8,1	9,7	48,4	87,1	14,5
Губчатое костное вещество / Spongy bone	55	10,9	0,0	76,4	61,8	9,1

и однозначные различия – охристое каление чаще наблюдается в губчатом костном веществе, а чёрное и серое – в компактном. Для достижения стадии серого каления губчатое костное вещество требует большей экспозиции, чем компакта – стадия серого каления чаще наблюдается у компактного костного вещества, а охристый цвет, наоборот, у губчатого. Вероятно, разница в цвете кремированных останков обусловлена разной долей органического вещества в костном веществе разного типа. Губчатое костное вещество ассоциировано с красным костным мозгом, в то время как компактное содержит в основном коллаген. Что касается большей доли чёрного каления на компакте, то это объясняется тем, что в полостях трубчатых костей, на внутренних сторонах которых и фиксировался чёрный цвет, горение костного мозга и внутренних слоёв компакты происходит в условиях дефицита кислорода, из-за чего кость долгое время пребывает в состоянии чёрного каления (Symes et al., 2015).

Таблица 11. Сравнение частот наблюдений цвета останков между выборками губчатого и компактного костного вещества

Table 11. Comparison of frequencies of color observations of remains between samples of spongy and compact bone matter

Балл / Score	p
1	0,76
2	0,03
3	0,00
4	0,00
5	0,41

Выводы

1. Материалы из Агры демонстрируют, что воздействия пламени погребальных костров может быть недостаточно для полного выгорания органической составляющей кости.

2. На примере паттернов разрушения губчатого костного вещества показано, что значительной фрагментарности останков можно достичь без механического воздействия или перепада температур, вызванного обливанием кострища водой. Вполне вероятно, что причина характерной фрагментации заключается в самой микроструктуре губчатого вещества.

3. На степень фрагментации останков не влияют ни рассмотренные типы костра, ни размер и компонентный состав тела, ни пол, ни возраст усопшего.

Список литературы

- Алексеев Ю.А., Пежемский Д.В. Кремация на костре: время и характер разрушения человеческого тела // Вестник Московского Университета. Серия 23. Антропология, 2025. № 1. С. 99–111. <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-1-10>
- Alunni V., Grévin G. Buchet L., Quatrehomme G. Forensic aspect of cremations on wooden pyre. *Forensic Sci. Int.*, 2014, 241, pp. 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.05.023>
- Buikstra J.E., Ubelaker D.H. *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Fayetteville: Arkansas Archeological Survey Research Series No. 44, 1994. 272 p.
- Fairgrieve, S.I. *Forensic Cremation. Recovery and Analysis*. CRC Press, 2007. 210 p. ISBN: 978-0-8493-9189-7.
- Galloway A., Pope E., Juarez C. Bone color changes and interpretation of the temperature/duration of fire exposure to human remains in the forensic context. *WIREs Forensic Sci.*, 2024, 6 (4), e1517. <https://doi.org/10.1002/wfs2.1517>
- Gonçalves D., Cunha E., Thompson T.J.U. Estimation of the pre-burning condition of human remains in forensic contexts. *Int. J. Legal. Med.*, 2015, 129, pp. 1137–1143. <https://doi.org/10.1007/s00414-014-1027-8>

Grévin G. Apport archéologique et médico-légal de l'étude de la crémation sur bûcher en Inde et au Népal. *Études Sur Mort.*, 2007, 132, pp. 23–28. <https://doi.org/10.3917/eslm.132.0023>

Grévin G. Crémations: les leçons de l'ethnologie. *Journal de Médecine Légale Droit Méd.*, 2009a, 3–4, pp. 67–70. <https://doi.org/10.54695/dss.52.03-04.2540>

Grévin G. Crémation et combustion du corps humain – apport ethnoarchéologique. *Cahier des thèmes trans-versaux ArScAn.*, 2009b, 9, pp. 147–149.

Heath B.H., Carter J.E.L. A modified somatotype method. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1967, 27 (1), pp. 57–74. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330270108>.

Le Goff I. Cadavre et crémation. *Techniques & Culture*, 2013, 60 (1), pp. 92–109. <https://doi.org/10.4000/tc.6843>

Megyesi, M.S., Nawrocki, S., & Haskell, N. Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *J. Forensic Sci.*, 2005, 50 (3), pp. 1–9. <https://doi.org/10.1520/jfs2004017>

Mayne Correia P. Fire Modification of Bone: A Review of the Literature. In *Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains*. CRC Press, 1997. pp. 275–293. <https://doi.org/10.1201/9781439821923.CH18>

Munsell Colour Company. *Munsell Soil Colour Charts*. Baltimore, Maryland, 1954.

Nikita E. *An introduction to the study of burned human skeletal remains*. Nicosia: The Cyprus Institute, 2021. 56 p. ISBN 978-9963-2858-7-7

Noy D. Building a Roman Funeral Pyre. *Antichthon*, 2000, 34, p. 30–45. <https://doi.org/10.1017/S0066477400001167>

Oestigaard T. Cremations as transformations: when the dual cultural hypothesis was cremated and carried away in urns. *Eur. J. Archaeol.*, 1999, 2 (3), pp. 345–364. <https://doi.org/10.1179/eja.1999.2.3.345>.

Schmidt C.W., Oakley E., D'Anastasio R., Brower R., Remy A. et al. Herculaneum. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2015, 2nd ed pp. 149–161. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800451-7.00008-5>

Sheldon W.H. *The Varieties of Human Physique: An Introduction to Constitutional Psychology*. New York, Harper & Brothers, 1940. 347 p.

Shipman P., Foster G., Schoeninger M. Burnt Bones and Teeth: An Experimental Study of Color, Morphology, Crystal Structure and Shrinkage. *J. Archaeol. Sci.*, 1984, 11, pp. 307–325. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(84\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0305-4403(84)90013-X)

Symes S.A., Rainwater C.W., Chapman E.N., Gipson D.R., Piper A.L. Patterned thermal destruction of human remains in a forensic setting. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2015, 2nd ed. pp. 17–59. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800451-7.00002-4>

Walker P.L., Miller K.W.P., Richman R. Time, temperature and oxygen availability: an experimental study of the effects of environmental conditions on the color and organic content of cremated bone. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2008. pp. 129–xi. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372510-3.50009-5>

Ward S.M., Tayles N. The Use of Ethnographic Information in Cremation Studies: A Southeast Asian Example. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2015, 2nd ed. pp. 381–402. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800451-7.00022-X>

Whyte T. Distinguishing remains of human cremations from burned animal bones. *J. Field Archaeol.*, 2001, 28 (3/4), pp. 437–448. <https://doi.org/10.1179/jfa.2001.28.3-4.437>

Williams A.N. *A New Classification System for Analyzing Burned Human Remains*. PhD Thesis in Anthropology. Missoula, University of Montana, 2020. 156 p.

References

Alekseev Iu., Pezhemsky D. Cremation at the Pyre: Time and Nature of Destruction of the Human Body. *Lomonosov Journal of Anthropology*, 2025, 1, pp. 99–111. (In Russ.) <https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-25-1-10>

Alunni V., Grévin G. Buchet L., Quatrehomme G. Forensic aspect of cremations on wooden pyre. *Forensic Sci. Int.*, 2014, 241, pp. 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.05.023>

Buikstra J.E., Ubelaker D.H. *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Fayetteville: Arkansas Archeological Survey Research Series No. 44, 1994. 272 p.

Fairgrieve, S.I. *Forensic Cremation. Recovery and Analysis*. CRC Press, 2007. 210 p. ISBN: 978-0-8493-9189-7.

Galloway A., Pope E., Juarez C. Bone color changes and interpretation of the temperature/duration of fire exposure to human remains in the forensic context. *WIREs Forensic Sci.*, 2024, 6 (4), e1517. <https://doi.org/10.1002/wfs2.1517>

Gonçalves D., Cunha E., Thompson T.J.U. Estimation of the pre-burning condition of human remains in forensic contexts. *Int. J. Legal. Med.*, 2015, 129, pp. 1137–1143. <https://doi.org/10.1007/s00414-014-1027-8>

Grévin G. Apport archéologique et médico-légal de l'étude de la crémation sur bûcher en Inde et au Népal. *Études Sur Mort.*, 2007, 132, pp. 23–28. <https://doi.org/10.3917/eslm.132.0023>.

Grévin G. Crémations: les leçons de l'ethnologie. *Journal de Médecine Légale Droit Méd.*, 2009a, 3–4, pp. 67–70. <https://doi.org/10.54695/dss.52.03-04.2540>

Grévin G. Crémation et combustion du corps humain – apport ethnoarchéologique. *Cahier des thèmes trans-versaux ArScAn.*, 2009b, 9, pp. 147–149.

Heath B.H., Carter J.E.L. A modified somatotype method. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1967, 27 (1), pp. 57–74. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330270108>

Le Goff I. Cadavre et crémation. *Techniques & Culture*, 2013, 60 (1), pp. 92–109. <https://doi.org/10.4000/tc.6843>

Megyesi, M.S., Nawrocki, S., & Haskell, N. Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *J. Forensic Sci.*, 2005, 50 (3), pp. 1–9. <https://doi.org/10.1520/jfs2004017>

Mayne Correia P. Fire Modification of Bone: A Review of the Literature. In *Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains*. CRC Press, 1997. pp. 275–293. <https://doi.org/10.1201/9781439821923.CH18>

Munsell Colour Company. *Munsell Soil Colour Charts*. Baltimore, Maryland, 1954.

Nikita E. *An introduction to the study of burned human skeletal remains*. Nicosia: The Cyprus Institute, 2021. 56 p. ISBN 978-9963-2858-7-7

Noy D. Building a Roman Funeral Pyre. *Antichthon*, 2000, 34, p. 30–45. <https://doi.org/10.1017/S0066477400001167>

Oestigaard T. Cremations as transformations: when the dual cultural hypothesis was cremated and carried away in urns. *Eur. J. Archaeol.*, 1999, 2 (3), pp. 345–364. <https://doi.org/10.1179/eja.1999.2.3.345>

Schmidt C.W., Oakley E., D'Anastasio R., Brower R., Remy A. et al. Herculaneum. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2015, 2nd ed pp. 149–161. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800451-7.00008-5>

Sheldon W.H. *The Varieties of Human Physique: An Introduction to Constitutional Psychology*. New York, Harper & Brothers, 1940. 347 p.

Shipman P., Foster G., Schoeninger M. Burnt Bones and Teeth: An Experimental Study of Color, Morphology, Crystal Structure and Shrinkage. *J. Archaeol. Sci.*, 1984, 11, pp. 307–325 [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(84\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0305-4403(84)90013-X)

Symes S.A., Rainwater C.W., Chapman E.N., Gipson D.R., Piper A.L. Patterned thermal destruction of human remains in a forensic setting. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2015, 2nd ed. pp. 17–59. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800451-7.00002-4>

Walker P.L., Miller K.W.P., Richman R. Time, temperature and oxygen availability: an experimental study of the effects of environmental conditions on the color and organic content of cremated bone. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2008. pp. 129–xi. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12372510-3.50009-5>

Ward S.M., Tayles N. The Use of Ethnographic Information in Cremation Studies: A Southeast Asian Example. In *The Analysis of Burned Human Remains*. Elsevier Ltd., 2015, 2nd ed. pp. 381–402. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800451-7.00022-X>

Whyte T. Distinguishing remains of human cremations from burned animal bones. *J. Field Archaeol.*, 2001, 28

(3/4), pp. 437–448. <https://doi.org/10.1179/jfa.2001.28.3-4.437>

Williams A.N. *A New Classification System for Analyzing Burned Human Remains*. PhD Thesis in Anthropology. Missoula, University of Montana, 2020. 156 p.

Информация об авторе/ Information about the author

Алексеев Юрий Андреевич;

alekseev@gbmt.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8375-5377>

Alekseev Iurii Andreevich;

alekseev@gbmt.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8375-5377>

Поступила в редакцию 18.05.2025.
Получена после доработки 09.07.2025.
Принята к публикации 09.07.2025.

Received 18.05.2025.

Revised 09.07.2025.

Accepted 09.07.2025.