



Анализ биологического возраста по черепу ребенка эпохи каменного века с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии

Бужилова А.П.¹, Васильев А.Ю.², Петровская В.В.², Зорина И.С.²,
Перова Н.Г.², Березина Н.Я.¹, Харитонов В.М.¹, Васильев Ю.А.²

¹ Научно-исследовательский институт и Музей антропологии им. Д.Н. Анучина Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² ГБОУ ВПО "Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова" Министерства здравоохранения России, Москва, Россия

The Analysis of Biological Age on a Skull of the Paleolithic Child by Method of a Cone Beam Computed Tomography

Buzhilova A.P.¹, Vasil`ev A.Yu.², Petrovskaya V.V.², Zorina I.S.²,
Perova N.G.², Berezina N.Ya.¹, Kharitonov V.M.¹, Vasilyev Yu.A.²

¹ Research Institute and Museum of Anthropology of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Radiology of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

Цель исследования: изучение возможностей конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) в оценке костной структуры, анализе зубной формулы при определении возраста палеоантропологической находки. Экспертизе подвергнуты останки ребенка каменного века из пещеры Староселье (Крым). Лучевое исследование выполнялось при использовании КЛКТ с индивидуальным подбором укладок, физико-технических условий и режимов сканирования в зависимости от анатомической принадлежности и размера фрагментов. Полученные в результате КЛКТ изображения отличаются высокой информативностью (от 7,5 до 10,6 пикселей/мм), оптимальным пространственным разрешением, четкостью и контрастностью. Программное обеспечение КЛКТ включает параметры и возможность постпроцессорной обработки изображений (построение панорамных, мультипланарных и 3D-реконструкций). Метод позволяет проводить анализ антропологического материала без необходимости их разрушения, что крайне важно для работы с образцами музейных коллекций. Использование высокоинформативного лучевого метода исследования КЛКТ является перспективным для палеоантропологических исследований.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография, палеоантропология.

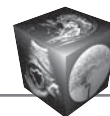
Studying of opportunities of the Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in an assessment of bone structure

and of a tooth formula was an objective for aging of a paleo-anthropological finding. Remains of the child of the Stone Age from a cave Staroselye (Crimea) are subjected to examination. Beam research was carried out when using CBCT with individual selection of laying, physics and technology conditions and modes of scanning depending on anatomic accessory and the size of fragments. The images received as a result of CBCT differ in high informational content (from 7.5 to 10.6 pixels/mm), optimum spatial permission, clearness and contrast. The software of CBCT includes parameters and possibility of post-processor processing of images (creation of panoramic, multiplanar and 3D reconstruction). The method allows carrying out the analysis of anthropological material without the need for their destruction that is the extremely important for work with samples of museum collections. Use of a high-informative beam method of CBCT is perspective for the paleoanthropological researches.

Key words: Cone Beam Computed Tomography, paleoanthropology.

Введение

Для задач палеоантропологических исследований успешно используются разные методы рентгенологического обследования, преимущественно стандартная или микрофокусная рентгенография [1–5]. Одной из новых и перспективных методик



нового поколения является конусно-лучевая КТ (КЛКТ). Отличительной особенностью данного вида томографии является возможность получения первично-трехмерного изображения с последующей мультипланарной реконструкцией [3–5, 6, 8].

Для оптимизации схем экспертизы в определении биологического возраста фрагментов неполовозрелых индивидов с помощью КЛКТ были проанализированы костные останки ребенка из археологического памятника Староселье (Крым), который по косвенному радиоуглеродному анализу датируется древностью более 35 тыс. лет назад [9].

Цель исследования

Изучение возможностей КЛКТ в оценке биологического возраста неполовозрелого индивида древностью в несколько тысяч лет. В задачи КЛКТ входили: оценка формы, размеров, структуры зубов и челюстей палеолитических останков человека (ребенка) из пещеры Староселье (Крым).

Материал и методы

В ходе исследования был проведен анализ результатов КЛКТ в изучении останков черепа и нижней челюсти ребенка из Староселья. Останки древнего человека хранятся в фондах Научно-исследовательского института и Музея антропологии МГУ.

Лучевое исследование проводилось на конусно-лучевом томографе I-CAT (Imaging Sciences,

США) в режимах высокого разрешения. Технология КЛКТ основана на одном круговом (360°) сканировании вокруг объекта с захватом трехмерного рентгеновского видео. Источником излучения служит конический рентгеновский луч, в качестве приемника используется плоская цифровая детекторная панель. Рентгеновское излучение, проходя через объект, попадает на матрицу, а далее путем преобразования происходит оцифровка изображения и воссоздается первичное объемное изображение.

Использовали следующие технические параметры: напряжение – 120 кВт; мощность – 18,5 мАс; время сканирования – 8,5 с; время экспозиции – 0,2 с; область сканирования – 8–13 см; размер вокселя – 0,125–0,3 мм; время реконструкции изображения – 30 с. Постпроцессорную обработку и анализ изображений проводили с помощью программы I-CAT Vision с использованием базовой программы для построения панорамных, мультипланарных и 3D-реконструкций. По результатам КЛКТ проводили антропометрический анализ фрагментов черепа и челюсти, определяли форму и структуру зубов.

Результаты и их обсуждение

Останки ребенка были обнаружены археологом А.А. Формозовым летом 1953 г. в ходе раскопок среднепалеолитических слоев в пещере Староселье недалеко от города Бахчисарай в Крыму. Основные результаты предварительного изучения

Для корреспонденции: Васильев Александр Юрьевич – 127206 Москва, ул. Вучетича, д. 9а. ГБОУ ВПО “Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова” МЗ РФ, кафедра лучевой диагностики. Тел.: 8-495-611-01-77. E-mail: auv62@mail.ru

Бужилова Александра Петровна – доктор ист. наук, член-корр. РАН, директор НИИ и Музея антропологии им. Д.Н. Анучина ФБОУ ВПО “Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова”; **Васильев Александр Юрьевич** – доктор мед. наук, член-корр. РАН, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ГБОУ ВПО “Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова” МЗ РФ; **Петровская Виктория Васильевна** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО “Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова” МЗ РФ; **Зорина Ирина Сергеевна** – ассистент кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО “Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова” МЗ РФ; **Перова Наталия Геннадьевна** – канд. мед. наук, ассистент кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО “Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова” МЗ РФ; **Березина Наталия Яковлевна** – младший научный сотрудник НИИ и Музея антропологии им. Д. Н. Анучина ФБОУ ВПО “Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова”; **Харитонов Виталий Михайлович** – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник НИИ и Музея антропологии им. Д. Н. Анучина ФБОУ ВПО “Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова”; **Васильев Юрий Александрович** – заочный аспирант кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО “Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова” МЗ РФ.

Contact: Vasilev Aleksandr Yurevich – 127206, Russia, Moscow, Vucheticha str., 9a. A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Radiology Department. Phone: +7-495-611-01-77. E-mail: auv62@mail.ru

Buzhilova Alexandra Petrovna – dokt. of hyst. sci., Corresponding member of RAS, Director of D.N. Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University; **Vasilev Aleksandr Yurevich** – dokt. of med. sci., Corresponding member of RAS, Professor, Head of Radiology Department of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; **Petrovskaya Viktoriya Vasilyevna** – cand. of med. sci., Associate Professor of Radiology Department of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; **Zorina Irina Sergeevna** – assistant of Radiology Department of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; **Perova Nataliya Gennadyevna** – cand. of med. sci., assistant of Radiology Department of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; **Berezina Natalia Yakovlevna** – junior scientific researcher of D.N. Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University; **Kharitonov Vitaly Mikhailovich** – cand. of biol. sci., leader scientific researcher of D.N. Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University; **Vasilyev Yury Alexandrovich** – assistant of Radiology Department of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry.

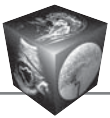


Рис. 1. Череп ребенка из пещеры Староселье. Вид слева. Лобная и височная кости реставрированы из фрагментов.



Рис. 2. Верхняя челюсть ребенка. С правой стороны латеральный резец смещен медиально, коронка видна частично, и корень зуба располагается небо.

останков были зафиксированы в протоколе научной комиссии [10].

Антропологи определили биологический возраст ребенка в широких пределах (не меньше 1,5 и не старше 3 лет), оценили своеобразные морфологические особенности “старосельца” (общая массивность свода черепа, бóльшая уплощенность и широкая фронтальная часть альвеолярной дуги нижней челюсти, недоразвитие сосцевидных отростков, крупные размеры молочных вторых моляров зубов, крупные коронки постоянных моляров зачатков зубов). В результате был сделан общий вывод, что обнаруженный в пещере индивид “...принадлежал к типу древнего человека, сочетающего в себе неандерталоидные и кроманьонидные черты с преобладанием последних” [1].

Сохранность костей черепа и нижней челюсти в более или менее удовлетворительном состоянии. После реставрации останков, проведенной сразу же после раскопок М.М. Герасимовым (1954), дополнительных работ по консервации костной ткани не проводили [6].

В своде черепа изначально отсутствовали значительные по размеру фрагменты. Так, в правой теменной части отсутствует больше четверти кости. Наиболее повреждена левая часть свода черепа: лобная и височная кости присутствовали в виде фрагментов (рис. 1). На лицевом скелете значительные повреждения также отмечаются с левой стороны, причем с полной утратой части верхней челюсти. Из-за повреждений верхней челюсти воспроизведены слева два резца и клык. Как отмечает М.М. Герасимов, недостающие части были воссозданы и реконструированные зубы установлены с учетом степени прогнатности верхней челюсти [6].

Из морфологических особенностей черепа отметим очевидную прижизненную асимметрию в основании черепа, при этом затылочное отверстие правильной формы без каких-либо морфологических нарушений.

Для оценки биологического возраста важно отметить, что теменные кости не срослись с затылочным отделом, что предполагает возраст ребенка младше 3 лет. Более точно возраст ребенка определен по состоянию зубной системы. Как отмечали первые исследователи, у ребенка фиксируются 16 молочных зубов: 8 резцов, 4 клыка, 4 первых молочных моляра. По линии дуги верхней челюсти с правой стороны латеральный резец смещен медиально, коронка видна частично, и корень зуба располагается небо (рис. 2). Между центральными резцами определяется диастема. С учетом развития зубов и по данным микрофокусной рентгенографии примерный возраст индивида был определен как 2 года \pm 8 мес по шкале развития современных детей [11]. И это не противоречит заключению о состоянии швов на черепе в затылочной области.

Однако, как и наши предшественники, мы обратили внимание на большую площадь лобного родничка, что не отражает определенных нами биологический возраст по другим признакам на черепе. К сожалению, плохая сохранность объекта в момент раскопок и проведенные по необходимости реставрационные работы в этой части черепа закрыли края отверстия мастикой, что не дает возможности точно оценить, в каком месте край родничка *originali osse*, а в каком лишь следствие реставрации посмертного разрушения. Если опираться на замечание М.М. Герасимова, что площадь родничка после реставрации объекта при-

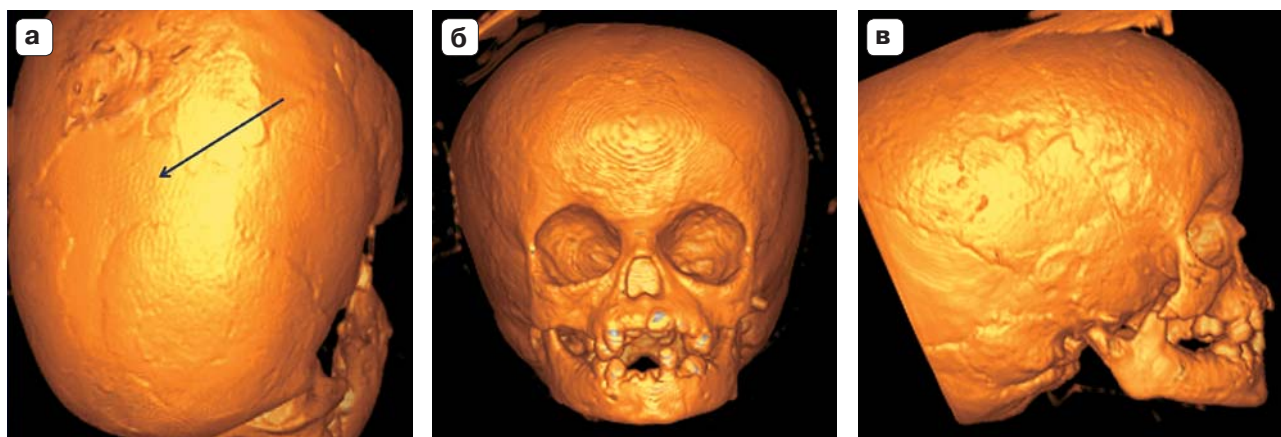
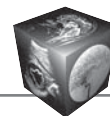


Рис. 3. КЛК-томограммы черепа ребенка мустьерского времени из пещеры Староселье, 3D-реконструкция. а – косоаксиальная проекция; б – прямая проекция; в – боковая проекция справа.

мерно соответствует его оригинальным размерам [6], то тогда, судя по размерам наблюдаемого родничка, можно предположить возраст ребенка около 1,5 лет. Таким образом, ребенок может быть младше того возраста, что мы определили по степени развития зубов.

При более детальном анализе возраста индивида останков черепа и нижней челюсти использовалась КЛКТ. В ходе анализа мультипланарных реконструкций в области переднего родничка удалось оценить, что примерно четвертая часть лобной кости демонстрирует оригинальный край, остальные части отреставрированы на большей площади. Однако даже этот сохранившийся оригинальный фрагмент подтверждает, что у индивида родничок не был закрыт (рис. 3, а), хотя его площадь была меньше, чем было зафиксировано посмертно.

По данным томографии отмечаются крупные кости свода черепа, более крутые формы лба, большие размеры входа в глазницу, определяются выраженная гипоплазия височных отростков скуловых костей и скуловых отростков височных костей (посмертное отсутствие скуловых дуг с двух сторон), покатая форма глазничного края, небольшие размеры сосцевидных отростков, уплощение тела нижней челюсти с формированием широкой зубной дуги (рис. 3).

При анализе результатов КЛКТ верхней челюсти выявлено отсутствие зачатков постоянных зубов (центрального резца справа, клык слева), признаков минерализации премоляров и бугров первых моляров. Обнаружено нарушение положения латерального резца справа, который расположен вне зубной дуги со смещением коронки небо.

При анализе результатов КЛКТ нижней челюсти были выявлены дистопия зачатков постоянных

зубов, отсутствие зачатка центрального правого резца (прослеживается широкая лунка). Зачатки центрального резца слева и латерального резца справа развернуты по оси на 90°. Зачаток постоянного латерального резца слева на нижней челюсти имеет косовертикальное положение с наклоном в дистальную сторону и прилежит к задней поверхности корня латерального молочного резца. Зачаток клыка справа имеет неправильное положение: коронка направлена вниз и дистально. Зачаток первого моляра справа направлен дистально вверх. Признаков минерализации коронок постоянных премоляров зубов не обнаружено (рис. 4).

По данным томографического исследования выявлено, что у ребенка первые молочные моляры находятся в зубном ряду, корни на стадии незакрытых верхушек; вторые молочные моляры – на стадии прорезывания, корни на начальной стадии формирования. Постоянные моляры расположены в толще костной ткани, корни на стадии формирования (см. рис. 4).

Коронки зубов вторых молочных моляров крупнее, чем первые молочные моляры, зачатки частично расположены в толще костной ткани. В теле нижней челюсти ребенка на уровне второго мо-

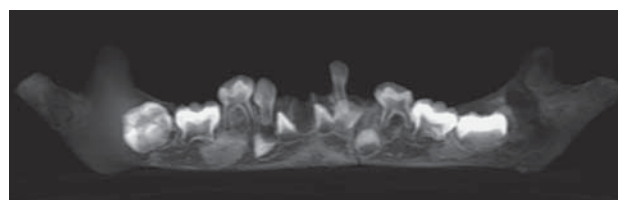


Рис. 4. КЛК-томограмма нижней челюсти палеолитических останков ребенка из пещеры Староселье, панорамная реконструкция.

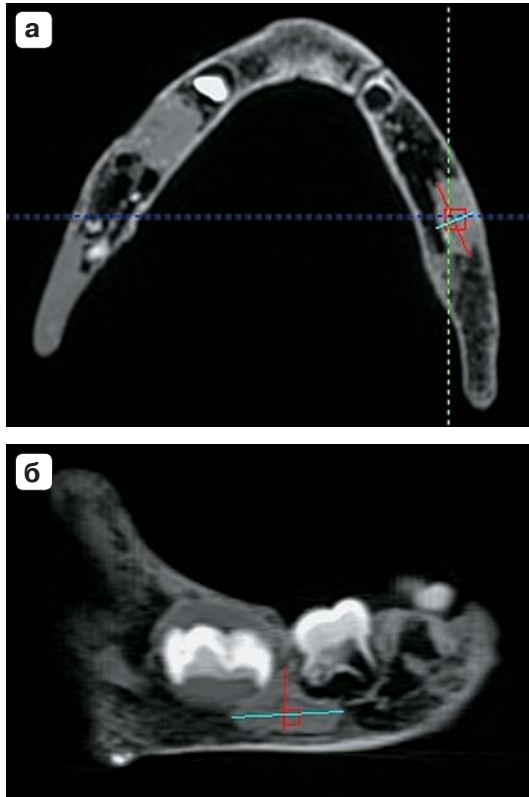
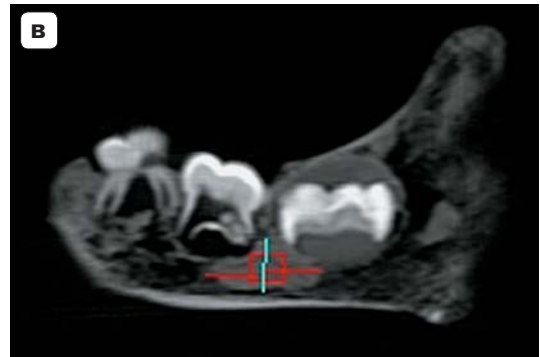


Рис. 5. КЛК-томограммы с мультипланарной реконструкцией нижней челюсти останков ребенка из Староселья. а – аксиальная проекция; б – кососагиттальная проекция справа; в – кососагиттальная проекция слева. В толще костной ткани с обеих сторон на уровне зубов отмечаются округлые плотные образования с ровными и четкими контурами размером $10,2 \times 6,1 \times 5,5$ мм – слева и $9,8 \times 7,3 \times 6,8$ мм – справа. Возможно, посмертная контаминация.



лочного моляра и зачатков первого постоянного моляров слева, а также на уровне первого и второго молочных моляров справа обнаружены образования округлой формы с четкими и ровными контурами, плотность которых выше окружающей кости (вероятно, посмертные контаминации). Нижнечелюстной канал на уровне образований оттеснен книзу и орально (рис. 5).

Таким образом, детализация признаков состояния зубочелюстной системы и челюстно-лицевой области по данным КЛКТ позволяет предположить возраст индивида в пределах $1,5$ года \pm 5 мес. В результате постпроцессорной обработки изображений КЛКТ реконструированная площадь родничка не противоречит полученным результатам.

Закключение

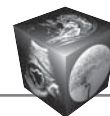
В результате проведенного анализа фрагментов черепа и нижней челюсти КЛКТ позволила оценить состояние костных останков, определить структуры кости и выявить патологии зубов. Применение КЛКТ дает возможность пространственного представления объекта и благодаря высокому разрешению возможно оценить структуру костной, а также особенности строения зубочелюстной системы с определением биологического

возраста ребенка. Останки ребенка из Староселья демонстрируют незначительные индивидуальные отклонения в онтогенезе, которые нельзя назвать патологическими. Безусловно, асимметрия базальной части черепа, некоторые аномалии развития зубов свидетельствуют о неких генетических особенностях индивидуума.

Как показали специальные палеоантропологические исследования, ребенок из Староселья представляет собой ископаемую форму человека, характеризующуюся некоторыми архаичными особенностями, прежде всего по показателям черепа [11]. Анализ интенсивности роста неандертальцев, ископаемых сапиенсов и современного человека позволяет заключить, что по большинству измерительных признаков лицевого отдела череп из Староселья более схож с неандертальцами, чем с современным человеком, а по признакам других отделов "старосельцу" свойствен особый тип роста. Представленные наблюдения подтверждают индивидуальные особенности роста и развития изученного индивидуума, полученные методом КЛКТ.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов в данной публикации

**Работа частично выполнена
в рамках проекта РФФИ №13-06-12035**



Список литературы

1. Алексеева Т.И. К находке детского скелета в пещере Староселье близ Бахчисарая (1953 г.). *Росс. археол.* 1997; 3: 175–180.
2. Бужилова А.П., Березина Н.Я., Селезнева В.И. Новые находки из коллекции Рохлина: рентгенологический анализ образцов из палеопатологического фонда МАЭ РАН. Электронная библиотека Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН. http://www.kunstkamera.ru/lib/rubrikator/08/08_02/978-5-88431-238-8
3. Васильев А.Ю., Буланова И.М., Бужилова А.П. и др. Микрофокусная рентгенография и спиральная рентгеновская компьютерная томография в распознавании изменений костной ткани у древних людей. *Казан. мед. журн.* 2010; 1: 44–48. <http://cyberleninka.ru/article/n/mikrofokusnaya-rentgenografiya-i-spiralnaya-rentgenovskaya-kompyuternaya-tomografiya-v-raspoznavanii-izmeneniy-kostnoy-tkani-u>.
4. Бужилова А.П., Потрахов Н.Н., Потрахов Е.Н., Грязнов А.Ю. Анализ маркеров эпизодического стресса методом микрофокусной рентгенографии (по антропологическим материалам эпохи каменного века). *Биотехносфера.* 2013; 2(26): 7–14.
5. Макарова Д.В. Новые возможности методов лучевой диагностики в антропологии: Материалы VI международной конференции: "Невский радиологический форум-2013". Санкт-Петербург, 2013. 318.
6. Герасимов М.М. Условия находки костей ребенка в пещере Староселье: извлечение, консервация и реставрация их. *Советская этнография.* 1954; 1: 22–26.
7. Медникова М.Б. Кисть сунгирца (новые данные о строении трубчатых костей). *Вестн. Моск. ун-та. Серия XXIII. Антропология.* 2012; 4: 4–17. http://www.antropos.msu.ru/vestnic/12_4.html
8. Васильев А.Ю., Блинов Н.Н. (мл.), Егорова Е.А. и др. Возможности применения современных методов лучевой диагностики в антропологии: Материалы научно-практической конференции: "Поволжские чтения". Саратов, 2013: 12–13.
9. Gvozdover M.D., Kharitonov V.M., Allsworth-Jones P., Housley R.A. AMS dates from Formozov's excavations at Starosel'e in the Crimea. *Cambridge Archaeological J.* 1996; 6 (1): 139–149.
10. Формозов А.А. Стоянка Староселье близ Бахчисарая – место находки ископаемого человека. *Советская этнография.* 1954; 1: 11–21.
11. Харитонов В.М., Бужилова А.П., Сухова А.В. Опыт онтогенетического анализа на примере мустьерского ребенка из Староселья (Западный Крым). *Вестн. Моск. ун-та. Серия 23. Антропология.* 2013; 2: 4–16.

References

1. Alekseeva T.I. By the discovery of child skeleton in a cave Staroselie near Bakhchisarai (1953). *Rossiyskaya archeologiya.* 1997; 3: 175–180. (In Russian)
2. Buzhilova A.P., Berezina N.Ja., Selezneva V.I. New findings from the collection of Rokhlin: roentgenological analysis of samples from the Paleopatological Fund of MAE RAS. Electronic library of Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) RAN. http://www.kunstkamera.ru/lib/rubrikator/08/08_02/978-5-88431-238-8/ (In Russian)
3. Vasilev A.Ju., Bulanova I.M., Buzhilova A.P. et al. Microfocus radiography and spiral x-ray computed tomography in recognition of changes of bone tissue of ancient people. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal.* 2010; 1: 44–48. <http://cyberleninka.ru/article/n/mikrofokusnaya-rentgenografiya-i-spiralnaya-rentgenovskaya-kompyuternaya-tomografiya-v-raspoznavanii-izmeneniy-kostnoy-tkani-u> (In Russian)
4. Buzhilova A.P., Potrahov N.N., Potrahov E.N., Grjaznov A.Y. Analysis of markers of episodic stress by microfocus X-ray (on anthropological material of the Stone Age). *Biotechnosfera.* 2013, 2 (26): 7–14. (In Russian)
5. Makarova D.V. New opportunities of radiodiagnostics in anthropology: *Mat. Materials VI of the international conference: "The Nevsky radiological forum-2013"*. St. Petersburg, 2013: 318. (In Russian)
6. Gerasimov M.M. Terms of finds of bones of the child in a cave Staroselie: extraction, preservation and restoration of their. *Sovetskaya ethnographiya.* 1954; 1: 22–26. (In Russian)
7. Mednikova M.B. The sungirc's brush (new data about structure of tubular bones) *Moscow. Vestnik Moskovskogo universiteta. Vol. XXIII. Antropologiya.* 2012; 4: http://www.antropos.msu.ru/vestnic/12_4.html (In Russian)
8. Vasilev A.Ju., Blinov N.N. (Jr.), Egorova E.A. et al. Application opportunities of modern x-ray diagnostics in anthropology. *Materials of scientific and practical conference: "Volga region readings"*. Saratov, 2013: 12–13. (In Russian)
9. Gvozdover M.D., Kharitonov V.M., Allsworth-Jones P., Housley R.A. AMS dates from Formozov's excavations at Starosel'e in the Crimea. *Cambridge Archaeological J.* 1996; 6 (1): 139–149.
10. Formozov A.A. Stoyanka Staroselya near Bakhchisarai – the place of discovery of fossil man. *Sovetskaya ethnographiya.* 1954; 1: 11–21. (In Russian)
11. Haritonov V.M., Buzhilova A.P., Suhova A.V. Experience ontogenetic analysis on the example of a child from the Mousterian Staroselie (Western Crimea). *Bull. Moscow University. Vol. 23. Anthropology.* 2013; 2: 4–16. (In Russian)