

МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОСТЕЙ И БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ ЛЮДЕЙ С СУНГИРСКОЙ СТОЯНКИ

М.В. Добровольская, М.Б. Медникова

Институт археологии РАН, Москва

Использование современных инструментальных и концептуальных подходов к определению биологического возраста индивидов из погребений эпохи верхнего палеолита – актуальная задача в современной антропологии. Объектом данного исследования стали трубчатые кости взрослых мужчин эпохи верхнего палеолита (№ 1 и 4) из всемирно известных погребений на стоянке Сунгирь. Благодаря использованию методик определения возраста по гистологической структуре компактной костной ткани диафизов трубчатых костей, получены новые определения возраста индивидов. Биологический возраст обоих мужчин находится в рамках 35-44 года.

Ключевые слова: антропология, палеоантропология, верхний палеолит, стоянка Сунгирь, гистологический возраст, световая и рентгеновская микроскопия

Введение

Стоянка эпохи раннего верхнего палеолита Сунгирь по праву относится к объектам мирового археологического наследия. В 1964 и 1969 г. экспедицией Института археологии АН СССР (сегодня ИА РАН) под руководством профессора О.Н. Бадера на окраине современного города Владимира, в 192 километрах от Москвы были открыты захоронения нескольких человек. До сих пор сунгирские погребения не имеют аналогов благодаря исключительному богатству погребального инвентаря и сложности ритуальных действий.

Мужское погребение в могиле 1 (Сунгирь 1) было выполнено с особой тщательностью, что, несомненно, способствовало необычайно полной сохранности скелетных останков этого человека. Умерший был похоронен в одежде, расшитой тысячами бус из мамонтового бивня, его могила была засыпана охрой.

Останки другого мужчины (Сунгирь 4), происходящие из могилы 2, представлены единственным костным фрагментом центральной части диафиза левой бедренной кости, полость которой была заполнена охрой. Следы залощенности на краях фрагмента позволяют с уверенностью судить о регулярном использовании этого «футляра». Фактически эта кость представляет собой артефакт – один из элементов богатого погребального инвентаря из двойного захоронения детей

Сунгирь 2 и 3 в могиле 2. Различные интерпретации причин использования середины диафиза кости человека практически недоказуемы в рамках сегодняшних инструментальных возможностей археологии. Но несомненно, что фрагмент левой бедренной кости этого человека имел особую ценность для данной группы верхнепалеолитических охотников. Он использован в культовых целях и, по-видимому, много значил в загробном существовании детей Сунгирь 2 и 3.

Один из стандартных вопросов, на которые необходимо ответить антропологу при описании любого палеоантропологического материала, каковы пол и возраст индивида? В этом отношении, на наш взгляд, далеко не исчерпаны возможности определения биологического возраста по специфике гистологической структуры скелетных фрагментов.

Определение гистологического возраста – один из методов оценки биологического возраста, применяемых в палеоантропологии и криминалистической экспертизе [обзоры: Козловская, 1998, 2000]. Все они состоят в оценке признаков остеонного и ламеллярного строения компактной костной ткани. В компактной костной ткани диафизов длинных трубчатых костей основная микроскопическая структура – остеон (Гаверсова система), обеспечивающая повышенную прочность кости человека. Их трансформации начинаются еще в периоде детства и продолжаются до старости.

В диафизе растущей кости на внешней поверхности сначала откладываются слои костных пластинок (ламелл), и лишь потом формируются остеоны.

Микроморфологические исследования скелетных тканей ископаемых форм человека долгое время были редки, так как они традиционно сопряжены со сложными лабораторными исследованиями и трудоемкой пробоподготовкой, а также необходимостью значительного разрушения кости.

Особенно важно отметить, что традиция изучения эволюционных аспектов микроанатомии скелетной системы была заложена профессором Московского университета Е.Н. Хрисанфовой. В частности, ею предпринято первое подробное описание гистологического строения трубчатых костей индивидов из погребений Сунгиря и из Романково [Хрисанфова, 1984]. Следующим обращением к изучению остеонной структуры бедренных костей этих двух индивидов стало исследование, результаты которого опубликованы в коллективной монографии «*Homo sungirensis*» [Козловская, 2000]. Здесь впервые данные гистологического строения были использованы для оценки биологического возраста индивидов. Качество полученных изображений позволило прийти к выводу о том, что «возраст мужчины из могилы 1 был зрелым (*maturus 1*)» [там же, с. 56], и что возраст индивида, представленного изолированным бедром, также предшествует периоду начала активных постдефинитивных изменений.

Недавно нами была использована световая и растровая электронная микроскопия костей ювенильных неандертальцев из пещеры Окладникова, что позволило выявить своеобразие возрастных изменений в скелетной системе представителей архаической морфологии [Dobrovolskaya, Mednikova, 2011a, б; Добровольская, Медникова, 2012]. Ключевым аспектом этой работы стало определение гистологического возраста и его сопоставление с величинами, полученными по другим системам возрастной диагностики. У ребенка 7–9 лет нами были выявлены масштабные процессы ремоделирования в периферической зоне кортекса бедренной кости, что характерно для взрослого современного человека.

Ранее Д. Томпсон и Э. Тринкаус опубликовали индивидуальные определения возраста у взрослых неандертальских индивидов Шанидар 3, 4, 5 и 6 по гистологическим препаратам диафизов бедренных костей [Thompson, Trinkaus, 1987]. Авторы подчеркивают, что расхождений в возрастах по макроскопическим и микроскопическим

параметрам нет. Позже были сделаны гистологические определения возраста индивидов по фрагментам большеберцовых костей из Боксгров и Шанидар 2 [Streeter, et al., 2001]. М. Шульц исследовал гистологические препараты трех костей (ключица и две локтевые кости) из пещеры Крапина [Schultz, 1999]. Им были отмечены поротические изменения на ключице и одной из локтевых костей, которые исследователь связывает с возрастными дегенеративными процессами. Вопросы более точных определений возраста в публикации не затронуты.

Дж. Савада с коллегами (Университет Тохоку, Япония) провел гистологическое определение возраста ребенка неандертальца из Дедериех (Сирия) [Sawada et al., 2004].

Описания микроморфологических особенностей остеонного строения компактной костной ткани были также применены в изучении переотложенного фрагмента плечевой кости с острова Хорошевского близ Хвалынска [Ископаемый Homo... 2008]. Целью этих работ было описание своеобразия физиологического статуса индивида, реконструкция особенностей его гормональной активности. Отметим, что все эти исследования были осуществлены с использованием классических методов гистологии, которые требуют изготовления тонкого прозрачного шлифа или аншлифа.

Последние годы открыли возможность для апробации новых инструментальных возможностей в палеогистологии. Возникли перспективы неструктивного изучения уникальных ископаемых находок с помощью радиологических методов [Mednikova, Dobrovolskaya, Viola et al., 2013a, b; Медникова, Добровольская, Виола, 2013]. Резко возросло качество получаемых изображений, точность измерения остеонов и более тонких структур с помощью нового программного обеспечения. Наконец, усовершенствовались стандартные гистологические методики определения биологического возраста, которые разработаны на основе документированных современных материалов [Maat, Aereents, Nagelkerke, 2005].

Таким образом, технологические достижения открывают возможность повторного рассмотрения уже изученных ранее образцов. В фокусе внимания нашей работы – особенности гистологического возраста у двух взрослых мужчин, останки которых были найдены в могилах 1 и 2 стоянки Сунгирь, на протяжении десятилетий привлекающие внимание исследователей, включая недавние работы.

Материал

На первом этапе нашего исследования мы использовали прозрачные неокрашенные шлифы поперечных срезов левых бедренных костей индивидуумов Сунгирь 1 и 4, сохранившиеся в архиве Л.Д. Сулержицкого. Мы предполагаем, что это те шлифы, с которыми работала Е.Н. Хрисанфова.

Другим объектом исследования стала медиальная фаланга второго луча правой кисти мужчины Сунгирь 1.

Методика

Шлифы бедренных костей С1 и С4 были обследованы на конфокальном флуоресцентном микроскопе CorrSight. Остеоны и Гаверсовы каналы измерялись с помощью программного обеспечения этого прибора.

Гистологические особенности мелкой трубчатой кости – фаланги С1 – исследованы неdestructивным способом, методом рентгеновской микроскопии, на оборудовании фирмы XRADIA и с использованием соответствующего программного обеспечения.

При оценке биологического возраста применен метод, разработанный в Медицинском центре Лейденского университета (Нидерланды) группой исследователей во главе с профессором Дж. Маатом [Maat, Aerents, Nagelkerke, 2005]. Он основан на вычислении доли неостеонизированной ламеллярной площади костной ткани на поперечном сечении через середину диафиза бедренной кости. В работе голландских гистологов средние процентные величины неостеонизированной костной ткани были определены на 162 шлифах, у мужчин, женщин и детей в возрасте от 5 до 90 лет.

Для подсчетов по этой методике выбирают участки костной ткани, наименее подверженные влиянию локальных механических воздействий, сопряженных с сокращением конкретных мышц, т.к. иначе будет оцениваться степень влияния конкретной мышцы на костные перестройки. Этому требованию отвечает фронтальная зона середины диафиза бедренной кости, так что методика в полном объеме была применима к образцам С1 и С4.

Подсчеты степени остеонизации медиальной фаланги С1 производились на виртуальном гистологическом срезе через середину дорзальной компакты. Учитывая небольшие размеры этой трубчатой кости, для этого образца была применена

модификация методики голландских авторов, заключающаяся в использовании поля 5x5 мм.

Результаты

Согласно полученным для современного человека данным, к 30 годам примерно 50% костной ткани в периферической зоне затронуты формированием остеонов, к 50 годам остается около 28%, к 60 – около 20%, а к 70 – около 10% [Maat, Aerents, Nagelkerke, 2005]. Основываясь на этой методике, мы определили долю неостеонизированной ткани в периферической зоне передней компакты бедренной кости индивида Сунгирь 4 как 38%, что соответствует возрасту около 40 лет (рис. 1).

Процент неостеонизированной ткани передней компакты бедра индивида С1 не может быть посчитан, так как утрачены наиболее информативные участки периферического слоя, а величины, которые удается получить при подсчете имеющих участков, приближаются к 80%, что явно контрастирует с отсутствием проявлений возрастных изменений, проявляющихся в преобладании процессов резорбции и активности остеокластов (рис. 2).

Поэтому важность приобретает гистологическая характеристика фаланги С1 (рис. 3). На виртуальном гистологическом срезе кости кисти С1 размеры остеонов варьируют в пределах 100–260 микрометров. Напомним, что диаметры Гаверсовых систем бедренной кости варьируют в пределах 160–320 микрометров. Таким образом, при общей тенденции к присутствию мелких остеонов в более мелкой морфологической структуре, можно констатировать значительное перекрытие размерных диапазонов. Средняя доля неостеонизированной ткани по трем полям изменений у Сунгирь 1 составляет около 38%.

Таким образом, биологический возраст, определенный на основании степени остеонизированности периферических участков кортекса обоих индивидов примерно одинаков и не может значительно превышать 40 лет.

Обсуждение

Как отмечалось выше, изучение гистологической структуры костной ткани индивидов из сунгирских погребений было заложено Е.Н. Хрисанфовой. В своей работе «Посткраниальный скелет взрослого мужчины Сунгирь 1. Бедренная кость

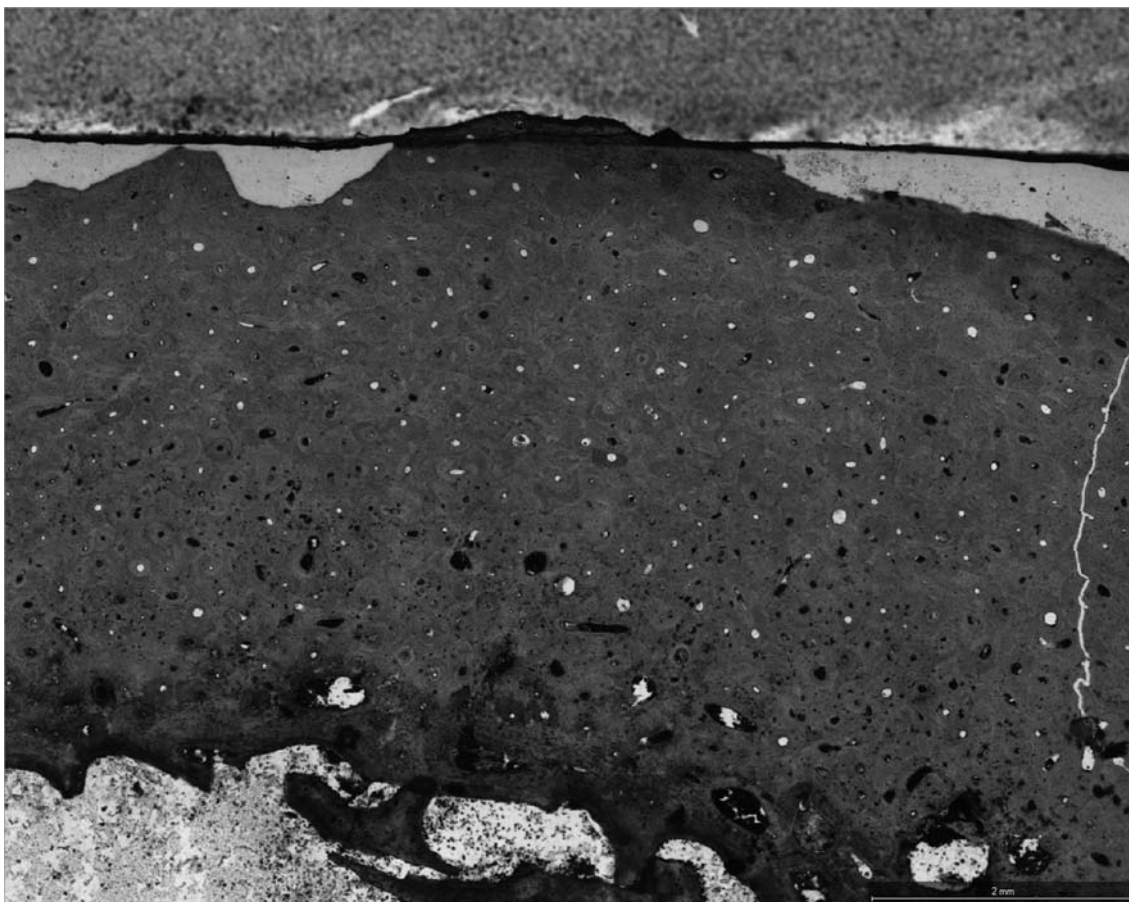


Рис. 1. Гистологическая картина строения передней стенки левой бедренной кости мужчины Сунгирь 4 на уровне середины диафиза

Сунгирь 4», которая является разделом сборника «Сунгирь. Антропологическое исследование» [Хрисанфова, 2004], ею опубликованы разнообразные метрические данные – результаты изучения тонких прозрачных шлифов из середины диафиза бедренных костей индивидов С1 и С4. В ходе исследования были получены данные о наибольшем диаметре остеонов передней, задней, латеральной и медиальной компак, а также средние арифметические по всем четырем частям диафиза. Наибольший диаметр остеона у сунгирца С1 варьирует в пределах от 185 до 263 микрометров, в то время как у индивида С4 – от 267 до 293 микрометров. Изменчивость размеров остеонов внутри одного диафиза этих двух людей находится в рамках индивидуальной изменчивости современного человека. Однако в данной пионерской работе не определены зоны, в которых проводились подсчеты (периферия, центр, перимедулярная область), а это существенно влияет на средние размеры остеонов. Поэтому, к сожалению,

мы лишь отчасти можем использовать результаты исследований, проведенных Е.Н. Хрисанфовой. Для нас сегодня важно то, что Елена Николаевна отметила два обстоятельства:

1. Сложность использования метрических данных по остеонным структурам для таксономических выделений.
2. Своеобразии остеонной структуры изолированной бедренной кости Сунгирь 4, которое проявляется в более крупных размерах Гаверсовых систем.

Мы также подтверждаем существенные различия в остеонной структуре кортекса диафиза бедра мужчин С1 и С4. Очевидно, что это своеобразие должно обсуждаться в контексте специфики гормонального статуса индивидов.

Одной из проблем, затруднившей определение индивидуального биологического возраста мужчины С1, был разрушенный периферический слой костной ткани бедренной кости. Для нас это стало одной из причин вернуться к определению

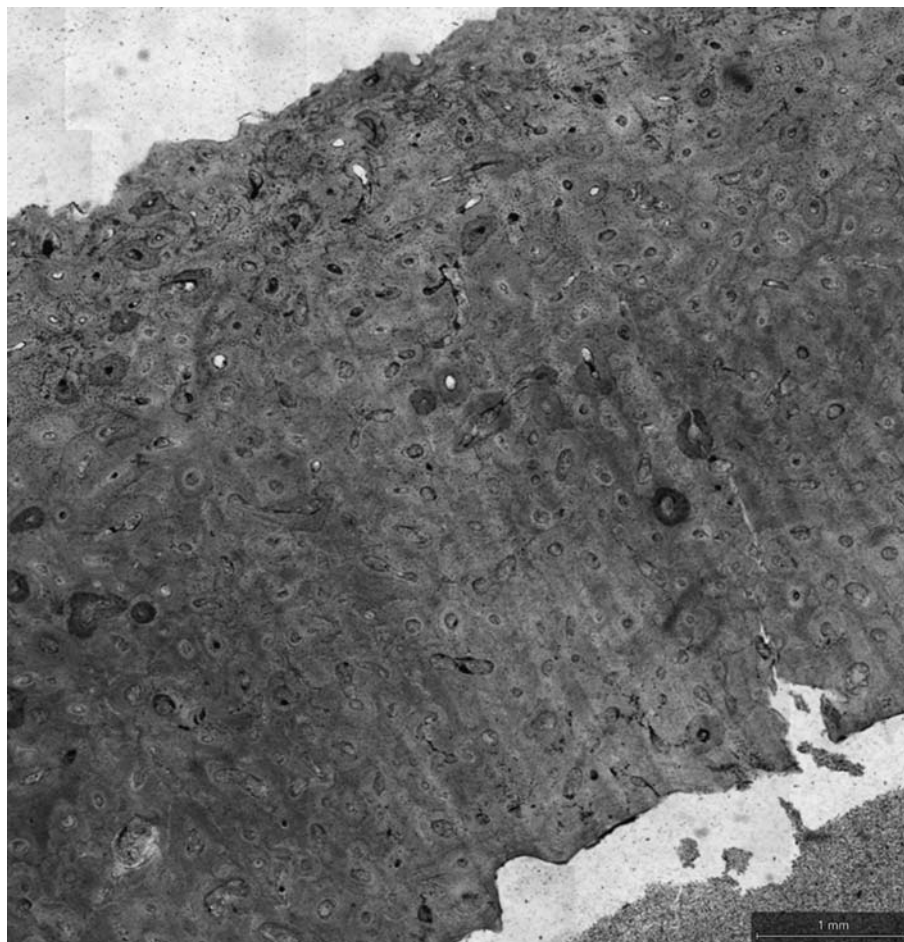


Рис. 2. Гистологическая картина строения передней стенки левой бедренной кости мужчины Сунгирь 1 на уровне середины диафиза. Периферическая область шлифа разрушена

биологического возраста индивида с использованием других отделов скелета и неинвазивных методик. В итоге, гистологический возраст этого сунгирца соответствует примерно 40 годам.

Напомним, что по первоначальной оценке Г.Ф. Дебеца [Дебеч, 1967, с. 160], состояние черепных швов Сунгирь 1 соответствовало возрасту 55–65 лет. В.В. Бунак [Бунак, 1973, с. 3], по состоянию швов и зубов оценил его возраст как «позднюю зрелость». Другие исследователи отмечали зрелый возраст этого человека, причем по разным системам признаков исключались старческие дегенеративные изменения [Бужилова, Козловская, Медникова, 2000, с. 56]. Наконец, недавнее наиболее дифференцированное рассмотрение возрастных маркеров свидетельствует, что сунгирец скончался в промежутке от 35 до 45 лет [Trinkaus et al., 2014, p. 76]. Наши новые данные целиком соответствуют заключению, сделанному в этой последней работе.

Выводы

Применение современного микроскопического оборудования и программного обеспечения позволило нам уточнить параметры биологического возраста двух взрослых индивидуумов с верхнепалеолитической стоянки Сунгирь. Мужчины С1 и С4 оказались ровесниками, принадлежавшими к старшей для этой эпохи возрастной категории (около 40 лет).

Наш опыт показывает перспективность применения неинвазивного метода рентгеновской микроскопии в изучении уникальных ископаемых находок. В случае неполной сохранности мелкие трубчатые кости скелета могут служить «заменой» длинным костям, например, бедренным, для которых разработаны стандартные методы диагностики биологического возраста.

Итак, может быть констатировано сходство биологического возраста этих двух мужчин со стоянки Сунгирь, останки которых играли столь важную роль в духовной жизни верхнепалеолитического социума.

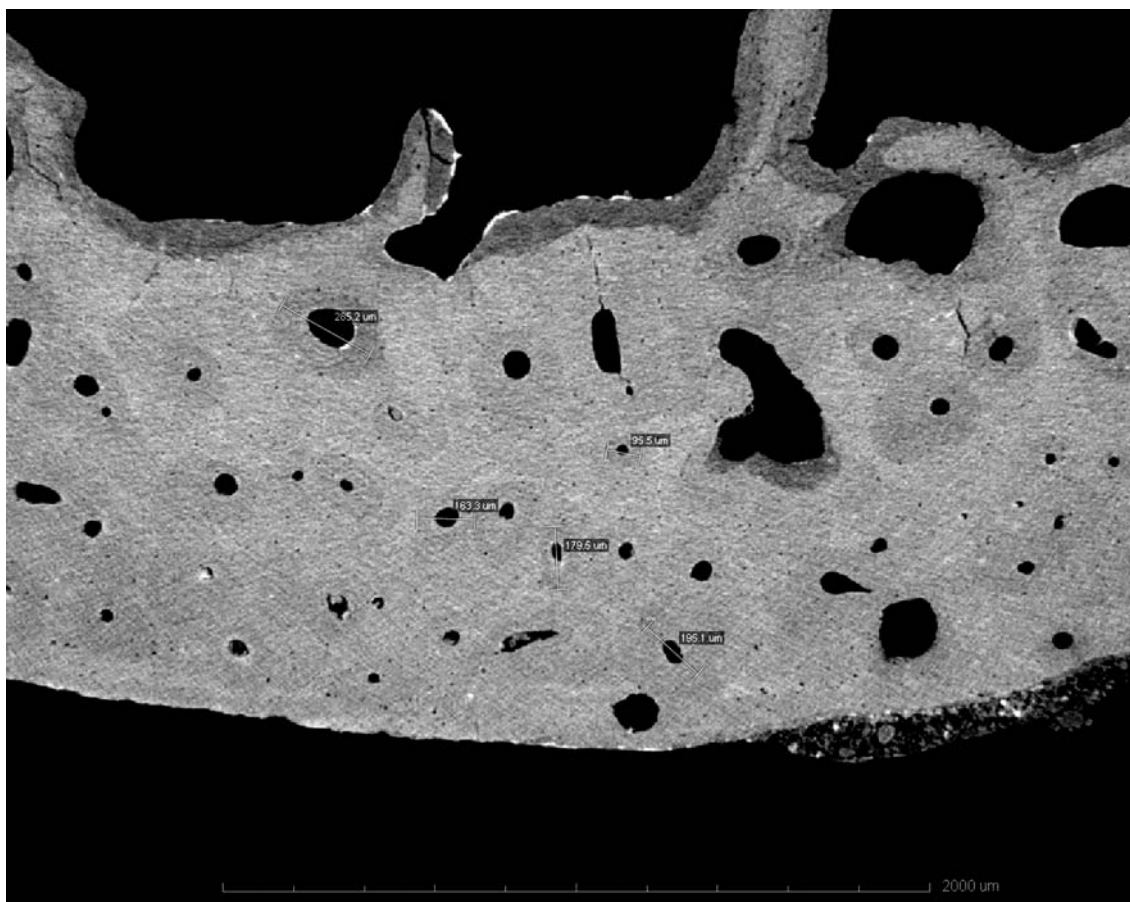


Рис. 3. Виртуальный гистологический срез через дорзальную стенку диафиза медиальной фаланги Сунгирь 1. Приведены диаметры Гаверсовых систем

Благодарность

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ 13-06-1224 офим: «Эволюция евразийских Ното в эпохи среднего и верхнего палеолита (недеструктивная микроскопия и физико-химические методы исследования фрагментарных антропологических находок)».

Библиография

Бужилова А.П., Козловская М.В., Медникова М.Б. Сунгирь 1. // *Ното sungirensis*: Верхнепалеолитический человек: экологические и эволюционные аспекты исследования / Отв. ред. Т.И. Алексеева, Н.О. Бадер. М.: Научный Мир, 2000. С. 54–56.

Ископаемый Ното из Хвалынского / Отв. ред. М.Б. Медникова, М.В. Добровольская, А.П. Бужилова, М.: Таус, 2008. 72 с.

Бунак В.В. Ископаемый человек из стоянки Сунгирь 1 и его место среди других ископаемых позднего палеолита

та // IX междунар. конгресс антропол. и этнограф. наук. Чикаго, 1973. С. 117.

Дебец Г.Ф. Скелет верхнепалеолитического человека из погребения на сунгирской стоянке // *Советская археология*, 1967. № 3. С. 6.

Добровольская М.В., Медникова М.Б. «Взрослые» дети неандертальцев: гистологическое исследование ювенильных индивидов из пещеры Окладникова // *Фундаментальные проблемы археологии, антропологии и этнографии Евразии: к 70-летию академика А.П. Деревянко*. Новосибирск: Издательство Института археологии и этнографии СО РАН, 2013. С. 523–537.

Козловская М.В. Гистологические особенности бедренной кости Сунгирь 4 // *Ното sungirensis*: Верхнепалеолитический человек: экологические и эволюционные аспекты исследования / Отв. ред. Т.И. Алексеева, Н.О. Бадер. М.: Научный Мир, 2000. С. 325–326.

Медникова М.Б., Добровольская М.В., Виола Б., Лавренко А.В., Казанский П.Р., Шкловер В.Я., Шуньков М.В., Деревянко А.П. Радиологическая микроскопия фаланги руки девочки из Денисовой пещеры // *Археология, этнография и антропология Евразии*, 2013. № 3. С. 120–125.

Хрисанфова Е.Н. Посткраниальный скелет взрослого мужчины Сунгирь 1 // *Сунгирь. Антропологическое*

- исследование / Отв. ред. А.А. Зубов. М.: Наука, 2004. С. 100–140.
- Abbott S., Trinkaus E., Burr D.B. Dynamic bone remodeling in later Pleistocene fossil hominids // *Amer. J. Physical Anthropol.*, 1996. Vol. 99, N 4. P. 585–601.
- Cattaneo C., Craig O.E., James N.T., Skol R.J. Determining the human origin of fragments of burnt bone: a comparative study of histological, immunological and DNA techniques // *Forensic Science International*, 1999. Vol. 102. P. 181–191.
- Dittmann K. Histomorphometric investigations on the bone microstructure of primates and domesticated animals with the aim of species identification with consideration of the domestication effects // *Anthropologischer Anzeiger*, 2003. Vol. 61. P. 175.
- Dobrovolskaya M., Mednikova M. Histomorphometric study of juvenile humerus and femurs from Okladnikov Cave Neanderthals // Characteristic features of the Middle to Upper Palaeolithic Transition in Eurasia / A.P. Derevianko, M.V. Shunkov (eds.). Novosibirsk, IAET SB RAS, 2011a. P. 75–80.
- Dobrovolskaya M., Mednikova M. Microanatomical investigation of South Siberian Neanderthals // Abstracts of Meeting of European Society of the Study of Human Evolution, Leipzig 23-24 September, 2011b. P. 27.
- Maat G.J.R., Aarents M.J., Nagelkerke N.J.D. Age prediction from bone replacement. Remodeling of circumferential lamellar bone tissue in the anterior cortex of the femoral shaft of present Dutch population // *Barge's Anthropologica*. Leiden, 2005. N 10. 67 p.
- Mednikova M.B., Dobrovolskaya M.V., Buzhilova A.P., Kandinov M.N. A fossil human humerus from Khvalynsk: morphology and taxonomy // *Archaeology Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2010. Vol. 38 (1). P. 102–117.
- Mednikova M., Dobrovolskaya M., Viola B., Shunkov M., Derevianko A. Denisovan girl manual phalanx: developmental age and patterns of bone formation from x-ray volumetric microscopy // Abstracts of 3rd Annual Meeting of European Society for the study of human evolution, Vienna, 19-21 Sept. 2013. Vienna, 2013. P. 151.
- Mednikova M.B., Dobrovolskaya M.V., Viola B., Lavrenyuk A.V., Kazansky P.R., Shklover V.Y., Shunkov M.V., Derevianko A.P. A micro computerized tomography (X-ray microscopy) of the hand of the Denisova girl // *Archaeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia*, 2013. Vol. 41 (3). P. 120–125.
- Ramsay H.L., Weaver D.S., Seidler H. Bone histology in the Le Moustier Neanderthal child // *The Neanderthal Adolescent Le Moustier 1. New Aspects, New Results* / H. Ullrich (ed.). Berliner Beitrage zur Vor- und Fruhgeschichte, N.F. Berlin, 2005. Bd. 12. P. 282–292.
- Schultz M. Microscopic investigation in Fossil Hominoidea: a clue to taxonomy? Functional anatomy/ and history of diseases // *The anatomical record (New Anatomist)*, 1999. Vol. 257. P. 225–232.
- Streeter M., Stout S.D., Trinkaus E., Stringer C.B., Roberts M.B., Parfitt S.A. Histomorphometric age assessment of Boxgrove 1 tibial diaphysis // *J. Human Evolution*, 2001. Vol. 40(3). P. 331–338.
- Thompson D.D., Trinkaus E. Femoral diaphyseal histomorphometric age determinations for the Shanidar III, IV, V and VI Neanderthals and Neanderthal longevity // *Amer. J. Physical Anthropol.*, 1987. Vol. 72. P. 123–129.
- Trinkaus E., Buzhilova A.P., Mednikova M.B., Dobrovolskaya M.V. The People of Sunghir. Burials, Bodies, and Behavior in the Earlier Upper Paleolithic. Oxford University Press, 2014. 420 p.
- Sawada J., Kondo O., Nara T., Dodo O., Akazawa T. Bone histomorphology of the Dederiyeh Neanderthal child // *Anthropological Science*, 2004. Vol. 112. N 3. P. 247–256.

Контактная информация:

Добровольская Мария Всеволодовна: e-mail: mk_pa@mail.ru;
Медникова Мария Борисовна: e-mail: medma_pa@mail.ru.

MICROSTRUCTURAL PATTERNS OF BONES AND BIOLOGICAL AGE OF HUMANS FROM SUNGHIR SITE

M.V. Dobrovolskaya, M.B. Mednikova

Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, Moscow

The use of modern technical tools and conceptual approaches to the determination of the biological age of the individuals from the Upper Paleolithic burials is the important problem in modern anthropology. The materials of this study were the tubular bones of the two Upper Palaeolithic males (## 1 and 4) of the world famous burials from Sunghir site. New individual ages have been estimated based on the methods of age determining of the histological structure in compact bone diaphysis of long bones. Biological age of both men is within 35-44 years at death.

Keywords: *anthropology, paleoanthropology, Upper Palaeolithic, Sunghir site, histological age, light and X-ray microscopy*