

DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2026.2.2>

UDC 903.01:903.014

LBC 63.442.12-41

Submitted: 13.05.2025

Accepted: 24.10.2025

IDENTIFICATION OF USE-WEAR TRACES ON SLOTTED EYES OF PALAEOOLITHIC BONE NEEDLES CAUSED BY ANIMAL AND PLANT-DERIVED THREADS: DISCUSSION OF THE RESULTS OF INITIAL EXPERIMENTS

Irina V. Schmidt

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russian Federation

Evgeniy A. Rogachev

Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

Vladimir Yu. Maliy

Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

Anna D. Kerik

Altai State University, Barnaul, Russian Federation

Abstract. Paleolithic needles are well known to the scientific community for their variety of models and practical applications. Needles with an eye attract attention not only because of the method of creating the eye but also due to the traces of wear that aid in their identification. Active experimental work on this topic is well-documented; however, the variability and incomplete reporting of protocols, as well as the subjective nature of result evaluation, prevent meaningful comparison and discussion. An important aspect of such studies is the technical means of recording results, which is not always available to researchers. This paper focuses on presenting a result of skin perforation experiments that has not been previously discussed in detail. The perforation was carried out using needles with a slit eye, equipped with threads of various origins – from tendons and hemp epidermis. These experiments were carried out separately, with the threads not being mixed during the trials. The relief formed on the surface of the hole of the tusk needle in both cases has clear features sufficient to identify the nature of the thread. It was necessary to register the condition of the eyes before the work began and upon its completion. The fixation was carried out at both macro and micro levels. Microscopic images provide greater illustration and convincing evidence. This observation is relevant for both experimental and archaeological materials. In conditions of prolonged deposition, the microrelief of the tusk surface can be preserved. Its study may be useful for addressing issues related to even short-term use wear of bone artifacts. Through the availability of micrographs obtained using a scanning electron microscope, it has become possible to analyze wear markers that previously received little attention from researchers, such as an “adhesive crust,” the features of abrasive zone morphology and topography, and the traces formed by threads of plant and animal origin. The results of the experiment include micrograph-supported conclusions indicating that wear is more pronounced when plant-based thread is used. These threads, even with a small number of perforating strokes, destroy the rough elements of the technical relief. An explanation for this phenomenon is proposed.

Key words: experimental archaeology, tusk needle, use-wear analysis, plant-based thread, tendon thread.

Citation. Schmidt I.V., Rogachev E.A., Maliy V.Yu., Kerik A.D., 2026. Identifikatsiya sledov iznosa proreznogo ushka kostyanyh igl nityami zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya (obsuzhdenie rezul'tatov pervykh eksperimentov) [Identification of Use-Wear Traces on Slotted Eyes of Palaeolithic Bone Needles Caused by Animal and Plant-Derived Threads: Discussion of the Results of Initial Experiments]. *Nizhnevolzhskiy Arkheologicheskiy Vestnik* [The Lower Volga Archaeological Bulletin], vol. 25, no. 2, pp. 26-49. DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2026.2.2>

УДК 903.01:903.014
ББК 63.442.12-41

Дата поступления статьи: 13.05.2025
Дата принятия статьи: 24.10.2025

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СЛЕДОВ ИЗНОСА ПРОРЕЗНОГО УШКА КОСТЯНЫХ ИГЛ НИТЯМИ ЖИВОТНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ)

Ирина Викторовна Шмидт

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, г. Омск, Российская Федерация

Евгений Анатольевич Рогачев

Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация

Владимир Юрьевич Малий

Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация

Анна Дмитриевна Керик

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Российская Федерация

Аннотация. Палеолитические иглы хорошо известны научному сообществу в разнообразии моделей и практического назначения. Иглы со сквозным ушком привлекают внимание не только способом получения отверстия, но и следами его износа, их идентификацией. Активная экспериментальная практика в данной теме, безусловно, известна, но индивидуальность и частичность раскрытия протоколов, субъективность оценок результатов не позволяют провести их сопоставление и обсуждение. Важным аспектом подобных исследований является техническая база регистрации результатов, не всегда доступная исследователям. Предлагаемое сообщение сосредоточено на презентации одного из результатов экспериментов по перфорации шкур, ранее подробно не обсуждавшемся. Перфорация проводилась иглами с прорезным ушком, снабженными нитями различного происхождения – из сухожилий и эпидермы конопли. Данные эксперименты были изолированы, нити не смешивались в ходе практики. Рельеф, сформированный на поверхности отверстия бивневой иглы в обоих случаях, обладает яркими признаками, достаточными для идентификации природы нити. Для этого была необходима регистрация состояния отверстий до начала работы и по ее окончании. Фиксация производилась на макро- и микроуровнях. Большей иллюстративностью и убедительностью обладают микроснимки. Это замечание актуально как для экспериментального, так и, полагаем, археологического материалов. В условиях продолжительного депонирования микрорельеф поверхности бивня способен сохраняться, включая сопровождающие органические микроостатки. Его исследования могут быть полезны для рассмотрения вопросов даже непродолжительной утилизации костяных артефактов. Благодаря наличию микроснимков, полученных при помощи растрового электронного микроскопа, появилась возможность обсуждения ранее не обращавших на себя внимание исследователей таких маркеров износа, как «адгезивная корочка», особенности морфологии и топографии абразивных зон, их признаков, сформированных нитями растительного и животного происхождения. К результатам эксперимента относится иллюстрируемое микроснимками заключение о более ярком проявлении износа в случае использования растительной нити, уничтожающей в условиях незначительного количества перфорирующих движений даже грубые элементы технического рельефа. Предпринято объяснение данного факта.

Ключевые слова: экспериментальная археология, бивневая игла, трасология износа, растительная нить, нить из сухожилия.

Цитирование. Шмидт И. В., Рогачев Е. А., Малий В. Ю., Керик А. Д., 2026. Идентификация следов износа прорезного ушка костяных игл нитями животного и растительного происхождения (обсуждение результатов первых экспериментов) // Нижневолжский археологический вестник. Т. 25, № 2. С. 26–49. DOI: <https://doi.org/10.15688/nav.jvolsu.2026.2.2>

Актуальность исследования

Иглы – один из древнейших инструментов в истории человечества. Существует несколько моделей игл, известных уже в палеолитические времена. Перечень их типов и эволюционная последовательность остаются относительными, каждый год появляются новые находки, предлагающие как типологические варианты этого рода изделий (например: [Sherwood, Forssman, 2024]), так и порядок в типологическом ряду известных материалов, от игл с перехватом до игл с ушком [Stordeur-Yedid, 1979, p. 17; d'Errico et al., 2018; Федорченко, Белоусова, 2021]. Последние появились, очевидно, в финале среднего палеолита (на рубеже перехода к верхнему палеолиту) [d'Errico et al., 2018, p. 72], и на этом стремительное развитие данного типа изделий замедлилось.

Игла с ушком намного удобнее для процедуры протягивания нити, чем любые другие известные модели этого орудия. Технические характеристики нити обладают таким же значением для реконструкции процедур шитья и качества производимых продуктов, как и разнообразие швейного сопроводительного инвентаря. Для шитья и плетения с палеолита использовались нити / волокно разного происхождения. Где-то были необходимы / доступны нити из сухожилий, где-то из растительных волокон, и они могли быть заменяемы относительно конкретной иглы. Растительная нить проста в получении, представлена в более широком ассортименте, чем нить животного происхождения; по прочности, после дополнительной обработки, ни в чем ей не уступает. Но при обсуждении палеолитического шитья исследователи гипотетически рассуждают о нитях животного происхождения (из сухожилий) намного чаще, чем о растительных вариантах, что может озадачить и стать темой исследования. Существуют способы прояснения данного вопроса с опорой на археологические свидетельства [Kvavadze et al., 2009; Cristiani et al., 2012; Чхатарашвили, 2016; Borić, Cristiani, 2019; Hardy et al., 2020; Tortosa et al., 2020], но вероятность встретиться с остатками любой археологизированной нити невысока. Поэтому ответом, хоть и относительным, на него могут быть данные экспериментальной археологии. Целью нашего исследо-

вания являлось получение устойчивых изолированных признаков / маркеров животной и растительной природы используемой нити на поверхностях прорезного отверстия бивниевой иглы; гипотезой – возможность идентификации природы нити (прежде всего по изменению рельефа зон утилизации) даже на образцах кратковременного использования.

Теоретические основания исследования, методы и материалы

Трасология занимается изучением физических следов на поверхностях артефактов, сформированных производством, использованием, депонированием, посттафономической обработкой и рядом других вопросов. Их генезис часто непрост, и мы можем выдвигать лишь гипотезы относительно процессов их формирования. Экспериментальная практика помогает отобрать наиболее вероятные из них, но никогда не настаивает на их «истинности»; они лишь «временно и относительно верны» [Marreiros et al., 2020, p. 482].

Известны три группы экспериментов: первого поколения (первичные), второго поколения (контролируемые) и третьего поколения (натуралистические). Они отличаются друг от друга спецификой рассматриваемых вопросов [Marreiros et al., 2020, p. 483]. Эксперимент, к которому обратились мы, является примером экспериментов первого поколения, которые предлагают новые гипотезы и идеи, выявляют репертуар переменных, формируют первое впечатление о них, проверка результатов которого в последующем обязательна [Marreiros et al., 2020, p. 484]. Результатом нашего исследования будет набор признаков износа зоны прорезного отверстия иглы в условиях переменной природы нити.

Перечень факторов, оказывающих влияние на формирование следов износа проксимальной зоны иглы, очень велик: от кристаллического состояния кости, из которой выполнена игла, до температуры окружающего пространства, в котором проходит эксперимент. Учет их всех невозможен хотя бы потому, что, являясь феноменом культурно-историческим в своем перечне / наборе, они нам не известны. В рамках пилотного проекта будут выделены лишь некоторые, наиболее очевидные из

них для нашей исследовательской группы, что во многом определяется доступной технической базой исследования. В своих рассуждениях мы отталкиваемся от ситуации, сформированной такими же «первыми предложениями», стараясь не повторять достижений коллег, но привнести разнообразие в перечень гипотез.

Экспериментальные поиски признаков износа дистальной зоны костяных игл, выявление перечня признаков использования нитей разной природы, безусловно, известны [Bouchud, 1977; Stordeur, 1977; Huang, 1993; Legrand, 2008; Cheval, 2023; и др.]. Из данных работ почерпнуты представления об особенностях протоколов, алгоритм исследования, признаки разного вида износа, способы их описания. В отличие от существующих экспериментов по данной теме / проблеме, мы обратились к оригинальной модели сквозного отверстия бивневых игл (известной в палеолите) – у нас оно прорезное, не просверленное. Прорезное («костенковское») ушко обладает уникальными исходными данными для наблюдений, следовательно, и перечнем признаков износа. Наш интерес оправдан известностью подобных образцов в археологических коллекциях [Vanhaeren, d'Errico, 2001, p. 217, fig. 15,d; Réteillon, 2008; Stone, 2011, fig. 10.32; Верхний палеолит ... , 2016, с. 158; Баскова, 2017, с. 12; d'Errico et al., 2018, fig 3,b]. Помимо этого, наш эксперимент сосредоточен на изоляции эффектов контакта между костью и мягкими, волокнистыми нитями растительного и животного происхождения. В соответствии с гипотезой нас также интересовала предельно минимальная, но достаточная для получения убедительного различия воздействия нитей продолжительность формирования износа, она измерялась количеством акций (количеством перфораций).

Мы признаем идеальность полученного результата, его «стерильность». Сложно ожидать наличия в палеолите специализации игл по природе сопровождающей нити, обработки очищенного материала, или же работы чистыми руками и т. д. Но в качестве «точки отсчета» полученные нами результаты вполне допустимы. К тому же известные эксперименты пока не затронули обсуждаемую нами модель прорези игл, изначально более рельефную, чем

отверстие, полученное сверлением, и воспринимающую трибологическое воздействие любого материала несколько иначе.

Совокупность обозначенных характеристик: бивень в качестве сырья для иглы, модель отверстия, нити с разными техническими и утилизационными параметрами, цель (наблюдение за спецификой кратковременного и изолированного износа, возможное расширение его признакового поля) побуждают быть внимательными к микродеталям. Это принципиально исключает дополнительные манипуляции с предметом в период его подготовки к анализу и съемке – дополнительная очистка интересующих нас зон в данном эксперименте исключена, это является важной и вполне оправданной методической особенностью наблюдений за износом органического (в последнее время, в зависимости от целей исследования, и неорганического) происхождения инструментов [Fullagar, 2014, p. 233–249].

Полученные следы износа регистрировались в режиме трех фокусов: визуальный анализ, с опорой на макросъемку и SEM-регистрацию. У каждого из них есть свои преимущества и недостатки. Два первых хорошо себя зарекомендовали и знакомы отечественной практике. Третий применим при анализе каменной индустрии, но пока слабо себя проявил в анализе костяных изделий. Тому есть несколько простых объяснений. SEM-аппарат (сканирующий / растровый электронный микроскоп) – это высокочувствительное лабораторное оборудование, массивное и нетранспортабельное, требующее специальных навыков работы на нем. Процесс получения снимков реализуем с учетом ряда особенностей. Первое – предмет должен «прийти» к аппарату, это значительно осложняет анализ оригинальных археологических изделий, часто являющихся «собственностью музеев». Второй момент – анализу могут быть подвергнуты предметы малых / экстремально малых по археологическим меркам размеров. Третий – съемка ведется отдельным специалистом, это ресурсоемкий и не быстрый процесс.

Сканирующую / растровую электронную микроскопию называют неразрушающим методом анализа. Правильно подобранные настройки аппарата не наносят физического и химического вреда образцам. Обсуждаемые

в сообщении образцы исследованы методом растровой электронной микроскопии (РЭМ / SEM) на микроскопе JCM-5700 (JEOL, Япония), оснащенном энергодисперсионным анализатором JED-2300 в режиме высокого вакуума. SE-детектор используют тогда, когда изучают морфологию и топографию поверхности. Однако применение данного метода для диэлектрических образцов, к которым относится и кость, затруднено в связи с вероятностью частичной их деструкции, а также образования эффекта засветки, при котором невозможно получение качественного изображения при высоких увеличениях. В связи с этим исследование микроструктуры поверхности производилось при ускоряющем напряжении 10–15 кВ в режиме вторичных электронов, позволяющем получить изображение с высоким пространственным разрешением без разрушения образца. Снимки анализируемой поверхности при помощи сканирующего электронного микроскопа обладают большей глубиной резкости, по сравнению со снимками с оптического микроскопа, что обеспечивает уникальную визуализацию экспериментальных данных.

SEM-фотографии / микрофотографии по обозначенным выше причинам остаются относительно редкостью при анализе костяных артефактов. Более часты макрофото, высокое качество которых позволяет решить ряд задач изучения следов износа предмета, в частности, регистрацию заполировки поверхностей и изменение макроструктур наблюдаемых зон. Используемые в сообщении снимки получены цифровой камерой Canon EOS 850D с макрообъективом Canon EF 100 mm f/2.8 Macro USM (и набором увеличительных колец для объектива). Для облегчения наблюдений рельефных следов износа, повышения их визуальной контрастности, поверхность фотографируемых объектов в ряде случаев напылялась магнием (МГ-95). Обработка полученных снимков проведена в программах Canon EOS Utility и Helicon Focus.

Три иглы, используемые для наблюдений и анализа, выполнены из щепы бивня мамонта и принадлежат эталонной коллекции предметов из кости и бивневых материалов лаборатории археологических исследований ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. Две были за-

действованы в контексте экспериментов с нитями разной природы происхождения. Материалы по ним опубликованы [Шмидт, Ковальченко, 2022; Шмидт, Керик, 2025], но анализа микроизноса сквозных отверстий изделий не проводилось.

Бивень мамонта – биоминерал, обладает прочным внешним чехлом (цементом, 5 баллов по шкале Мооса) и внутренней композитной частью – дентином (около 3 баллов по шкале Мооса) [Steguweit, 2015, p. 314]; состоит из органической части – коллагена (20–30 мас. %), минеральной части – гидроксипатита (ГАП) (60–70 мас. %) и воды (10 мас. %) [Solovev et al., 2021]. Органическая субстанция, циркулирующая по тонким каналам, пронизывающим всю толщу дентина, называется репаративным дентином [Fagan et al., 2001]. После смерти животного его выработка останавливается, каналы пересыхают, бивень становится «сухим», «мертвым», «микропористым» [Бирштейн, 1975, с. 68–69], то есть поддается микро-, а со временем и макроразрушениям.

При высыхании и древний, и современный бивень вступают в продолжительный процесс перекристаллизации минеральных составляющих [Freund et al., 2002], что сказывается на свойствах материала, на его «трибологическом отклике». Некоторые изменения необратимы, но некоторые свойства можно восстановить путем пропитки пересушенного образца. Возвращение «к жизни» массивного куска высохшего бивня требует длительного вымачивания [Хлопачев, Гиря, 2010, с. 40–41], мелкие фрагменты накапливают влагу значительно быстрее. После этой процедуры (увлажнения) бивень поддается обработке, цикл получения иглы из его фрагмента / щепы занимает не более полутора часов.

Нить растительного происхождения (из конопли). Растительное волокно является органическим полимером и может быть получено от трех групп растительных источников: грубоволокнистое сырье (волоконистые пучки, формирующие внутреннюю кору растений), лубяные волокна (среди них лен и конопля), семенные волокна (хлопок и пр.). Волокна растений состоят преимущественно из целлюлозы, которая обладает длинной, многослойной молекулярной структурой, сформир-

рованной пучками фибрилл с толстыми клеточными стенками. Клеточная стенка слоистая, может демонстрировать различную степень жесткости (зависит от растения и обработки сырья), прочная [Stone, 2011, p. 103].

Использованные в эксперименте нити сформированы из базовых волокон стеблей / эпидермы промышленной конопли. Прочность волокна конопли, как у льна, но жесткость значительно выше из-за большого содержания лигнина (3–4 %), износостойкость в ряду других растительных волокон средняя. Разрывное натяжение нити 690 Н/мм², разрывное удлинение – 1,6 % [Майкова, 2019, с. 114]. Эти параметры во многом зависят от времени сбора сырья и его обработки. В нашем случае речь идет о волокне длиной 30–40 см, полученном из эпидермы зрелой конопли (сбор состоялся в июле), снятом со свежесобранных стеблей, подсушенном, хранимом в мотках. Перед употреблением нити слегка увлажнялись для повышения эластичности.

Ткань эпидермы состоит из плотно сомкнутых клеток, имеющих нередко извилистые стенки, за счет чего она обладает силой сцепления и повышенной прочностью. Внешне они, преимущественно, гладкие (что отличает их от волокон животного происхождения), но при увеличении заметна шероховатая поверхность и фиброзные утолщения вдоль поверхности (рис. 5,2). Клетки эпидермы наземных растений покрыты тонкой минеральной пленкой – кутикулой. Кутикулярные слои пропитаны воском и иными минеральными соединениями (среди которых соли кальция и кремний), залегающими в виде включений и прослоек. В условиях технологических процедур они способствуют скольжению волокна по любой фактурной поверхности и формированию устойчивого минерального трибологического следа [Stone, 2011, p. 111]. В археологии он известен как «блеск», безошибочно определяемый на каменных / костяных орудиях деревообработки и собирательства.

Нить животного происхождения (из сухожилий). Продукты, получаемые из компонентов животного происхождения, отличаются повышенной эластичностью, гибкостью, термоскопичностью. Кератин и коллаген – строительный материал животного волокна – обладают мягкими и неровными клеточными

границами, менее упорядочены в расположении, чем растительные образцы [Cook, 1959]. Это придает изделиям животного происхождения повышенные износостойкие свойства.

Основа сухожилия – коллагеновые фибриллы, размер которых колеблется от нескольких нанометров до примерно 500 нм. Они организованы в пучки, которые оборачиваются вокруг друг друга, образуя плотно сцепленные друг с другом жгуты (рис. 2,2) [Andriotis et al., 2023]. Внутри организма сухожилия выполняют различные функции, от чего зависят и их характеристики. Могут выдерживать давление от 20–30 до 90 МПа и растягиваться при деформации от 3 до 16 % [Stephens et al., 1989; Lichtwark, Wilson, 2005], что является существенным трибологическим фактором. Обсуждая данный аспект, необходимо также помнить, что сухожильная нить – это не только специфика вида животного (с разницей физических нагрузок), но и большое количество вариантов их обработки с целью повышения потенциальных технологических качеств [Issenman, 1997]. В нашем случае мы обратились к простому механическому отбиванию полотна просушенного сухожилия ноги молодого лося и его расщеплению на мелкие пучки-нити легкой скрутки длиной до 30 см (рис. 2,2); перед употреблением они слегка увлажнялись паром (для повышения эластичности).

Трибологический эффект контакта нити из сухожилия и костной поверхности выражается в истирании / абразивной деформации поверхности в сопровождении предшествующих эффектов данного контакта – адгезивном перемещении фрагментов / частиц участвующих в процессе материалов, выравнивании поверхности и лощении каналов движения групп волокон. Параметры и реакции кости / костяных орудий в контексте различных манипулятивных практик хорошо раскрыты в исследовании Ж. Лемуан [LeMoine, 1997]. Истирание / абразия, адгезия и микросдвиг являются основными факторами, приводящими к изменению свойств костяных материалов и визуальным изменениям состояния их поверхностей по окончании процесса, что выражается в блеске, десквамации (шелушении), текстурных и фактурных изменениях поверхности, микроцарапинах и пр. Терминологический

аппарат рефлексии этих перемен, следов износа / утилизации не упорядочен, субъективен для каждого исследователя. Статья Ж. Брэдфильда, посвященная анализу основного перечня вышеобозначенных признаков, раскрывает методический и технический аспекты наблюдений за ними [Bradfield, 2020].

Протокол наблюдений и описание следов износа

Для сравнительного анализа нам потребовалось три иглы. Все три выполнены из фрагментов одного бивня, происходящего с Новосибирских островов, с использованием одинаковых технических подходов: вымачивание, получение заготовки остругиванием каменной пластиной, сглаживание поверхности при помощи абразивов, получение сквозного отверстия в проксимальной зоне игл через двустороннюю прорезь (раскачивание кремниевого острия в точке упора и центронаправленные «ковыряющие» движения с полуразворотом) (подробнее см.: [Шмидт, Ковальченко, 2022; Шмидт, Керик, 2025]). Для каждой обсуждаемой иглы проведена фиксация «фазы 0» – перед использованием, и для двух «фазы +100» – после ста перфораций. Этого количества оказалось достаточно для получения однозначно интерпретируемой картины.

Игла № 1, без следов утилизации (рис. 1). Данный экземпляр иллюстрирует состояние отверстия иглы в «фазе 0». Сравнение с ней использованных орудий дает представление о том, насколько сильно проксимальная зона и, прежде всего, зона отверстия изменяется в процессе утилизации.

Внутренняя поверхность отверстия в данной фазе обладает характерным техническим рельефом, сформированным в процессе производства орудия. Полость покрыта плотной «технической бахромой», перекрывающей каналы / канавки резьбы (рис. 1, 1). Она представлена неупорядоченными короткими завитками, микростружкой, «заусеницами», чешуйками (рис. 1, 2А–Б), крепящимися к основанию. Безусловно, с течением времени при интенсивности использования орудия и в агрессивных условиях хранения ее выразительность может уменьшиться. В подсохшем состоянии бахрома приобретает прочность су-

хого бивня и может сохраняться в контексте тафономической агрессии на протяжении десятков тысяч лет. Отличить отверстие использованное от неиспользованного на основании этого признака очень просто [Wolf et al., 2013, Abb. 9; Kaudela, 2024, fig. 7, 9].

Отверстие, полученное с обращением к выбранному нами алгоритму, располагает двумя параметрами длины и ширины: внешние (L1 и B1) и внутренние (L2 и B2), износ которых выражается по-разному.

Игла № 2, нить из сухожилия (рис. 2–4). Данная игла использовалась в эксперименте по перфорации шкуры грубой механической выделки. Трибологический эффект от движения нити из сухожилия, по сути, пучка волокон, слабо и нерегулярно скрученных в тонкий жгут (рис. 2, 2), занимающей $\frac{1}{3}$ пространства отверстия, был замечен уже после нескольких перфораций. Первые признаки износа, такие как сглаженность технического рельефа, освобождение от бахромы, начинают фиксироваться в течение первых минуты работы инструмента и движения нити в зоне верхнего свода отверстия. Пассивные зоны (остальные тоже постепенно и спонтанно приобретают эти признаки), интенсивность проявления которых зависит от поведения нити, ее толщины и фактуры, продолжительности использования предмета. Если нить, занимающая все пространство отверстия, постоянно находится в натянутом состоянии и свободный ход ее чем-то ограничен (к примеру, пальцем), то истирание боковых граней отверстия и граней нижнего купола происходит медленно. Нить в свободном движении / «в свободной раскашке» быстро убирает техническую бахрому по всему внутреннему периметру отверстия, удаляя либо перемещая их микрофрагменты. В обоих рассматриваемых случаях движение нити отдельно не контролировалось, было свободным. Судя по оставленным ею следам, она может воздействовать как на верхний, так и на нижний своды отверстия (рис. 3, 1–2).

К моменту окончания процесса (фаза +100; чуть более 30 часов работы с учетом перфорации грубой шкуры без вспомогательных инструментов) исчезли все признаки технической бахромы, местами обнажилось основание, к которому она крепилась. Его рельеф неоднороден, местами заглажен, местами

представляет собой участки «ямок» и «выбоин» (рис. 4,1). Эти зоны локализуются по внешнему периметру отверстия (L1/B1), в зонах перехода к внешней плоскости инструмента (рис. 2,А, 4,1).

Помимо отмеченного, сформировался адгезивный / «налипший» рельеф износа, ярко выраженный в зоне нижнего свода отверстия (рис. 3,2). Этот слой состоит из утрамбованных в русла резных канавок, подвижных / переносимых нитью микрочастиц разрушенной бахромы и ее шелушащегося основания. Постепенно яркий рельеф технических канавок сглаживается, но сохраняется (рис. 4,2).

И активные, и пассивные участки отверстия после перемещения сухожильной нити при сотне перфораций обладают бугристой поверхностью (рис. 2,А–Г, 3,1–2, 4,2). Это можно объяснить следующим образом: коллагеновые жгуты слабо скрученной нити в ходе движения легко разбиваются на микрогруппы волокон и обволакивают рельефные пики поверхности, минимально воздействуя на них, формируя «коридоры / русла» трения в низких точках рельефа (рис. 3, 4,2). Проходя по этим «коридорам», они перераспределяют мобильный осадок, который обладает различной степенью сцепления с основой, формируя адгезивную корочку.

И на нижнем, и на верхнем сводах фиксируются участки исчерченности. Они сформированы царапинами разного происхождения (рис. 2,А) и различного облика. Тонкие, короткие (значительно менее 1 мм), прямые линии / царапины с размытым, неглубоким / непрорезающим контуром. Их распределение преимущественно поперечно линии свода (с легкими отклонениями) и параллельно оси изделия (рис. 3,1–2). Компоновка разреженная. Расположение в группе регулярное, между группами перекрещивающееся (рис. 3,1). Профиль U-образен, нерегулярен, как и ширина, и длина канала (см. рис. 3,1 – правый сектор). Внутренний рельеф бугрист, что определяется неоднородной плотностью фактуры поверхности формирования (адгезивной корочки). В активной зоне свода они заметны лучше, трение микрофрагментов, включенных в состав нити (застрявших в ней), здесь было, очевидно, интенсивнее; эпизодические натяжения нити случались чаще, чем в нижней / пассивной зоне.

Нижний свод – это зона оседания / накопления и выноса микросубстрата (на фото хорошо заметна граница наката и его «свисающие» лоскуты) (рис. 3,2). Каналы царапин «теряются» в рыхлой фактуре поверхности, перекрыты осадком, их окончания заметны на границе плоскостей.

Композиция микроцарапин обеих зон нестабильна, может меняться при возобновлении активности нити и изменении состояния адгезивной корочки. Стабильный узор формируется лишь на свободных от нее поверхностях – это граница смены плоскостей (L1/B1), где необходимо различать остатки технических каналов и царапины, сформированные процессом утилизации (рис. 2,А, 3–4,1).

Зона внутреннего канта отверстия (L2/B2) – зона интенсивного абразивного воздействия, наиболее деформируемая его часть, визуально сглажена по всему периметру, но в ограниченном диапазоне прилегающих плоскостей (рис. 3,1, 4,2, желтая линия). На микроснимках заметна формируемая заглаженность, адгезивная корочка здесь снята, за счет чего поверхность выглядит менее рыхлой; происходит выравнивание технического рельефа (рис. 4,2, синяя зона). Но его присутствие по-прежнему читаемо, очевидно, ввиду «маневренности» коллагеновых фибрилл.

Производственная динамика и сопровождающие ее трибологические эффекты: снятие бахромы и обнажение поверхности, локальное ее истирание и перераспределение по внутреннему периметру перемещаемого микросубстрата изменили соответствующие параметры отверстия (L2/B2) на десятые доли миллиметра (рис. 2,1,1,III). Внешняя граница отверстия (L1/B1) тоже деформирована, кант сильно сглажен¹. Его границы хоть и «смазаны» в активной зоне, но их замеры возможны – они изменились на сотые доли миллиметра.

В ходе презентации результатов эксперимента, в котором была задействована данная игла, изменения зоны ушка были названы наименее заметными в соотношении с остальными утилизационными характеристиками изделия [Шмидт, Ковальченко, 2022, с. 27].

В результате сотни перфорирующих движений с активностью нити из сухожилия отверстие иглы сохраняет макропризнаки технического рельефа, «коридор» абразивного износа

находится в начальной фазе формирования, фиксируется узким каналом с заглаженной, но неровной поверхностью. Утилизационным признаком также является развитая адгезивная корочка, хорошо выраженная в пассивных зонах отверстия, рельеф которой хоть и сглажен, но микрофактура далека от ровной / залощенной поверхности. В ее отложениях могут консервироваться микрочастицы материалов, сопровождающих производственный процесс (рис. 2, Б–В, зеленая рамка). Узор линейных микроцарапин на поверхностях отверстия нестабилен ввиду «подвижности» самой поверхности. Лишь свободные от адгезивной корки участки внешнего периметра отверстия начали формирование устойчивого линейного узора, который отличается мягкостью очертаний микроканалов, их уплощенностью, микроскопичностью. Часто упоминаемые у коллег ямки и выбоины, перекрываемые впоследствии лаковой корочкой, являются остатками основания технической бахромы / стружек. Блеск, как наиболее ожидаемый признак износа на внутренних поверхностях отверстия, не сформирован даже в зоне (L2/B2), но представлен на участках комплексного воздействия по внешним его границам (L1/B1).

Игла № 3, нить из конопли (рис. 5–7).

Данная игла использована для перфорации тонкой шкурки зайца [Шмидт, Керик, 2025]. От предыдущей ее отличает предварительное покрытие поверхности желтой охрой, для упрощения визуальной фиксации активных зон инструмента. Как и в случае с иглой № 2, зафиксированы ее состояния в «фазе 0» (рис. 5, I, I) и в «фазе +100», 32 мин работы (рис. 5, I, II, III). Ввиду основных характеристик нити, таких как плотность полотна (невозможность дополнительной перегруппировки волокон) и меньший коэффициент растяжения, деформация отверстия орудия выражена сильнее.

В зоне верхнего свода сформировался широкий абразивный коридор (несмотря на то что сама нить, как и в первом случае, занимала $\frac{1}{3}$ пространства отверстия). Его поверхность выровнена, технический рельеф сильнее скорректирован (ср.: рис. 5, I, III, 2, I, III). Локации адгезивной корочки – периферия боковых граней отверстия L1 (рис. 5, 3, AI) и нижнего свода B1 (рис. 5, Б). Очевидно, у микросубстрата, формирующего ее

отложения, было меньше возможностей закрепиться на нити / запутаться в ней и вернуться на поверхность; он либо сильнее уплотняется в неровности поверхности (рис. 7, I–2), либо осыпается с нити за пределами отверстия (рис. 5, AI, Б). Но там, где наличие корочки фиксируется, она обладает характеристиками, обозначенными выше: шероховатость, дряблость, обилие микротрещин.

В данном случае уместно обсуждать абразивные зоны, а не «коридоры», сформировавшиеся в прилегающих пространствах у внутреннего канта отверстия и по периметру верхнего свода, поверхность которого приобрела «волнистый» рельеф (рис. 5, 3, A). Микротрещины в данных зонах находятся в фазе истирания / затягивания (рис. 7, I), технический макрорельеф почти утрачен (рис. 5, A–AI, Б), сохраняются лишь остатки глубоких каналов (рис. 7, I, 2). Частицы растительного волокна в нем не могут удержаться, они фрагментарно представлены в трещинах адгезивной корки на периферии отверстия (рис. 5, AI, зеленая рамка).

Совершенно иначе выглядят участки исчерченности, линейные микроследы. Они, как и в предыдущем случае, формируются по всему активному и пассивному полям, и в зонах десквамации / шелушения (рис. 6, I), и на полируемой поверхности (рис. 6, 2). Заметны участки плотно сгруппированных, глубоких, отчетливо читаемых даже на адгезивной поверхности царапин. Расположение внутри групп регулярное, между группами перекрещивающееся. Контур русел обозначены четко. Распределение преимущественно параллельно внешнему контуру отверстия (параллельно периметру его дуги) и перпендикулярно оси изделия (рис. 6). Профиль U-образен, регулярен. Морфология хорошо считывается: можно отметить зоны развития и затухания, эпицентр линии (рис. 6). Русло глубокое, прорезает чешуйки и корочки до основания поверхности. Внутренний рельеф ровный. Все говорит о том, что нить, обладая ограниченными возможностями к растяжению и внутреннему перераспределению волокон, корректировала рельеф кости, а не «форматировалась» под него: не было обволакивания пиков технического рельефа, они истирались, не было нерегулярного давления на переносимый

микросубстрат, он вдавливался в поверхность и «корябал» ее. Векторы царапин привязаны к траектории движения нити, она перемещалась по дуге отверстия и натягивалась в верхней зоне ушка; фиксируются царапины как параллельные рабочей оси изделия, так и перпендикулярные ему (рис. 5, А, 7, I).

Параметры отверстия (внутренние и внешние) изменились. Отслеживание границ L1/B1 осложнено более интенсивным истиранием внешних кантов, особенно в зоне верхнего купола отверстия. Переход к плоскости проксимальной зоны иглы пологий, сильно сглаженный, блестящий (рис. 5, I, II, A, B).

В статье, в которой подробно представлены результаты использования данной иглы, износ именно сквозного отверстия инструмента назван наиболее очевидным следствием производственной процедуры [Шмидт, Керик, 2025, с. 14].

В результате сотни перфорирующих движений в сопровождении нити из конопли отверстие иглы утратило макропризнаки технического рельефа в зоне верхнего свода, абразивный износ канта L2/B2 и прилегающих к нему зон ярко сформирован, периметр их регистрации заметно шире, поверхность уплотнена, волнистая (не бугристая), местами интенсивно выровнена. Группы формирующихся линейных следов позволяют проследить траекторию движения / скольжения нити по периметру отверстия. Адгезивная корочка убрана из внутренней зоны отверстия, сохраняет фрагментарное присутствие в зоне выноса / внешнего канта (L1/B1), малозаметна.

Обсуждение результатов

Две из трех обсуждаемых игл (№ 2 и 3) находились в контекстах экспериментов по перфорации шкур грубой и тонкой выделки² с использованием нитей разной природы происхождения. Отдельная презентация состояний их проксимальных зон проводится впервые. Благодаря SEM-регистрации сквозных отверстий становится возможным обсуждение интенсивности микро- и макроизноса, их признаков в начальной фазе формирования. Специфика износа, сформированного нитями любого происхождения, обладает химическим, физическим и топографическим параметрами. В данной статье

зафиксировано два последних из обозначенных, ниже они представлены комплексно.

Физические макропризнаки износа отверстия связаны с изменением технического рельефа его поверхности. Первый признак его корректировки – уплощение за счет снятия технической бахромы, стружки, заглаживания пиков технологических русел. Согласно существующим исследованиям, формируется быстро, в первые минуты работы. Но степень выравнивания рельефа в начальных фазах использования иглы (сотня перфорирующих движений), как показал эксперимент, коррелирует с материалом нити. Сухожильная нить поддерживает сохранение макропризнаков технологического рельефа, растительная их уничтожает. Микропризнаки износа – состояние адгезивной корочки, интенсивность абразивной корректировки наиболее активных зон отверстия, линейные микроследы – не фиксируются «на глаз», их особенности заметны при обращении к электронному микроскопу, в режиме больших увеличений: 100, 200, 300 нм. Большинство статей, обсуждающих данную тему, снимки необходимого качества не предоставляют, выделенные нами микропризнаки обсуждаются нерегулярно.

Активность нити любой природы происхождения в заданном диапазоне утилизации сопровождается формированием «адгезивной корочки» на поверхности кости (уплотненные микрочастицы субстратов: бивня, волокна, внешний микромусор) и зон «абразивного воздействия». Адгезивная корочка – это участки налипания переносимых частиц, участки абразии – интенсивного соскребания частиц приносимых / перемещаемых субстратов, обнажения основания кости. В указанном объеме эксплуатации инструмента разница состояний участков адгезии и абразии в зависимости от природы нити ощутима. Нить из сухожилия с учетом своей эластичности не столь агрессивно воздействует на контактную поверхность. Ее рыхлая фактура создает условия для накопления и спонтанного переотложения различного микросубстрата на поверхностях отверстий. Она «утрамбовывает» налипающий на нее осадок в поверхность при соприкосновении с ней, обладая высоким коэффициентом сцепления и эластичности. Абразивные зоны развиваются медленно, локаль-

но. Растительная нить не столь упруга / растяжима, более гомогенна в фактуре, плотно плотное (не рыхлое), давление на поверхность более равномерно. Все в комплексе способствует формированию абразивных поверхностей даже при минимальном объеме манипуляций; адгезивные области периферийны. Нить не перераспределяет снимаемый седимент по поверхности, потенциал сцепления у растительного полотна не столь высок, как у сухожилия, поэтому и потенциал транспортера микросубстрата у нее ограничен. В моменте скольжения / трения она выносит его в периферийную зону активности, освобождает контактный участок, выравнивает его. Таким образом, растительная нить в условиях минимального количества движений «разглаживает» поверхность кости быстрее, чем нить из сухожилий; она более абразивна.

Технические свойства нитей сказываются и на формировании линейных микроследов. Если нить из сухожилия нестабильна в давлении на промежуточный (между ней и поверхностью) перемещаемый седимент, то и треки царапин поверхностны, неглубоки, разнонаправлены, проследить их морфологию затруднительно. Царапины, формируемые растительной нитью, хорошо структурированы, глубоки, прорезают и адгезивную корочку (если формируются в ее зоне), и ровную / выравниваемую поверхность кости. Их вектор менее привязан к вектору технических каналов (ср.: рис. 2 и 5,4).

Мы исключили из спектра признаков наиболее ожидаемый – блеск заполированных зон. Сделано это по очевидной причине – в объеме проведенной работы они только начали свое формирование. После ста перфораций блеск залощенной / полированной / гладкой поверхности может фиксироваться в апикальной зоне иглы, менее интенсивно на ее основных поверхностях и обушке, но не в зоне прорезного отверстия. Можем лишь отметить: если параметры блеска и шероховатости кости взаимосвязаны [Vashisht, Radhakrishnan, 1974], то поверхность, обрабатываемая растительной нитью, заблестит раньше.

Заключение

Согласно полученным данным воздействие нити на костяную поверхность прорез-

ного отверстия иглы, даже в условиях непродолжительного использования инструмента, сопровождается характерными следами износа. Они выражаются в сглаживании / истирании технического рельефа, абразивном и адгезивном выравнивании задетых при движении нити зон. Сотня перфорирующих движений формирует однозначно идентифицирующий природу нити микрорельеф в зоне верхнего свода прорезного отверстия иглы.

Нить растительного происхождения выравнивает контактную поверхность интенсивнее и в более широком диапазоне движения; технический рельеф верхнего свода отверстия замещен абразивным, хорошо выровненным, зоны адгезивного покрытия минимальны и представлены локальными участками по внешнему периметру отверстия, начинают свое формирование участки скопления линейных микроследов и зоны с отражающим эффектом.

При использовании нити из сухожилия вышеперечисленные признаки формируются в границах узких коридоров абразивного воздействия, организованных топографией технического рельефа (русла технического рельефа и их остатки контролируют движение рыхлого полотна нити). Фактурная адгезивная корочка перекрывает большую часть внутреннего пространства отверстия. Даже плоскость верхнего свода остается относительно бугристой, шершавой.

Приведенные результаты, благодаря наличию микроснимков поверхности, наблюдаемы и сопоставимы. Они актуальны для анализа оригинальных археологических изделий с признаками непродолжительной утилизации, обломков проксимальных фрагментов игл, содержащих лишь малый сектор свода. Выявленная разница состояний поверхностей диагностична относительно природы используемой нити, если не комплексно, то в отдельных эпизодах.

Оценивая значимость полученных результатов, необходимо помнить о цели и задачах самого эксперимента. Это первые попытки увидеть, зафиксировать и описать следы кратковременного износа прорезного отверстия, сформировать «точку опоры» для дальнейших экспериментов.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Необходимо учитывать, что на данную зону оказывает влияние не только нить, но и перфорируемая грубая шкура.

² Мы считаем возможным сопоставление результатов в условиях столь значительной разни-

цы обрабатываемых материалов. Фактура перфорируемого материала сказывается на состоянии апикальной зоны инструмента, ее внешних рабочих поверхностей. Этот показатель не влияет на особенности формирования следов износа внутренней поверхности отверстия, так как не контактирует с ней.

ПРИЛОЖЕНИЕ

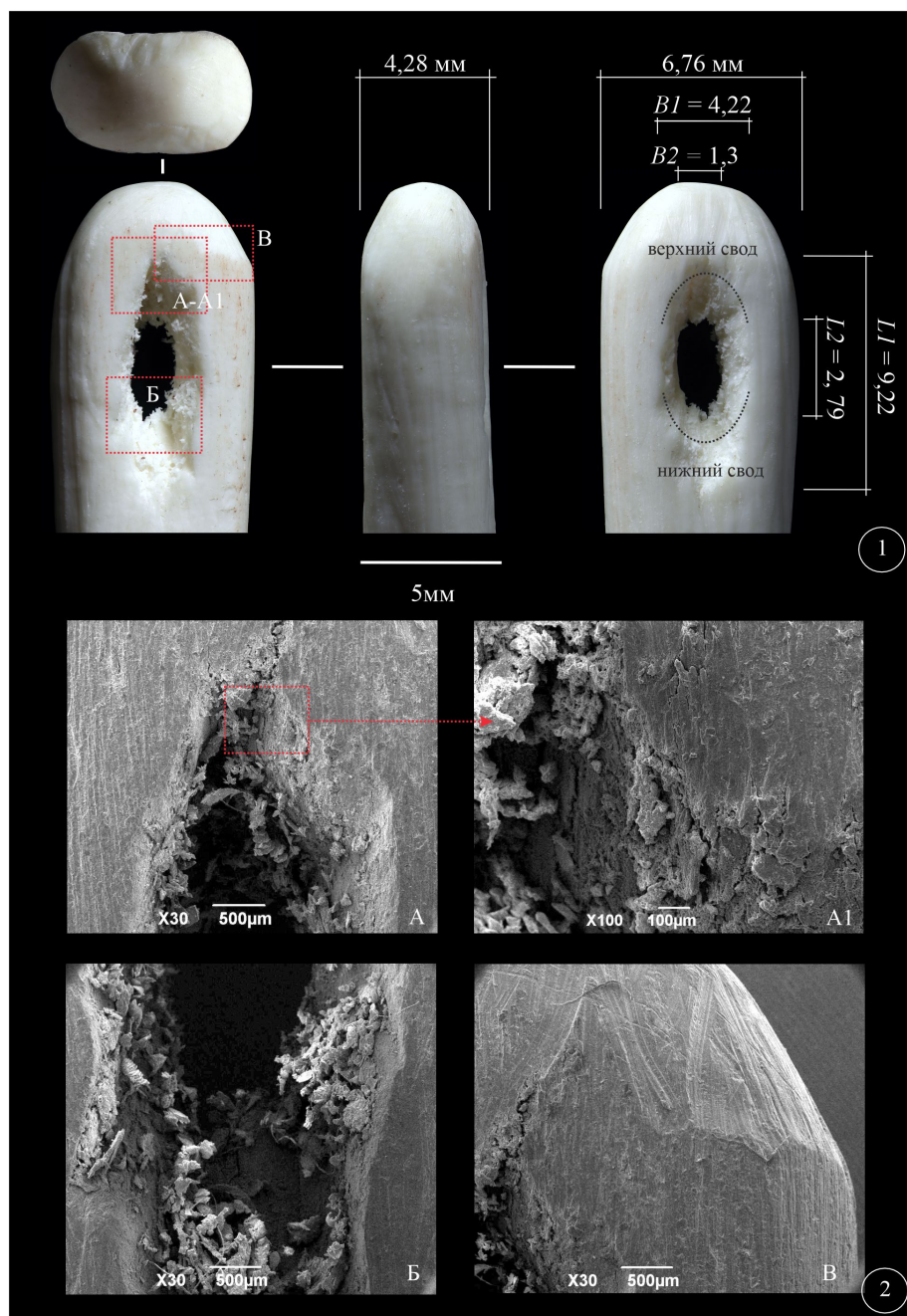


Рис. 1. Проксимальная зона иглы, «фаза 0»:

1 – макрофото ее состояния и метрические данные сквозного отверстия; 2 (A–B) – микрофото отдельных зон сквозного отверстия

Fig. 1. Proximal zone of the needle, “Phase 0”:

1 – macrophotograph of its condition and metric data of the eye; 2 (A–B) – microphotographs of specific zones of the eye

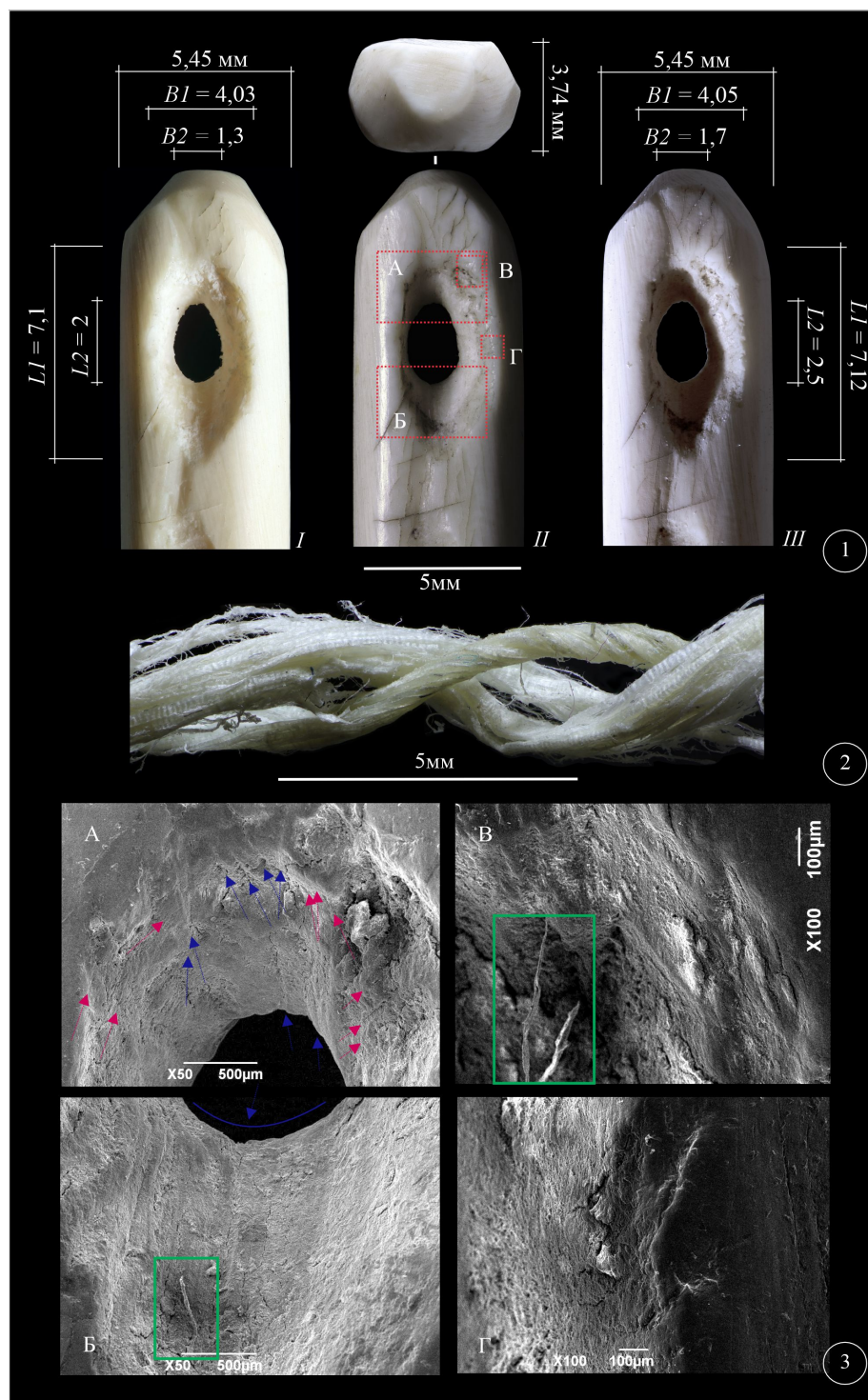


Рис. 2. Проксимальная зона иглы, «фаза +100», нить из сухожилия:

I – макрофото зоны: *I* – «фаза 0»; *II* – «фаза +100», без напыления поверхности; *III* – «фаза +100», с напыленной поверхностью, и ее метрические данные; 2 – использованная нить из сухожилия; 3 (*A–Г*) – микрофото отдельных зон сквозного отверстия (зелеными рамками отмечены зоны фиксации микрочастиц нити; синими стрелками – технологические следы, красными – следы утилизации)

Fig. 2. Proximal zone of the needle, "Phase +100," a tendon thread:

I – macrophotographs of the zone: *I* – "Phase 0"; *II* – "Phase +100" without surface coating; *III* – "Phase +100" with surface coating and its metric data; 2 – the tendon thread used in the experiment; 3 (*A–Г*) – microphotographs of specific zones of the eye (zones with captured thread microparticles are marked with green frames; blue arrows indicate technological traces, and red arrows indicate use wear traces)

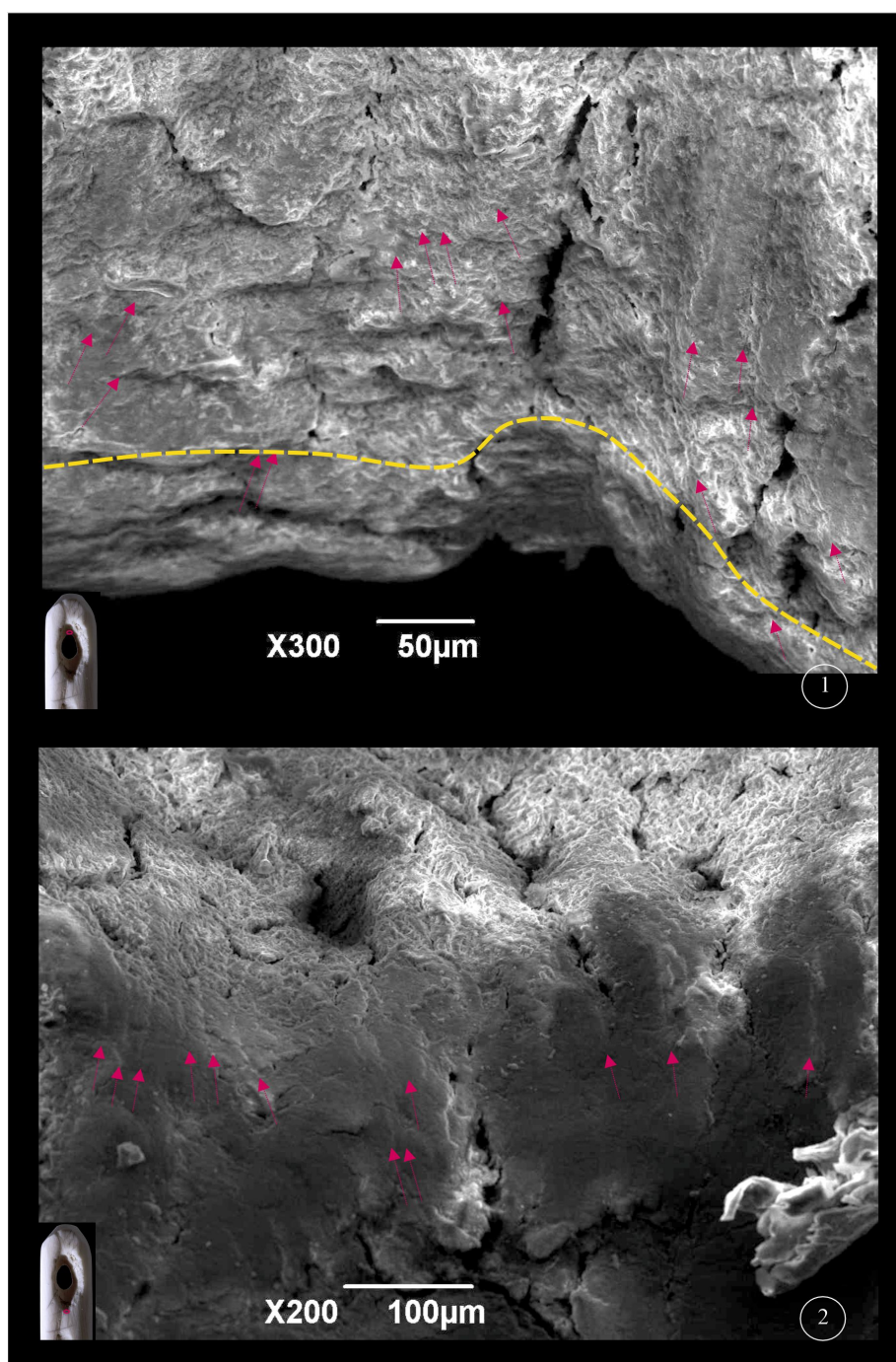


Рис. 3. Проксимальная зона иглы, «фаза +100», нить из сухожилия:

1 – микрофото участка верхнего свода отверстия (красными стрелками маркированы линейные следы утилизации, желтой линией – граница абразивной зоны); 2 – микрофото внешнего канта нижнего свода отверстия (красными стрелками маркированы линейные следы краткосрочной утилизации)

Fig. 3. Proximal zone of the needle, “Phase +100,” a tendon thread:

1 – microphotograph of the upper arch of the eye (linear traces of use wear are marked with red arrows, and the boundary of the abrasive zone is indicated by a yellow line); 2 – microphotograph of the outer edge of the lower arch of the eye (linear traces of short-term use wear are marked with red arrows)

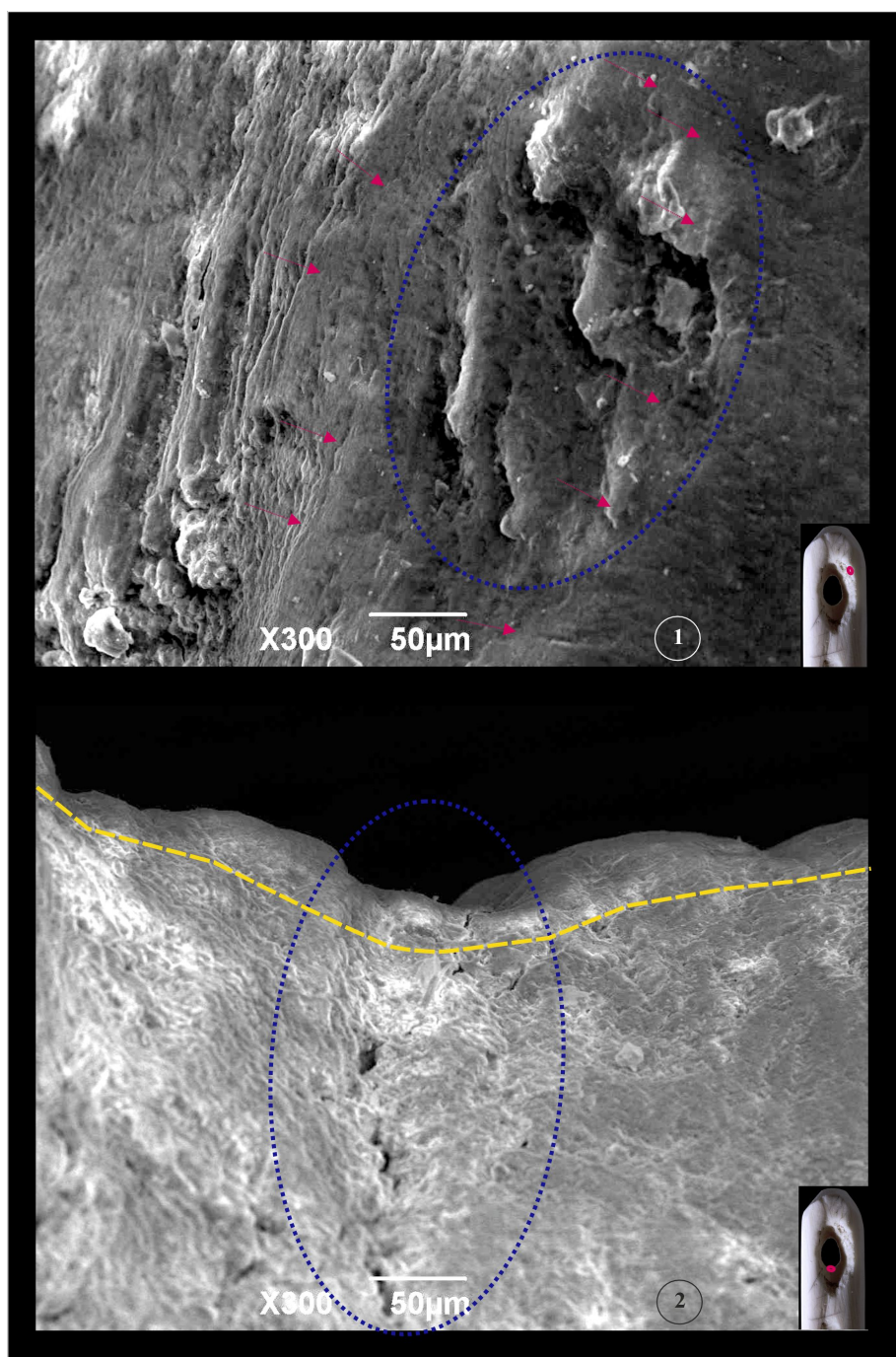


Рис. 4. Проксимальная зона иглы, «фаза +100», нить из сухожилия:

1 – микрофото зоны истирания технологической бахромы (маркировано синей рамкой; красными стрелками маркированы линейные следы утилизации); 2 – микрофото участка внутреннего канта отверстия (синей рамкой маркирован сглаженный технологический канал, желтой линией – граница абразивной зоны)

Fig. 4. Proximal zone of the needle, "Phase +100," a tendon thread:

1 – microphotograph of the wear zone of the technological fringe (marked with a blue frame; linear traces of use wear are marked with red arrows); 2 – microphotograph of the inner edge of the eye (the smoothed technological channel is marked with a blue frame, and the boundary of the abrasive zone is indicated by a yellow line)

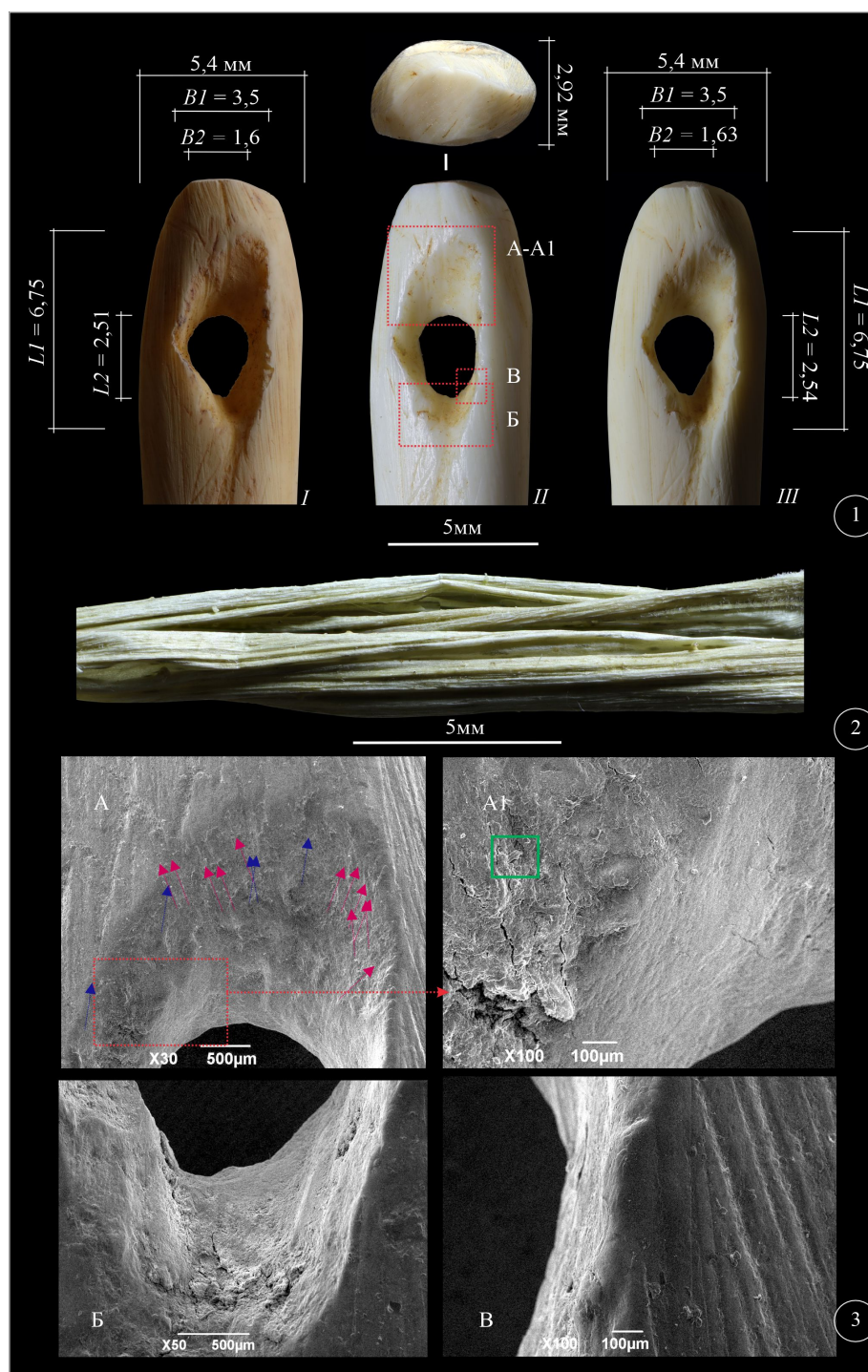


Рис. 5. Проксимальная зона иглы, «фаза +100», нить из конопли:

1 – макрофото зоны: I – «фаза 0»; II – «фаза +100», без напыления поверхности; III – «фаза +100», с напыленной поверхностью, и ее метрические данные; 2 – использованная нить из эпидермы конопли; 3 (A–B) – микрофото отдельных зон сквозного отверстия (зеленой рамкой отмечена зона фиксации микрочастицы нити; синими стрелками – технологические следы, красными – следы утилизации)

Fig. 5. Proximal zone of the needle, "Phase +100," a hemp thread:

1 – macrophotographs of the zone: I – "Phase 0"; II – "Phase +100" without surface coating; III – "Phase +100" with surface coating and its metric data; 2 – the hemp epidermis thread used in the experiment; 3 (A–B) – microphotographs of specific zones of the eye (the zone with adhering thread micro-particles is marked with a green frame; blue arrows indicate technological traces, and red arrows indicate use wear traces)

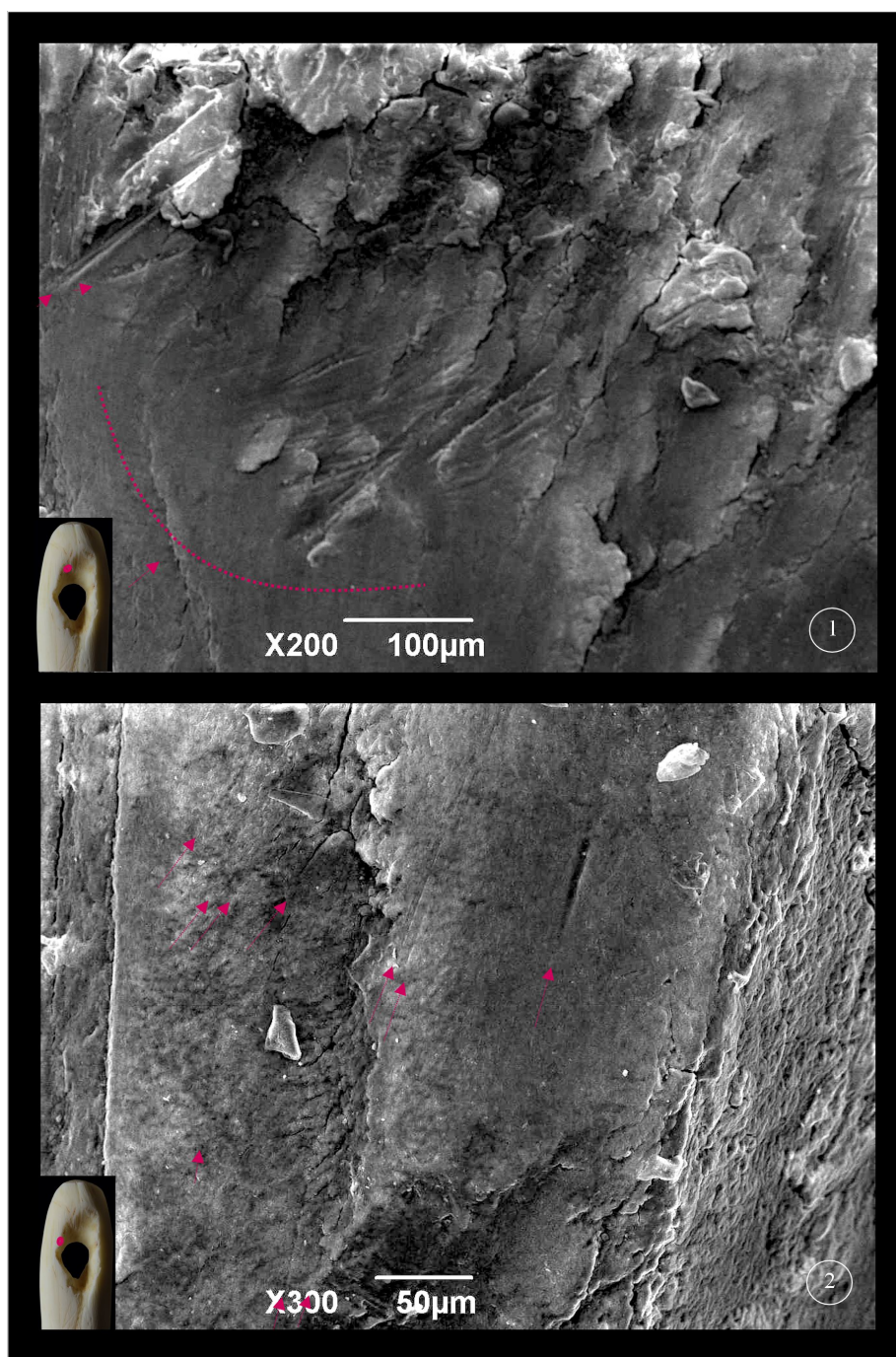


Рис. 6. Проксимальная зона иглы, «фаза +100», нить из конопля:

1 – макрофото участка верхнего свода отверстия (красными стрелками маркированы линейные следы краткосрочной утилизации); 2 – макрофото участка боковой зоны отверстия (красными стрелками маркированы линейные следы утилизации)

Fig. 6. Proximal zone of the needle, "Phase +100," a hemp thread:

1 – macrophotograph of the upper arch of the eye (linear traces of short-term use wear are marked with red arrows); 2 – macrophotograph of the side zone of the eye (linear traces of use wear are marked with red arrows)

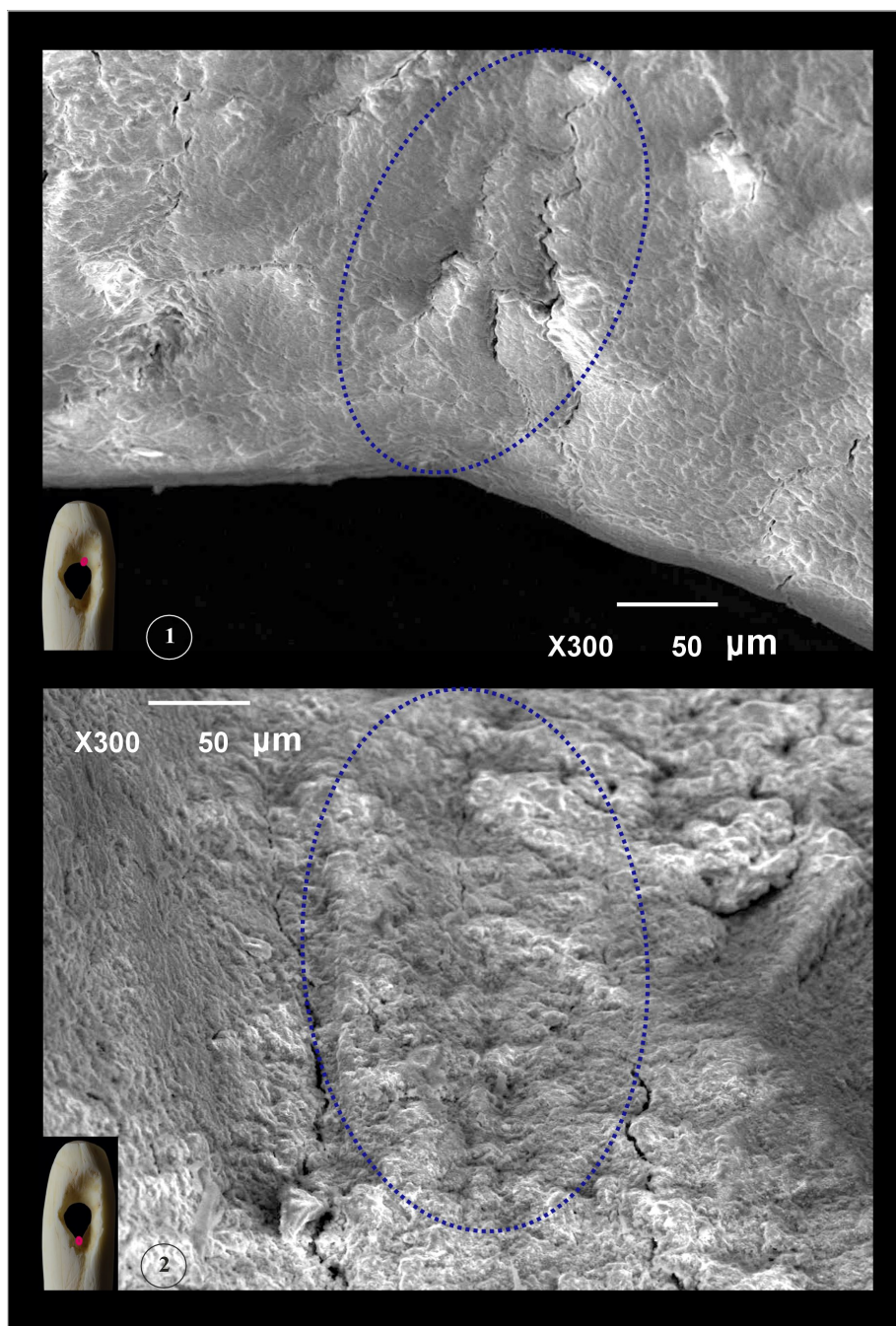


Рис. 7. Проксимальная зона иглы, «фаза +100», нить из конопли:

1 – макрофото внутреннего канта верхнего свода отверстия (синей рамкой маркирован сглаженный технологический канал); 2 – макрофото внутреннего канта нижнего свода отверстия (синей рамкой маркирован технологический канал, перекрытый адгезивной корочкой)

Fig. 7. Proximal zone of the needle, "Phase +100," a hemp thread:

1 – macrophotograph of the inner edge of the upper arch of the eye (the smoothed technological channel is marked with a blue frame); 2 – macrophotograph of the inner edge of the lower arch of the eye (the technological groove overlaid by an adhesive crust is marked with a blue frame)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баскова В. А., 2017. Орудия из кости и бивня верхнепалеолитической стоянки Гагарино // Верхнедонской археологический сборник. Вып. 9. Липецк : ЛГПУ им. П.П. Семенова-Тян-Шанского. С. 11–14.
- Бирштейн В. Я., 1975. О строении и химическом составе поделочной кости, слоновых бивней и клыков моржей // Художественное наследие. Хранение. Исследование. Реставрация. Т. 1, № 31. М. : ГосНИИР. С. 63–73.
- Верхний палеолит: образы, символы, знаки. Каталог предметов искусства малых форм и уникальных находок верхнего палеолита из археологического собрания МАЭ РАН, 2016. СПб. : Экстрапринт. 384 с.
- Майкова Н. В., 2019. К истории традиционного японского лубяного текстиля: технология создания нити // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 8 (185). С. 111–119.
- Федорченко А. Ю., Белоусова Н. Е., 2021. Хронология и культурная атрибуция древнейших костяных игл верхнего палеолита Сибири // *Stratum Plus*. № 1. С. 217–257.
- Хлопачев Г. А., Гиря Е. Ю., 2010. Секреты древних косторезов Восточной Европы и Сибири: приемы обработки бивня мамонта и рога северного оленя в каменном веке (по археологическим и экспериментальным данным). СПб. : Наука. 144 с.
- Чхатарашвили Г., 2016. Финальный верхний палеолит в пещере Дзудзуана // *Tyragetia*. Т. 10 (25), № 1. С. 75–79.
- Шмидт И. В., Ковальченко Е. А., 2022. Результаты эксперимента по использованию костяной иглы для перфорации шкуры грубой выделки // Вестник НГУ. Серия: История, филология. Т. 21, № 5. С. 20–31.
- Шмидт И. В., Керик А. Д., 2025. Перфорация тонкой шкуры механической выделки костяной иглой: интерпретация результатов эксперимента // Вестник НГУ. Серия: История, филология. Т. 24, № 3. С. 9–19.
- Andriotis O. G., Nalbach M., Philipp J., 2023. Mechanics of Isolated Individual Collagen Fibrils Updates // *Acta Biomaterialia*. № 163. P. 35–49.
- Borić D., Cristiani E., 2019. Taking Beads Seriously: Prehistoric Forager Ornamental Traditions in Southeastern Europe // *Paleo Anthropology. Special Issue: Personal Ornaments in Early Prehistory*. P. 208–239.
- Bouchud J., 1977. Les aiguilles en os: étude comparée des traces laissées par la fabrication et l'usage sur le matériel préhistorique et les objets expérimentaux // *Méthodologie appliquée à l'industrie de l'os préhistorique: Deuxième colloque international sur l'industrie de l'os dans la Préhistoire: Abbaye de Sénanque (Vaucluse), 9–12 juin 1976*. Paris: CNRS. P. 256–267.
- Bradfield J., 2020. The Perception of Gloss: A Comparison of Three Methods for Studying Intentionally Polished Bone Tools // *Journal of Archaeological Science. Reports* 32. Art. 102425.
- Cheval C., 2023. L'étude des fibres textiles utilisées en Préhistoire à partir de l'analyse tracéologique des fûts et des chas d'aiguilles: constitution d'un référentiel expérimental // [ACCES LIBRE] 29e Congrès Préhistorique de France (2024): Hiatus, lacunes et absences: identifier et interpréter les vides archéologiques (31 mai – 4 juin 2021 Toulouse). HAL Id: hal-04177504. URL: <https://hal.science/hal-04177504v1>
- Cook J. G., 1959. *Handbook of Textile Fibres*. Vol. 1 : Natural Fibres. Herts : Mellow Publishing Company. 422 p.
- Cristiani E., Borić D., 2012. 8500-Year-Old Late Mesolithic Garment Embroidery from Vlasac (Serbia): Technological, Use-Wear and Residue Analyses // *Journal of Archaeological Science*. № 9. P. 3450–3469.
- d'Errico F., Doyon L., Zhang S., Baumann M., Lazni M., Lázníčková-Galetová M., Gao X., Chen F., Zhang Y., 2018. The Origin and Evolution of Sewing Technologies in Eurasia and North America // *Journal of Human Evolution*. № 125. P. 71–86.
- Fagan D. A., Oosterhuis J. E., Roocroft A., 2001. Captivity Disorders in Elephants Impacted Molars and Broken Tusks // *Zoologische Garten (Neue Folge)*. № 71. P. 281–303.
- Freund A., Eggert G., Kutzke H., Barbier B., 2002. On the Occurrence of Magnesium Phosphates on Ivory // *Studies in Conservation*. Vol. 47, iss. 3. P. 155–160.
- Fullagar R., 2014. *Residues and Usewear* // *Archaeology in Practice: A Student Guide to Archaeological Analyses*. Malden : Blackwell Publishing. P. 232–263.
- Hardy B. L., Moncel M.-H., Kerfant C., Lebon M., Bellot-Gurlet L., Mélard N., 2020. Direct Evidence of Neanderthal Fibre Technology and Its Cognitive and Behavioral Implications // *Scientific Reports*. № 10 (1). P. 4889.
- Huang Y. P., 1993. Study on the Making and Using of Bone Needles in Xiaogushan Cave Site (in Chinese with English Abstract) // *Chinese Archaeology*. № 3. P. 260–268.

- Issenman B. K., 1997. *Sinews of Survival: The Living Legacy of Inuit Clothing*. Vancouver : University of British Columbia Press. 224 p.
- Kaudela V., 2024. The Adornments of the Gravettian ite Krems-Wachtberg in Chronological and Techno-Cultural Context // *Přehled výzkumů*. № 65/1. P. 57–83.
- Kvavadze E., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A., Boaretto E., Jakeli N., Matskevich Z., Meshveliani T., 2009. 30,000-Year-Old Wild Flax Fibers // *Science*. Vol. 325, iss. 5946. № 11. P. 1359.
- Legrand A., 2008. Neolithic Bone Needles and Vegetal Fibres Working: Experimentations and Use-Wear Analysis // “Prehistoric Technology” 40 Years Later: Functional Studies and Russian Legacy. BAR International Series 1783. Oxford : Archaeopress. P. 445–450.
- LeMoine G. M., 1997. Use Wear Analysis on Bone and Antler Tools of the Mackenzie Inuit. BAR International Series 679. Oxford : Hadrian Books. 146 p.
- Lichtwark G. A., Wilson A. M., 2005. In Vivo Mechanical Properties of the Human Achilles Tendon During One-Legged Hopping // *Journal of Experimental Biology*. № 208. P. 4715–4725.
- Marreiros J., Calandra I., Gneisinger W., Paixão E., Pedergnana A., Schunk L., 2020. Rethinking Use-Wear Analysis and Experimentation as Applied to the Study of Past Hominin Tool Use // *Journal of Paleolithic Archaeology*. № 3. P. 475–502.
- Pétillon J.-M., 2008. First Evidence of a Whale Bone Industry in the Western European Upper Paleolithic: Magdalenian Artifacts from Isturitz (Pyrénées-Atlantiques, France) // *Journal of Human Evolution*. № 54 (5). P. 720–726.
- Sherwood N. L., Forssman T., 2024. Identifying Use-Wear Distributions on Sewing Needles: Possible Later Stone Age Sewing Needle Made from a Tooth Root at Little Muck Shelter, South Africa // *Journal of Archaeological Science: Reports*. № 53. Art. 104347.
- Solovev T. M., Petukhova E. S., Botvin G. V., Isakova T. A., Pavlova V. V., 2021. Investigation of Mammothus Tusi Mammothus Primigenius by Thermogravimetry and X-Ray Diffraction Analysis // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1079. Art. 042011.
- Steguweit L., 2015. Rotten Ivory as Raw Material Source in European Upper Palaeolithic // *Quaternary International*. № 361. P. 313–318.
- Stephens P. R., Nunamaker D. M., Butterweck D. M., 1989. Application of a Hall-Effect Transducer for Measurement of Tendon Strains in Horses // *American Journal of Veterinary Research*. № 50. P. 1089–1095.
- Stone E. A., 2011. *Through the Eye of Needle: Investigations of Ethnographic, Experimental, and Archaeological Bone Tool Use Wear from Perishable Technologies: Dissertation submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy Anthropology*. New Mexico : University of New Mexico. 588 p.
- Stordeur D., 1977. La fabrication des aiguilles à chas, observation et experimentation // *Méthodologie appliquée à l’industrie de l’os préhistorique: Deuxième colloque international sur l’industrie de l’os dans la Préhistoire: Abbaye de Sénanque (Vaucluse), 9–12 Juin 1976*. Paris : CNRS. P. 251–256.
- Stordeur-Yedid D., 1979. Les aiguilles à chas au Paléolithique // *Gallia Préhistorique. Supplement XIII*. 216 p.
- Tortosa J., Guillem P.-J., Yolanda C. M., Joan R. S., Jesús F., Carles M. E., Carlos V. C., 2020. Cordage, Basketry and Containers at the Pleistocene – Holocene Boundary in Southwest Europe. Evidence from Coves de Santa Maira (Valencian region, Spain) // *Vegetation History and Archaeobotany*. № 29. P. 582–594.
- Vanhaeren M., d’Errico F., 2001. La Parure de l’enfant de la Madeleine (Fouilles Peyrony). Un nouveau regard sur l’enfance au Paléolithique supérieur // *PALEO*. № 13. P. 201–240.
- Vashisht S. K., Radhakrishnan V., 1974. Surface Studies with a Gloss Meter // *Tribology*. Vol. 7, iss. 2. P. 70–76.
- Wolf S., Kind C.-J., Conrad N. J., 2013. Schmuck aus dem Aurignacien von dem schäbischen Alb im Vergleich mit Inventaren aus dem Lahntal und dem Rheinland // *Archäologisches Korrespondenzblatt*. № 43. S. 295–313.

REFERENCES

- Baskova V.A., 2017. Orudiya iz kosti i bivnya verhnepaleoliticheskoy stoyanki Gagarino [Bone and Ivory Tools from the Upper Palaeolithic Site Gagarino]. *Verkhnedonskoy arheologicheskiiy sbornik* [Verkhnedonskoy Archaeological Digest], iss. 9. Lipetsk, LSPU named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, pp. 11–14.
- Birshtein V.Ya., 1975. O stroenii i himicheskoy sostave podelochnoy kosti, slonovykh bivney i klykov morzhey [About the Structure and Chemical Composition of Ornamental Bone, Ivory Tusks and Walrus Tusks].

- Hudozhestvennoe nasledie. Hranenie. Issledovanie. Restavratsiy* [Artistic Heritage. Storage. Research. Restoration], vol. 1, no. 31. Moscow, GosNIIR, pp. 63-73.
- Verkhniy paleolit: obrazy, simvol, znaki. Katalog predmetov iskusstva mal'kh form i unikalnykh nakhodok verkhnego paleolita iz arkhologicheskogo sobraniya MAE RAN* [The Upper Paleolithic: Images, Symbols, Signs. Catalogue of Art Objects of Small Forms and Unique Finds of the Upper Paleolithic from the MAE RAS Archaeological Collection], 2016. Saint Petersburg, Extraprint Publ. 384 p.
- Maykova N.V., 2019. K istorii traditsionnogo yaponskogo lubyanogo tekstilya: tekhnologiya sozdaniya niti [History of Japanese Bast Fiber Textile: Thread Making], *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University], no. 8 (185), pp. 111-119.
- Fedorchenko A.Yu., Belousova N.E., 2021. Khronologiya i kul'turnaya atributsiya drevneyshikh kostyanykh igl verkhnego paleolita Sibiri [Chronology and Cultural Attribution of the Earliest Upper Palaeolithic Bone Needles of Siberia]. *Stratum Plus*, no. 1, pp. 217-257.
- Khlopachev G.A., Giryа E.Yu., 2010. Sekrety drevnih kostorezov Vostochnoy Evropy i Sibiri: priomy obrabotki bivnya mamonta i roga severnogo olenya v kamennom veke (po arheologicheskim i eksperimental'nym dannym) [The Secrets of Ancient Bone Carvers of Eastern Europe and Siberia: Techniques for Processing Mammoth Tusks and Reindeer Horns in the Stone Age (Based on Archaeological and Experimental Data)]. Saint Petersburg, Nauka Publ. 144 p.
- Chkhatarashvili G., 2016. Final'nyy verkhniy paleolit v peshchere Dzudzuana [The Final Upper Paleolithic in the Dzudzuana Cave]. *Tyragetia*, vol. 10 (25), no. 1, pp. 75-79.
- Shmidt I.V., Koval'chenko E.A., 2022. Rezul'taty eksperimenta po ispol'zovaniyu kostyanoy igly dlya perforatsii shkury gruboy vydelki [Experimental Results of Using the Bone Needle for Punching Rough-Workmanship Hides]. *Vestnik NGU. Seriya: Istoriya, filologiya* [Vestnik NSU. Series: History and Philology], vol. 21, no. 5, pp. 20-31.
- Schmidt I.V., Kerik A.D., 2025. Perforatsiya tonkoy shkury mekhanicheskoy vydelki kostyanoy igloy: interpretatsiya rezul'tatov eksperimenta [Mechanical-Workmanship Fine-Hide Perforation with a Bone Needle: Interpretation of Experimental Results]. *Vestnik NGU. Seriya: Istoriya, filologiya* [Vestnik NSU. Series: History and Philology], vol. 24, no. 3, pp. 9-19.
- Andriotis O.G., Nalbach M., Philipp J., 2023. Mechanics of Isolated Individual Collagen Fibrils Updates. *Acta Biomaterialia*, no. 163, pp. 35-49.
- Borić D., Cristiani E., 2019. Taking Beads Seriously: Prehistoric Forager Ornamental Traditions in Southeastern Europe. *Paleo Anthropology*, Special Issue: Personal Ornaments in Early Prehistory, pp. 208-239.
- Bouchud J., 1977. Les aiguilles en os: étude comparée des traces laissées par la fabrication et l'usage sur le matériel préhistorique et les objets expérimentaux. *Méthodologie appliquée à l'industrie de l'os préhistorique: Deuxième colloque international sur l'industrie de l'os dans la Préhistoire: Abbaye de Sénanque (Vaucluse)*, 9-12 juin 1976. Paris, CNRS, pp. 256-267.
- Bradfield J., 2020. The Perception of Gloss: A Comparison of Three Methods for Studying Intentionally Polished Bone Tools. *Journal of Archaeological Science*, Reports 32, art. 102425.
- Cheval C., 2023. L'étude des fibres textiles utilisées en Préhistoire à partir de l'analyse tracéologique des fûts et des chas d'aiguilles: constitution d'un référentiel expérimental. [ACCES LIBRE] *29e Congrès Préhistorique de France (2024): Hiatus, lacunes et absences: identifier et interpréter les vides archéologiques (31 mai – 4 juin 2021 Toulouse)*. HAL Id: hal-04177504. URL : <https://hal.science/hal-04177504v1>
- Cook J.G., 1959. *Handbook of Textile Fibres. Vol. 1: Natural Fibres*. Herts, Merrow Publishing Company. 422 p.
- Cristiani E., Borić D., 2012. 8500-Year-Old Late Mesolithic Garment Embroidery from Vlasac (Serbia): Technological, Use-Wear and Residue Analyses. *Journal of Archaeological Science*, no. 9, pp. 3450-3469.
- d'Errico F., Doyon L., Zhang S., Baumann M., Lazni M., Lázníčková-Galetová M., Gao X., Chen F., Zhang Y., 2018. The Origin and Evolution of Sewing Technologies in Eurasia and North America. *Journal of Human Evolution*, no. 125, pp. 71-86.
- Fagan D.A., Oosterhuis J.E., Roocroft A., 2001. Captivity Disorders in Elephants Impacted Molars and Broken Tusks. *Zoologische Garten (Neue Folge)*, no. 71, pp. 281-303.
- Freund A., Eggert G., Kutzke H., Barbier B., 2002. On the Occurrence of Magnesium Phosphates on Ivory. *Studies in Conservation*, vol. 47, iss. 3, pp. 155-160.
- Fullagar R., 2014. Residues and Usewear. *Archaeology in Practice: A Student Guide to Archaeological Analyses*. Malden, Blackwell Publishing, pp. 232-263.

- Hardy B.L., Moncel M.-H., Kerfant C., Lebon M., Bellot-Gurlet L., Mélard N., 2020. Direct Evidence of Neanderthal Fibre Technology and its Cognitive and Behavioral Implications. *Scientific Reports*, no. 10 (1), p. 4889.
- Huang Y.P., 1993. Study on the Making and Using of Bone Needles in Xiaogushan Cave Site (in Chinese with English Abstract). *Chinese Archaeology*, no. 3, pp. 260-268.
- Issenman B.K., 1997. *Sinews of Survival: The Living Legacy of Inuit Clothing*. Vancouver, University of British Columbia Press. 224 p.
- Kaudela V., 2024. The Adornments of the Gravettian ite Krems-Wachtberg in Chronological and Techno-Cultural Context. *Přehled výzkumu*, no. 65/1, pp. 57-83.
- Kvavadze E., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A., Boaretto E., Jakeli N., Matskevich Z., Meshveliani T., 2009. 30,000-Year-Old Wild Flax Fibers. *Science*, vol. 325, iss. 5946, no. 11, p. 1359.
- Legrand A., 2008. Neolithic Bone Needles and Vegetal Fibres Working: Experimentations Ans Use-Wear Analysis. "Prehistoric Technology" 40 Years Later: Functional Studies and Russian Legacy. BAR International Series 1783. Oxford, Archaeopress, pp. 445-450.
- LeMoine G.M., 1997. *Use Wear Analysis on Bone and Antler Tools of the Mackenzie Inuit*. BAR. International Series 679. Oxford, Hadrian Books. 146 p.
- Lichtwark G.A., Wilson A.M., 2005. In Vivo Mechanical Properties of the Human Achilles Tendon During One-Legged Hopping. *Journal of Experimental Biology*, no. 208, pp. 4715-4725.
- Marreiros J., Calandra I., Gneisinger W., Paixão E., Pedergrana A., Schunk L., 2020. Rethinking Use-Wear Analysis and Experimentation as Applied to the Study of Past Hominin Tool Use. *Journal of Paleolithic Archaeology*, no. 3, pp. 475-502.
- Pétillon J.-M., 2008. First Evidence of a Whale Bone Industry in the Western European Upper Paleolithic: Magdalenian Artifacts from Isturitz (Pyrénées-Atlantiques, France). *Journal of Human Evolution*, no. 54 (5), pp. 720-726.
- Sherwood N.L., Forssman T., 2024. Identifying Use-Wear Distributions on Sewing Needles: Possible Later Stone Age Sewing Needle Made from a Tooth Root at Little Muck Shelter, South Africa. *Journal of Archaeological Science: Reports*, no. 53, art. 104347.
- Solovev T.M., Petukhova E.S., Botvin G.V., Isakova T.A., Pavlova V.V., 2021. Investigation of Mammoth Tusl Mammothus Primigenius by Thermogravimetry and X-Ray Diffraction Analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1079, art. 042011.
- Steguweit L., 2015. Rotten Ivory as Raw Material Source in European Upper Palaeolithic. *Quaternary International*, no. 361, pp. 313-318.
- Stephens P.R., Nunamaker D.M., Butterweck D.M., 1989. Application of a Hall-Effect Transducer for Measurement of Tendon Strains in Horses. *American Journal of Veterinary Research*, no. 50, pp. 1089-1095.
- Stone E.A., 2011. *Through the Eve of Needle: Invertigtions of Ethnographic, Experimental, and Archaeological Bone Tool Use Wear from Perishable Technologies: Dissertation submitted in Parital Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy Anthropology*. New Mexico, University of New Mexico. 588p.
- Stordeur D., 1977. La fabrication des aiguilles à chas, observation et experimentation. *Méthodologie appliquée à l'industrie de l'os préhistorique: Deuxème colloque international sur l'industrie de l'os dans la Préhistoire: Abbaye de Sénanque (Vaucluse), 9-12 Juin 1976*. Paris, CNRS, pp. 251-256.
- Stordeur-Yedid D., 1979. Les aiguilles a chas au Paléolithique. *Gallia Préhistorique*, Supplement XIII. 216 p.
- Tortosa J., Guillem P.-J., Yolanda C.M., Joan R.S., Jesús F., Carles M.E., Carlos V.C., 2020. Cordage, Basketry and Containers at the Pleistocene – Holocene Boundary in Southwest Europe. Evidence from Coves de Santa Maira (Valencian region, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, no. 29, pp. 582-594.
- Vanhaeren M., d'Errico F., 2001. La Parure de l'enfant de la Madeleine (Fouilles Peyrony). Un nouveau regard sur l'enfance au Paléolithique supérieur. *PALEO*, no. 13, pp. 201-240.
- Vashisht S.K., Radhakrishnan V., 1974. Surface Studies with a Gloss Meter. *Tribology*, vol. 7, iss. 2, pp. 70-76.
- Wolf S., Kind C.-J., Conard N.J., 2013. Schmuck aus dem Aurignacien von dem schäbischen Alb im vergleich mit Inventaren aus dem Lahntal und dem Rheinland. *Archäologisches Korrespondenzblatt*, no. 43, S. 295-313.

Information About the Authors

Irina V. Schmidt, Candidate of Sciences (History), Associate Professor, Department of Theology, Philosophy and Cultural Studies; Employee, Laboratory of Archeological Studies, Dostoevsky Omsk State University, Prosp. Mira, 55a, 644077 Omsk, Russian Federation, rebewster@googlemail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8608-5321>

Evgeniy A. Rogachev, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Department of Physics, Omsk State Technical University, Prosp. Mira, 11, 644050 Omsk, Russian Federation, earogachev@omgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2622-7492>

Vladimir Yu. Maliy, Laboratory Assistant, Department of Physics, Omsk State Technical University, Prosp. Mira, 11, 644050 Omsk, Russian Federation, volodya.maliy@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-8773-5947>

Anna D. Kerik, Master's Student, Altai State University, Prosp. Lenina, 61, 656049 Barnaul, Russian Federation, a-kerik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2217-8235>

Информация об авторах

Ирина Викторовна Шмидт, кандидат исторических наук, доцент кафедры теологии, философии и культурологии; сотрудник лаборатории археологических исследований, Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, просп. Мира, 55а, 644077 г. Омск, Российская Федерация, rebewster@googlemail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8608-5321>

Евгений Анатольевич Рогачев, кандидат технических наук, доцент кафедры физики, Омский государственный технический университет, просп. Мира, 11, 6440050 г. Омск, Российская Федерация, earogachev@omgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2622-7492>

Владимир Юрьевич Малий, лаборант кафедры физики, Омский государственный технический университет, просп. Мира, 11, 6440050 г. Омск, Российская Федерация, volodya.maliy@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-8773-5947>

Анна Дмитриевна Керик, магистрант, Алтайский государственный университет, просп. Ленина, 61, 656049 г. Барнаул, Российская Федерация, a-kerik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2217-8235>