

## Ю.М. СВОЙСКИЙ

Лаборатория RSSDA, пр. Русанова, 9,  
Москва, 129323, Россия;  
Институт классического Востока и античности НИУ ВШЭ,  
Старая Басманная ул., 21/4, стр. 3, Москва, 105066, Россия  
E-mail: rutil28@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-6256-4299

## Г.А. ХЛОПАЧЕВ

Музей антропологии и этнографии  
им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН,  
Университетская наб., 3, Санкт-Петербург,  
199034, Россия  
E-mail: gakmae@yandex.ru  
ORCID: 0000-0001-6649-7038

## Е.В. РОМАНЕНКО

Лаборатория RSSDA,  
пр. Русанова, 9, Москва, 129323, Россия  
E-mail: eromanenko@yandex.ru  
ORCID: 0000-0001-5138-9202

## М.Э. ПОЛКОВНИКОВА

Государственный Эрмитаж, Дворцовая наб., 34,  
Санкт-Петербург, 190000, Россия  
E-mail: polkovmar@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-2621-9185

## ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИСКУССТВЕ МАЛЫХ ФОРМ ВЕРХНЕГО ПАЛЕОЛИТА И МЕЗОЛИТА ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ\*

### АННОТАЦИЯ

Одним из сюжетов знаково-искусства малых форм Восточной Европы являются абстрактные, геометрические, знаковые изображения, не поддающиеся прямой расшифровке. Большинство известных подобных изображений с археологических памятников верхнего палеолита и мезолита Восточной Европы были нанесены на костяные изделия законченной формы — орудия труда, оружие, предметы бытового и неутилитарного назначения, а также кости разных животных без следов обработки с помощью различных техник резания. Кость хорошо сохраняется в культурных слоях стоянок позднего плейстоцена — раннего голоцена Русской равнины, что делает предметы из этого материала важнейшим источником для изучения геометрических изображений. Однако, несмотря на богатство источниковой базы, проблема их классификации и систематизации остается недостаточно разработанной. Целью статьи является

рассмотрение вопросов практического применения трехмерного моделирования при исследовании предметов искусства малых форм верхнего палеолита и мезолита. Авторами описана практика фотосъемки и особенности применяемых схем освещения и расположения камер, разработанные с учетом специфики геометрии и материала документируемых предметов. Определены минимальные технические требования к детальности моделей, обеспечивающие возможность применения алгоритмов визуализации для исследования тонких гравировок на кости и камне. Описано практическое применение математических алгоритмов визуализации как непосредственно на полигональных моделях, так и на картах высот, построенных на их основе. Предложен способ визуализации и систематизации результатов исследования и обеспечения удаленного доступа к ним с применением современных веб-технологий.

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-09-40043.

**Ключевые слова:** верхний палеолит, мезолит, Восточная Европа, геометрические изображения, искусство малых форм, трехмерное моделирование, фотограмметрия, визуализация поверхности.

**Для цитирования:** Свойский Ю.М., Романенко Е.В., Хлопачев Г.А., Полковникова М.Э. Трехмерное моделирование при исследовании геометрических изображений в искусстве малых форм верхнего палеолита и мезолита Восточной Европы // *Camera praehistorica*. 2020. № 2 (5). С. 8–24. DOI: 10.31250/2658-3828-2020-2-8-24.

---

Y. M. SVOYSKI

RSSDA Lab, Rusanova Prospect, 9, Moscow, 129323, Russian Federation;  
HSE Institute for Oriental and Classical Studies,  
Staraya Basmannaya Ulitsa, 21/4, str. 3, Moscow, 105066, Russian Federation  
E-mail: rutil28@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-6256-4299

E. V. ROMANENKO

RSSDA Lab,  
Rusanova Prospect, 9, Moscow,  
129323, Russian Federation  
E-mail: eromanenko@yandex.ru  
ORCID: 0000-0001-5138-9202

G. A. KHLOPACHEV

Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography  
(the Kunstkamera) Russian Academy of Sciences,  
Universitetskaya Naberezhnaya, 3, St. Petersburg, 99034, Russian Federation  
E-mail: gakmae@yandex.ru  
ORCID: 0000-0001-6649-7038

M. E. POLKOVNIKOVA

The State Hermitage Museum,  
Dvortsovaya Naberezhnaya, 34,  
St. Petersburg, 190000, Russian Federation  
E-mail: polkovmar@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-2621-918

### 3D MODELING IN THE STUDIES OF THE PORTABLE ART GEOMETRICAL IMAGES OF THE UPPER PALEOLITHIC AND MESOLITHIC OF EASTERN EUROPE\*

---

#### ABSTRACT

One of the plots of the portable art forms of Eastern Europe is abstract, geometric, symbolic images that cannot be deciphered directly. Most of the currently known such geometric images from the archaeological sites of the Upper Paleolithic and Mesolithic of Eastern Europe were applied to finished bone products — tools, weapons, household and non-utilitarian items, as well as bones of various animals without traces of processing using various cutting techniques. The bone is well preserved in the cultural layers of the sites of the late Pleistocene — early Holocene of the Russian Plain, which makes objects from this material an important source for the study of geometric images. However, despite the richness of the source base, the problem of classification and systematization of geometric images in

the art of small forms remains poorly developed. The purpose of the article is to consider the issues of practical application of three-dimensional 3D modeling in the study of art objects of small forms of the Upper Paleolithic and Mesolithic. The authors describe the practice of photographing such objects and the peculiarities of the lighting schemes and camera positioning, developed taking into account the specifics of the geometry and material of the documented objects. The minimal technical requirements for the resolution of the models have been determined, which provide the possibility of using visualization algorithms to study fine engravings on bone and stone. The practical application of mathematical visualization algorithms both directly on polygonal models and on height maps built on

---

\* Funding: The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 18-09-40043.

their basis is described. A method for visualizing and systematizing research results and providing

remote access to them using modern web technologies is proposed.

**Key words:** The Upper Paleolithic Age, Mesolithic, Eastern Europe, geometric images, the portable art, 3D modeling, photogrammetry, surface rendering.

**For citation:** Svoyski Y.M., Romanenko E.V., Khlopachev G.A., Polkovnikova M.E. 3D modeling in the studies of the portable art geometrical images of the Upper Paleolithic and Mesolithic of Eastern Europe. *Camera praehistorica*. 2020, no. 2 (5), pp. 8–24. DOI: 10.31250/2658-3828-2020-2-8-24.

## ВВЕДЕНИЕ

В нефигуративном (символическом) искусстве малых форм верхнего палеолита и мезолита Восточной Европы широко представлены геометрические фигуры, знаки и орнаменты. Их наносили на разнообразные костяные изделия законченной формы — орудия труда, оружие, предметы бытового и неутилитарного назначения, а также кости разных животных без следов обработки. Костяное сырье относится к числу твердых органических материалов, которые хорошо сохраняются в культурном слое и поэтому представлены в значительном количестве памятников финального плейстоцена — раннего голоцена на территории Русской равнины. Именно это делает костяные индустрии важнейшим источником для изучения геометрических изображений в искусстве малых форм. Однако немногочисленные находки деревянных поделок с геометрической резьбой в ходе раскопок ряда мезолитических стоянок, культурные остатки которых залегают в торфяниках, где особо благоприятные условия для сохранности органики, свидетельствуют о том, что абстрактные изображения были представлены и на изделиях из других органических материалов. Большинство известных нам геометрических изображений наносилось на костяные основы с помощью различных техник резания. Подобные же изображения, исполненные техникой росписи, редки [Шовкопляс 1965], что скорее следует объяснять плохой сохранностью красочных пигментов на

поверхности костяных находок в погребенном культурном слое.

Несмотря на несомненное богатство источниковой базы, проблема классификации и систематизации абстрактных изображений геометрического характера в искусстве малых форм палеолита и мезолита Восточной Европы до настоящего времени остается разработанной не в достаточной мере. Сложные геометрические изображения находятся в тени фигуративного (реалистичного) искусства малых форм, которому посвящена весьма обширная литература ([Замятнин 1935; Ефименко 1958; Абрамова 1962; 2005; 2010; Шовкопляс 1965; Яковлева 2013; Гвоздовер 1987; Зверь и человек... 2009; Верхний палеолит: образы... 2016; Гурина 1956; Попова 2001; Формозов 1980] и др.). Знаковое же искусство рассматривается всего в нескольких специальных исследованиях. Это статья М.Д. Гвоздовер, где анализируются геометрические орнаменты на поделках со стоянок костенковско-авдеевской археологической культуры [Гвоздовер 1985], и три взаимодополняющие друг друга работы С.В. Ошибкиной о геометрических гравировках и орнаментах мезолитической культуры Веретье [Ошибкина и др. 1992; Ошибкина 1997: 128–144; 2017]. В целом же современные представления о знаковом, геометрическом искусстве, как правило, ограничиваются общей характеристикой геометрии знаков, заполняющих определенные зоны на предмете, — «ромбический орнамент», «сотый орнамент», «зигзаг» и др. ([Абрамова 1962;

Поликарпович 1968; Величко и др. 1997; Григорьева 1997] и др.). Вместе с тем данные, полученные американским исследователем А. Маршаком в процессе трасологического изучения гравированных геометрических изображений на костяных предметах со стоянок верхнего палеолита и мезолита Русской равнины, говорят об этих изображениях как о сложносоставных [Marshack 1972; 1979]. Исследователь убедительно показал, что они представляют собой «ограниченный набор семантически родственных мотивов, которые наносились периодически, повторно на один и тот же предмет», но при этом демонстрируют удивительное многообразие сюжетов [Marshack 1979].

Фиксация и сравнительная оценка сюжетов изображений на предметах искусства малых форм требуют анализа техники, последовательности нанесения составляющих его графических элементов. Использование традиционного бинокулярного микроскопа для этих целей возможно, когда гравировка нанесена на относительно плоскую и ровную поверхность. Однако когда приходится изучать геометрическое изображение на предметах со сложным объемом (стилизованная женская статуэтка, тонкий игловидный наконечник, предмет конусовидной формы и др.) и занимающее значительную, а иногда всю его поверхность, возможности обычного микроскопа становятся достаточно ограниченными. Перспективным для исследования гравировок представляется метод трехмерного моделирования с последующим применением к модели алгоритмов визуализации геометрии поверхности. Залогом успешного применения этого метода является высокое качество (точность, детальность, отсутствие «шумов», корректность размеров) модели предмета.

## ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для предметов искусства малых форм палеолита и мезолита характерны небольшие размеры при значительном удлинении (отношение

длины предмета к его толщине / ширине или диаметру), тонкие (часто острые) края, блеск, подверженность электризации и хрупкость, ограничивающая возможности манипуляций с предметом. Вследствие особенностей геометрии и свойств материала такие предметы достаточно сложны для моделирования. Исследование возможностей различных методик их документирования (лазерное сканирование, сканирование структурированным светом, фотосъемка с последующей фотограмметрической обработкой) убеждает в том, что единственным способом моделирования, который может быть практически использован, оказывается фотосъемка с последующей фотограмметрической обработкой. Сканирование структурированным светом исключается из-за недостаточной детальности моделирования, лазерное сканирование — из-за невозможности применения на бликующих поверхностях.

При фотограмметрическом моделировании исходные данные для создания модели собираются путем фотографирования объекта с разных ракурсов, таким образом, чтобы каждая точка поверхности наблюдалась в центральной части не менее чем трех фотоснимков. Точное и детальное моделирование возможно только по фотоснимкам высокого разрешения и четкости. Вполне очевидно, что залогом этого являются хорошее фотооборудование и корректная методика фотосъемки, способные обеспечить четкость фотографий высокого разрешения без световых бликов, охватывающих предмет со всех ракурсов и имеющих достаточное число общих точек, распознаваемых фотограмметрическим алгоритмом.

Для успешного моделирования предметов с гравировками потребовалось решить ряд практических проблем сбора исходных фотоснимков, в частности «проблему четкости», «проблему бликов» и «проблему недостаточного числа увязочных точек».

*Проблема четкости.* При фотограмметрической обработке снимков для получения хорошей увязки и высокой детальности модели-

рования необходимо в первую очередь обеспечить высокую четкость исходных фотографий. Она достигается сочетанием ряда факторов, в числе которых: собственно исходная четкость (резкость) изображения, зависящая от свойств объектива; корректная фокусировка объектива; фактическое разрешение, обусловленное фокусным расстоянием объектива, размером матрицы и расстоянием от нодальной точки фотосистемы до поверхности объекта; отсутствие так называемого «смаза», возникающего при перемещении камеры за время экспозиции; низкая зернистость изображения (отсутствие «шума») и достаточная глубина резкости, обеспечиваемая диафрагмированием объектива. Удельный вес каждого из перечисленных факторов различен, но пренебрежение хотя бы одним из них может сделать фотоснимки непригодными для фотограмметрической обработки.

Для обеспечения корректной фокусировки объект съемки должен быть достаточно хорошо освещен, в противном случае автоматическая фокусировка не работает, а ручная существенно замедляет съемку и увеличивает число недостаточно резких фотографий. Необходимая глубина резкости (а также уменьшение хроматических aberrаций) обеспечивается диафрагмированием объектива до  $f/9-f/14$ , а отсутствие «смаза» — короткой выдержкой (не длиннее  $1/200$  сек.). Уменьшение зернистости изображения достигается применением низкой светочувствительности матрицы (значение ISO не более 200). На практике совокупность этих параметров определяет необходимость хорошего освещения документированного предмета. Однако увеличение освещенности неизбежно приводит к появлению на его поверхности отражений от любого источника света, будь то постоянный осветитель, вспышка или солнце.

*Проблема бликов.* Корректное вычисление пространственного положения точек поверхности предмета фотограмметрическим алгоритмом возможно только при наличии общих точек на фотоснимках. Если на поверхности появляется

отражение источника света (блик), представляющее собой «пересвеченный» участок поверхности, расчет становится невозможным, так как на каждом отдельном снимке, захватывающем этот участок поверхности, блик, по очевидным причинам, находится в другом месте. На участках с бликами, вследствие накапливания ошибок алгоритма, поверхность становится неустранимо шероховатой (ямчатой или бугристой). В отдельных случаях на поверхности модели формируются линейные аномалии, которые могут быть ошибочно интерпретированы как реально существующие на предмете линеаменты.

*Проблема недостаточного числа увязочных точек.* Увязка соседних снимков фотограмметрическим алгоритмом возможна только при наличии достаточного числа общих точек, которые могут быть распознаны на изображении. Если таких точек недостаточно много, серии отдельных фотоснимков увязываются только внутри себя и увязка распадается на несколько (два и более) независимых компонентов, которые не удастся скомбинировать в единую модель. Как правило, недостаточное число распознаваемых точек возникает при моделировании тонких предметов — с двумя плоскими поверхностями и заостренными краями (чуринги, ножи, кинжалы, скребки, фрагменты головных обручей) и в сечении близких к кругу (наконечники, иглы, острия). В равной степени это относится и ко всем небольшим предметам, которые при фотосъемке на значительном числе кадров занимают его малую часть (менее 5 %) и число распознанных точек является недостаточным для фотограмметрических вычислений.

Для решения проблем четкости, бликов и недостаточного числа увязочных точек были предприняты исследования по подбору оптимального объектива, схем расположения камер и настроек фотоаппарата, а также разработка способов освещения и закрепления предмета во время фотографирования. В результате подобран набор оборудования и выработана методика, обеспечивавшая надежное получение исходных данных для моделирования.

## ОСОБЕННОСТИ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ПРОРЕЗАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Документирование предметов с гравировками осуществлялось системной камерой Sony A7RII (ILCE-7RM2) с полнокадровой матрицей 7952 × 5304 (42 мегапикселя), оснащенной макрообъективом Sony FE 50 mm F2.8 Macro (SEL50M28) с поляризационным светофильтром Marumi EXUS Circular P.L. Предмет монтировался в световом кубе и подсвечивался светодиодными осветителями (прямой свет сверху, отраженный свет сбоку). Съемка выполнялась с накамерным кольцевым осветителем на минимальных значениях импульсной вспышки для матового материала или без осветителя для бликующего материала. В отдельных случаях применялась иная схема освещения, когда предмет монтировался в фотобоксе и подсвечивался двумя или тремя кольцевыми осветителями, направленными в потолок и стены помещения, свет при этом рассеивался стенками фотобокса.

Выбор варианта способа закрепления документируемого предмета определялся его геометрией, материалом и механическими свойствами. Во всех случаях, когда это оказывалось возможным, предмет фотографировался на поворотной платформе. Применение металлических опор и зажимов, клейких масс (в том числе пластилина) полностью исключалось. Допускалось применение тонких опор с заостренными концами, изготовленных из пластика или растительного материала, не имеющего выраженного рисунка поверхности (бамбук, береза).

При документировании предметов с гравировками использовалось 4 схемы расположения камер: 1. *Сферическая схема* применялась для предметов с соотношением минимального и максимального размеров (наибольшее и наименьшее значение X, Y, Z прямоугольного параллелепипеда, описывающего предмет), не превышающим 4:1. В этом случае предмет рассматривается как точка, вокруг которой описывается сфера расположения камер. 2. *Цилиндросферическая схема* применялась для удлиненных

предметов, как правило закрепляемых в вертикальном положении. В этом случае предмет рассматривается как линия, относительно которой описывается цилиндрическая поверхность расположения камер, причем основания цилиндра замыкаются полусферами. 3. *Офсетная схема* применялась исключительно для крупных предметов сложной геометрии. Камеры располагались на замкнутой пространственной поверхности, упрощенно воспроизводящей геометрию документируемого предмета и отстоящей от него на расстояние, незначительно превышающее минимальную дистанцию фокусировки. 4. *Купольная схема* применялась при документировании предметов, моделируемых незамкнутой поверхностью (монолиты, негативные гипсовые отливки). Камеры располагаются на незамкнутой поверхности, представляющей собой купол с круглым, эллиптическим или близким к прямоугольнику основанием.

При использовании сферической, цилиндросферической и отчасти купольной схем расположения камер (то есть в абсолютном большинстве случаев) фотосъемка осуществлялась с закреплением фотоаппарата на штативе, с накамерным осветителем или без него. Выполнялось 4–5 серий снимков с постепенным перемещением фотоаппарата по вертикали. Число их в серии варьировало от 8 (через 45°) до 36 (через 10°), в зависимости от сложности геометрии предмета.

При использовании сферической и купольной схем при перемещении фотоаппарата по вертикали штатив смещается ближе к объекту съемки с одновременным наклоном оптической оси фотосистемы — таким образом, чтобы расстояние от центра фотографирования до предмета оставалось относительно постоянным. При применении цилиндросферической схемы положение штатива в процессе съемки остается неизменным и он смещается к предмету лишь на одной–двух «верхних» сериях. При офсетной схеме расположения камер съемка выполняется безштативным способом, всегда с накамерным осветителем.

После завершения группы серий предмет устанавливался в другое положение со сменой фона и по описанному выше алгоритму выполнялась следующая группа серий фотоснимков. Для обеспечения корректной увязки и формирования замкнутой модели предмет фотографировался в двух–четырёх положениях, каждый раз с новым фоном.

Съемка велась в сыром формате камеры, для обеспечения корректного воспроизведения цвета поверхности использовались калибровочные мишени, которые фотографировались в начале съемки каждого предмета. Масштабирование выполнялось по калиброванным базисам собственной разработки, автоматически распознаваемым фотограмметрическим программным обеспечением.

## **СПЕЦИФИКА ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Фотограмметрическая обработка данных фотосъемок выполнялась по достаточно стандартному циклу, не имевшему принципиальных отличий от методов, применявшихся на объектах иной природы — надписях, петроглифах, разнородных предметах из музейных коллекций. Тем не менее в рамках этого технологического цикла возникла необходимость разработки некоторых методов и приемов, которые можно определить как специфические для моделирования гравированных предметов палеолита и мезолита.

Высокие требования к качеству воспроизведения деталей гравировок на модели заставили пересмотреть сложившийся подход к фотографической увязке. На ранних этапах документирования было выявлено, что при работе на пределе возможностей фотосистем при увязке возникают «шумы», которые в дальнейшем формируют на модели бугристые и / или ямчатые участки, а в отдельных случаях фотографии вообще не могут быть увязаны. Исследование причин подобных явлений показало, что часть их не связана с исходным качеством фотоматериалов, но обусловлена несовершенством при-

меняемых процедур фотограмметрической обработки. В частности, дисторсия, проявляющаяся при съемке макрообъективами с предельно малых расстояний. Чтобы это компенсировать, были изменены тонкие настройки и использовался наиболее строгий алгоритм коррекции дисторсии. Кроме того, в практику фотограмметрической обработки была внедрена автоматизированная процедура повторной увязки. Эти усовершенствования по мере улучшения качества исходных фотоматериалов существенно повысили и качество моделирования.

Опыт моделирования предметов с гравировками показал, что недостаточно просто создать высокодетальную трехмерную полигональную модель — необходимо не потерять эту детальность при ее подготовке к исследованию. Современное фотограмметрическое программное обеспечение позволяет создавать модели, состоящие из миллиардов полигонов. Однако компьютеры, имеющиеся в распоряжении абсолютного большинства исследователей, не позволяют работать с полигональными моделями, в которых число полигонов приближается к 70 млн. При выполнении документирования предметов с гравировками в 27 % случаев первично сформированная в программной среде модель по числу полигонов превышала этот предел. В отдельных случаях оно приближалось к 300 млн. Предпринятый поиск способов преодоления этого ограничения показал, что оптимальным в отношении качества (но не трудозатрат) является итерационный подбор значения расстояния между узлами модели, при котором общее число полигонов остается в пределах 65 млн. Такая процедура регуляризации моделей была применена на 34 объектах, при этом подбиралось минимально возможное расстояние между узлами (размер полигона) в диапазоне от 0,01 до 0,035 мм. Практика показала, однако, что если размер полигона модели начинает превышать 0,025 мм, то тонкие гравировки отображаются недостаточно четко. Чтобы этого избежать, применялось формирование моделей переменной детальности, на ко-

торых минимальный размер полигона для всей модели задавался 0,03 мм, но участки с гравировками моделировались с минимальным размером полигона 0,015–0,02 мм.

В качестве дополнительного инструмента исследования использовались матричные карты высот отдельных участков поверхности, полученные преобразованием отдельных фрагментов полигональных моделей. Они формировались двумя способами: в простых случаях — из окончательно сформированной модели, в сложных — непосредственно из первичной модели, не прошедшей постфотограмметрическую обработку. Несомненные недостатки второго способа (более высокий уровень «шума») компенсируются возможностью получения более высокого разрешения карты высот.

По описанной выше методике было документировано 72 предмета искусства малых форм с геометрическими гравировками из археологических коллекций памятников верхнего палеолита Восточной Европы — Костенки 15 (МАЭ РАН); Костенки 1, слой I (МАЭ РАН); Костенки 13 (МАЭ РАН); Дорошивец 3, слой VI (ИА НАНУ); Хотылево 2 (БГКМ); Тимоновка 1 (МАЭ РАН); Юдиново (НИМРБ и МАЭ РАН); Юровичи (НИМРБ); Борщцево 2 (МАЭ РАН); Елисеевичи 1 (МАЭ РАН), и памятников мезолита — Веретье I (ГЭ); Оленеостровский могильник (МАЭ РАН); Замостье 2 (ИА РАН); Ивановское 7 (ИА РАН)\*. На основе собранных данных сформированы и подготовлены к исследованию трехмерные полигональные модели с детальностью (максимальным размером единичного полигона) в диапазоне 0,005–0,015 мм для поверхностей с мелкими гравировками. На крупных предметах с ясно читаемой резьбой допускалось снижение детальности модели до 0,025 мм.

\* Полевое документирование выполнено коллективом Лаборатории RSSDA (А.А. Зиганшина, С.В. Пешков, Е.В. Романенко, Ю.М. Свойский), моделирование выполнено Е.В. Романенко, в подготовке материалов для настоящей статьи принимали участие А.А. Зиганшина, А.П. Гирич и А.А. Пичугина.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИРОВОК ПО ТРЕХМЕРНЫМ МОДЕЛЯМ

Для выявления и исследования деталей геометрических изображений, вырезанных на предметах из твердых органических материалов, была применена методика визуализации и анализа трехмерных моделей, опробованная на разном материале, преимущественно на плохо сохранившихся надписях (в том числе граффити) и разрушающихся петроглифах [Свойский и др. 2018; Авдеев, Свойский 2019]. Эта методика состоит из двух этапов — работы непосредственно с трехмерной полигональной моделью и изучения отдельных участков поверхности по матричной карте высот, полученной преобразованием фрагмента полигональной модели.

При работе непосредственно с трехмерной полигональной моделью поверхность исследуется с помощью перемещаемого эмулированного источника или источников света (при необходимости их создавалось до 4) относительно поверхности предмета. Использование динамической подсветки / затемнения отдельных элементов поверхности в сочетании с отключением текстуры (цвета) поверхности создает идеальные условия для выявления деталей структуры построения изображения.

Применение такого приема визуализации рельефа поверхности на широком ноже из лопатки лося «...с геометрическим орнаментом из вертикальных линий с одной стороны гребня и наклонных, собранных в треугольники с другой стороны, по срезу гребня шесть косых крестов...» с мезолитической стоянки Веретье I [Ошибкина 2017: 18, 74, рис. 1: 1] и на обломке дистального конца бивня мамонта «...с сеткой из разновеликих ромбов» из раскопок верхнепалеолитической стоянки Юдиново [Григорьева 1997: 22, 47, рис. 23] позволило детально рассмотреть эти предметы и отдельные их элементы с разных ракурсов, уточнить морфометрические характеристики каждой линии, восстановив таким образом последовательность нанесения орнамента. Наиболее информативные ракурсы



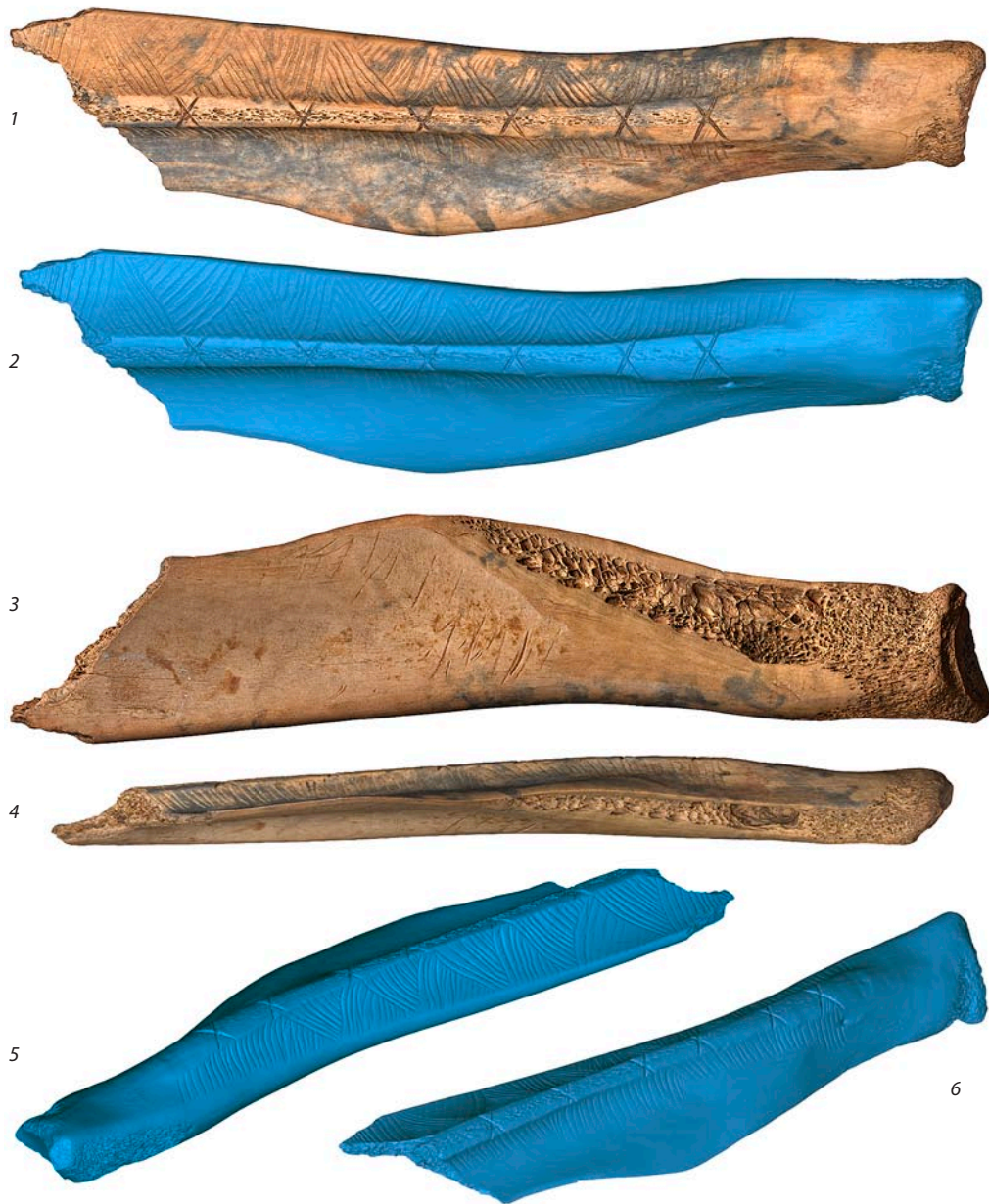
были зафиксированы в виде растровых изображений высокого разрешения.

Нож со стоянки Веретье I (ГЭ № 2930/134) (рис. 1) представляет собой центральную часть лопатки взрослого лося с сохранившейся суставной впадиной и обломанным дорсальным краем. Обширные участки лопатки по краям срезаны, а верхушка ости плоско стесана до губчатой массы. Краниальный край лопатки заточен и превращен в лезвие, каудальный — скруглен. На латеральной поверхности лопатки наблюдаются три вида геометрических изображений, прорезанных широкими и глубокими линиями и привязанных к ости лопатки — ее срезанной верхушке и переходам к предостной и заостной ямкам. При этом на каудальной стороне ости вырезан зональный орнамент из чередующихся треугольников, поочередно обращенных своей вершиной то в сторону верхушки ости, то в сторону заостной ямки. Этот орнамент формировался за счет такого последовательного нанесения групп параллельных нарезок, при котором нарезки новой группы опирались на последнюю (самую длинную) линию из предшествовавшей группы и располагались по отношению к ней под углом около  $45^\circ$ . Орнамент наносился от дорсального края лопатки в направлении суставной части. На краниальной стороне ости нанесены субпараллельные нарезки длиной от 6 до 15 мм, состоящие из 3 групп. Различия в направлении, ширине и поперечном профиле линий, образующих эти группы, заставляют предположить, что они наносились в два этапа, двумя разными орудиями и в обратном направлении — от суставной впадины к дорсальному краю лопатки. На уплощенную поверхность ости нанесены 6 косых крестов. Характер наложения нарезок, создающих косые кресты, на линии орнаментов поверхностей ости показывает, что орнаментация гребня происходила на завершающем этапе украшения орудия гравировками.

Дистальный конец бивня с верхнепалеолитической стоянки Юдиново (МАЭ № 7357-290) (рис. 2) принадлежал молодому мамонту и сохранил свою природную конусовидную форму.

Геометрическое изображение имеет зональный характер и занимает менее  $\frac{2}{3}$  поверхности предмета. На сохранившейся части наружного слоя бивня орнамент располагается приблизительно в 50 мм от его дистального конца. Все гравировки на бивне выполнены техникой глубокого прорезания. Исследование модели с отключенной цветовой текстурой при изменении направления освещения также позволило выявить ряд закономерностей. В поперечном сечении бивень имеет форму неправильного овала, его левая и правая поверхности уплощены, а верхняя и нижняя — выпуклые. Верхняя и левая стороны бивня покрыты ромбическим орнаментом, образованным пересечением глубоко прорезанных линий под углом около  $25^\circ$ . На правую сторону в 6 рядов нанесены зигзагообразные линии, отделенные от зонального ромбического орнамента участком поверхности без гравировок. На нижней стороне бивня гравировки различимы плохо, однако при удачном направлении освещения (при одновременно отключенной фототекстуре) видно, что ряды зигзагов доходят почти до середины нижней стороны, причем глубина образующих их нарезок при переходе на нижнюю сторону предмета заметно уменьшается, свидетельствуя о стертости этой поверхности. На ее сильную стертость указывает и наличие серии субпараллельных царапин, расположенных под углом  $45^\circ$  к продольной оси бивня.

В ряде случаев для анализа техники и последовательности нанесения гравировок оказывается полезным выделение на поверхности предмета участков детализации (рис. 3: 3–5; рис. 4: 4–5), когда небольшой фрагмент модели (в данных случаях  $40 \times 10$  и  $20 \times 20$  мм) преобразуется в матричную карту высот с шагом ячейки порядка 0,01 мм с последующим присвоением определенного цвета, обусловленного геометрией поверхности в ее пределах. Условный цвет присваивается тремя способами, в зависимости от: высоты поверхности относительно плоскости, субпараллельной этой поверхности (4 варианта), угла наклона поверхности и направления



**Рис. 1.** Трехмерная полигональная модель ножа из лопатки лося с гравировкой со стоянки Веретье I (ГЭ № 2930/134)

1 — общий вид, срезанная верхушка ости с косыми крестами; 2 — общий вид с отключенной фотографической текстурой; 3 — медиальная сторона лопатки; 4 — вид со стороны лезвия; 5 — зональный орнамент из чередующихся треугольников с отключенной фотографической текстурой; 6 — три группы субпараллельных нарезок с отключенной фотографической текстурой

**Fig. 1.** Three-dimensional polygonal model of the knife from an elk shoulder blade with engraving from the Veretye I site (SHM No. 2930/134)

1 — general view; 2 — general view with the photographic texture turned off; 3 — shoulder blade medial side; 4 — blade-side view; 5 — zonal pattern of the alternating triangles with the photographic texture turned off; 6 — three groups of subparallel carvings with the photographic texture turned off

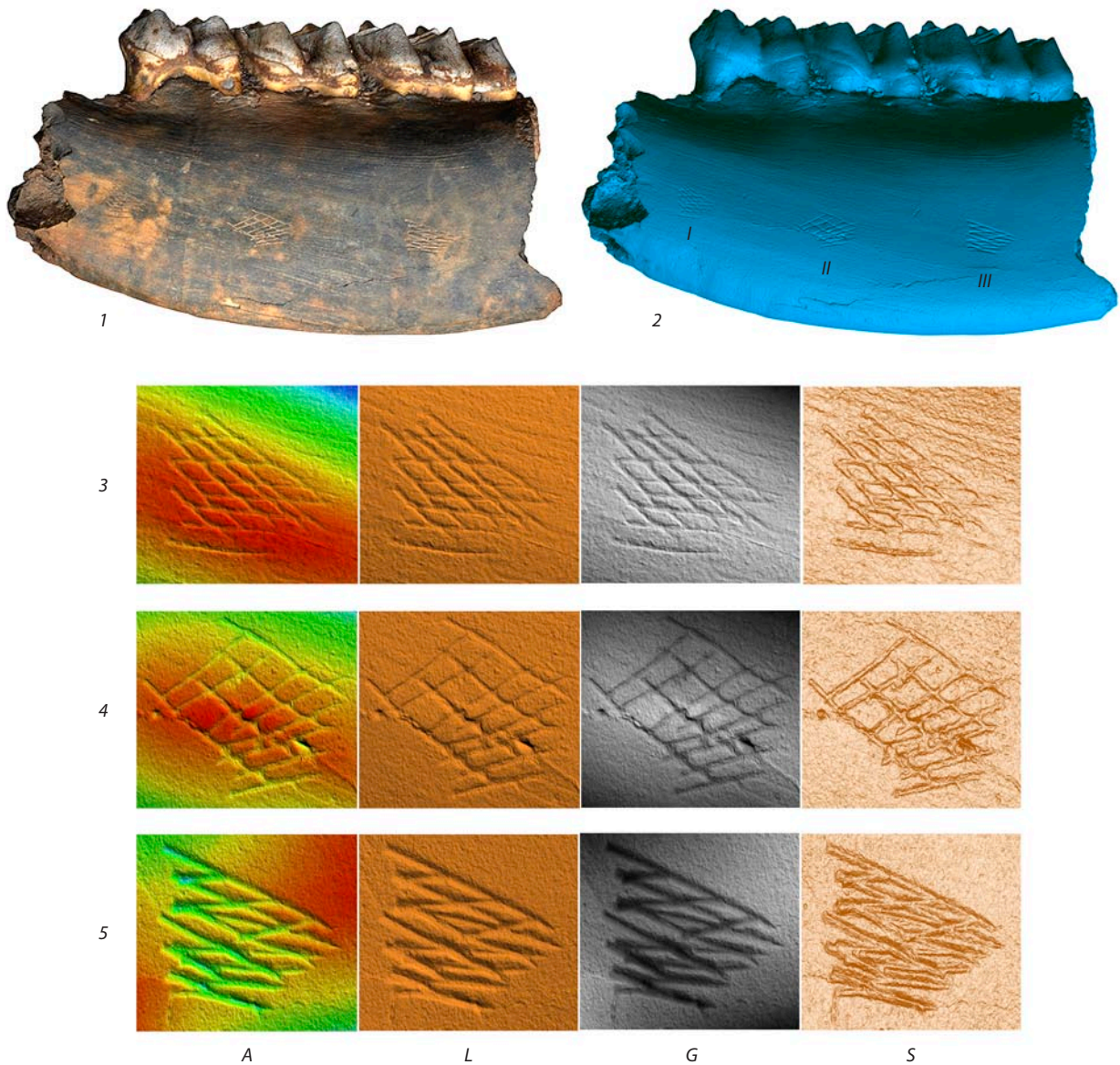


**Рис. 2.** Трехмерная полигональная модель обломка дистального конца бивня мамонта с гравировкой со стоянки Юдиново (МАЭ № 7357-290)

1 — правая сторона бивня с рядами зигзагов; 2 — левая сторона бивня с ромбическим орнаментом; 3 — вид сверху; 4 — вид слева; 5 — вид снизу; 6 — вид справа

**Fig. 2.** Three-dimensional polygonal model of the mammoth tusk tip fragment with engraving from the Yudinovo site (MAE No. 7357-290)

1 — right side of the tusk with the zigzag rows; 2 — left side of the tusk with the rhomb-shaped pattern; 3 — top view; 4 — left-side view; 5 — bottom view; 6 — right-side view

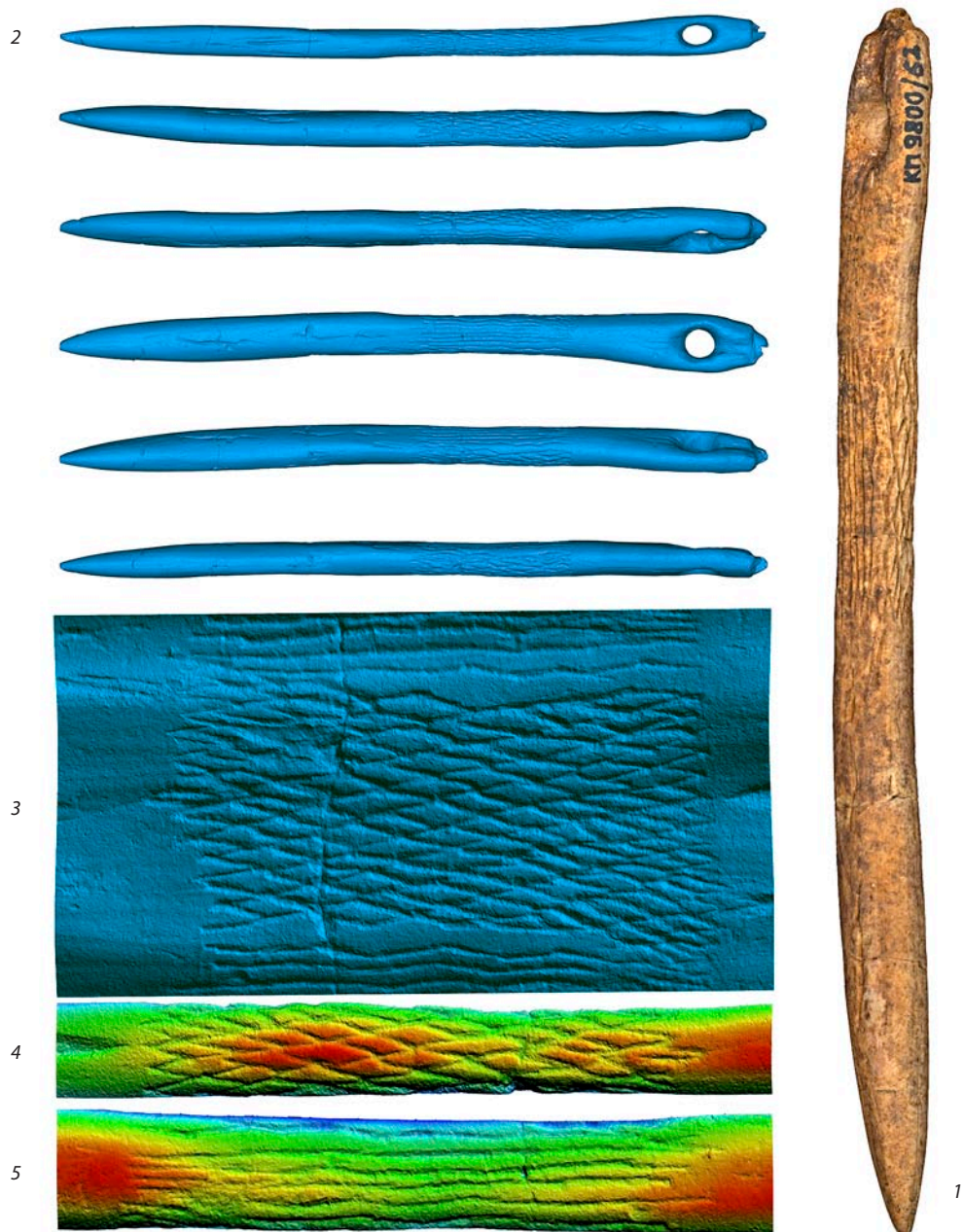


**Рис. 3.** Трехмерная полигональная модель фрагмента челюсти лося с гравировками со стоянки Веретье I (ГЭ № 2930/136) и изображения с картами высот

1 — модель с фотографической текстурой; 2 — модель с отключенной фотографической текстурой (I, II, III — номера гравировок); 3 — гравировка I, карта высот; 4 — гравировка II, карта высот; 5 — гравировка III, карта высот. Схемы визуализации для карты высот: A — по относительной высоте, L — нейтральная с боковым освещением, G — по относительной высоте градиентная, S — по углу наклона поверхности (положение источника света для A, L, G — азимут 45°, высота 45°)

**Fig. 3.** Three-dimensional polygonal model of the elk's chap fragment with engravings from the Veretye I site (SHM No. 2930/136) and altitude map images

1 — a model with the photographic texture; 2 — a model with the photographic texture turned off (I, II, III — numbers of engravings); 3 — engraving I, altitude map; 4 — engraving II, altitude map; 5 — Engraving III, altitude map. Visualization charts for the altitude map: A — by relative elevation, L — neutral one with side illumination, G — by relative elevation gradient, S — by the surface slope angle (light source position for A, L, G — azimuth 45°, altitude 45°)



**Рис. 4.** Трехмерная полигональная модель орнаментированной иглы из бивня мамонта со стоянки Юдиново (НИМРБ КП 9800/62), развертка модели и изображения с картами высот

1 — общий вид; 2 — модель с отключенной фотографической текстурой, повернутая вокруг своей оси под разными углами; 3 — развертка модели; 4 — ромбический орнамент, карта высот (визуализация по относительной высоте); 5 — линейный орнамент, карта высот (визуализация по относительной высоте)

**Fig. 4.** Three-dimensional polygonal model of a patterned needle from the mammoth tusk from the Yudinovo site (BSMLL КП 9800/62), flat pattern and altitude map images

1 — general view; 2 — a model with the photographic texture turned off, turned around its radial axis at different angles; 3 — flat pattern; 4 — rhomb-shaped pattern, altitude map (visualization by relative elevation); 5 — linear pattern, altitude map (visualization by relative elevation)

наклона поверхности. После этого выполняется тонкая настройка алгоритма, обеспечивающая максимальную контрастность визуализации.

Наличие карты высот позволяет уверенно выявить и измерить детали гравировки — изменение ширины и глубины прорезывания отдельных линий, форму оконечностей, последовательность нанесения. Для исследования техники нанесения линий гравировки применяется построение поперечных профилей по карте высот. Этим способом было, в частности, подтверждено предположение о различной логике исполнения гравировок, технике и вероятном использовании разных инструментов при их нанесении на фрагменте левой ветви нижней челюсти взрослого лося (ГЭ № 2930/136) (рис. 3) с мезолитической стоянки Веретье I. Подобные изображения описаны С.В. Ошибкиной как «...три фигуры из перекрещенных линий...» [Ошибкина 1997: 135], «...три локальных сетчатых знака» [Ошибкина 2017: 46, 122, рис. 49: 2]. При исследовании гравировок на фрагменте челюсти лося карта высот выявляет существенные различия в способе их исполнения. Так, для гравировки I (рис. 3: 3) размером  $12 \times 6$  мм характерны три основных направления линий с максимальным углом  $30^\circ$  (ориентированных на  $75^\circ$ ,  $85^\circ$ ,  $105^\circ$ )\*, U-образные и V-образные поперечные профили, хорошо выраженные прямоугольные «левые» и заостренные «правые» оконечности линий, в отдельных случаях отмечаются следы повторных однонаправленных движений инструмента. Глубина линий достигает 0,06 мм при ширине до 0,6 мм. Для гравировки II (рис. 3: 4) размером  $15 \times 7$  мм также характерны три основных направления линий с максимальным углом  $50^\circ$  ( $65^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $115^\circ$ ), при этом наблюдается очевидная последовательность нанесения линий ( $115^\circ$ – $65^\circ$ – $75^\circ$ ). Линии, ориентированные под углом  $75^\circ$ , имеют выраженный W-образный профиль, заметно отличающийся от U-образного профиля остальных линий. Глубина линий достигает

0,04 мм при ширине до 0,4 мм. Гравировка III (рис. 3: 5) размером  $10 \times 6$  мм имеет совершенно иную морфологию. Здесь наблюдаются два направления линий под углом  $40^\circ$  ( $90^\circ$ ,  $130^\circ$ ) с U-образным профилем и округлыми оконечностями. Глубина линий не превышает 0,035 мм при ширине до 0,4 мм.

Таким же образом была исследована и орнаментированная игла из бивня мамонта (НИМРБ КП 9800/62) со стоянки поздней поры верхнего палеолита Юдиново. При ее изучении помимо описанных выше методов управления освещенностью и построения частных карт высот (рис. 4: 4–5) дополнительно применялось развертывание модели на плоскость (рис. 4: 3). Средняя часть иглы длиной около 30 мм покрыта относительно глубоко прорезанными гравировками с V-образным поперечным профилем. Стилль их исполнения, однако, различен. На трех сторонах наблюдается ромбический орнамент, образованный пересекающимися под углом около  $20^\circ$  нарезками. На четвертой стороне, перпендикулярной оси ушка иглы, прорезаны удлиненные волнистые бороздки. Они не такие глубокие (0,07 мм и менее), а их края заметно сглажены по сравнению с линиями на остальных трех сторонах изделия (0,1–0,15 мм). Участок с этими бороздками несколько вогнут. Совокупность всех признаков позволяет предположить, что это следствие износа, который возник, вероятно, в результате использования иглы.

Опыт использования рассмотренных выше сравнительных и морфометрических методов исследования гравировок подтверждает возможность выявления общих / отличных технологических цепочек нанесения геометрических изображений на предметы палеолитического и мезолитического времени, их классификации и типологии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что использование трехмерных моделей для исследования геометрических изображений в искусстве малых

\* Направления линий указаны в условной системе координат.

форм верхнего палеолита и мезолита Восточной Европы имеет бесспорный научный потенциал. Предложенная методика документирования предметов с гравировками дает возможность эффективного использования математических алгоритмов визуализации геометрии поверхности для оценки особенностей построения и сюжета резного орнамента. Она, конечно, не заменяет исследование с применением бинокулярного микроскопа, но существенно дополняет его, позволяя без особых затруднений получить морфометрические характеристики отдельных элементов знакового изображения — в первую очередь глубину и ширину линий, построить поперечный профиль. Несомненным преимуществом методики является возможность получения геометрических точных изображений, не содержащих угловых искажений, неизбежных

на фотографии. При условии высокого качества документирования и моделирования методика позволяет исследовать объекты сложной геометрии и с разной сохранностью поверхности. Это дает исследователям удобный в использовании инструмент для систематизации, классификации и выявления культурно-хронологически значимых типов геометрических изображений в верхнем палеолите и мезолите Восточной Европы.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность хранителям археологических коллекций А.С. Арабей (НИМРБ), Г.В. Кожуриной (БГКМ) и О.В. Лозовской (ИИМК РАН) за помощь в организации работ по документированию предметов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова 1962. Абрамова З.А. Палеолитическое искусство на территории СССР. — М.; Л.: Наука, 1962. — 86 с. (Свод археологических источников. Вып. А4-03).
- Абрамова 2005. Абрамова З.А. Животное и человек в палеолитическом искусстве Европы. — СПб.: Европейский дом, 2005. — 352 с.
- Абрамова 2010. Абрамова З.А. Древнейший образ человека. Каталог по материалам палеолитического искусства Европы. — СПб.: Петербургское Востоковедение, 2010. — 304 с.
- Авдеев, Свойский 2019. Авдеев А.Г., Свойский Ю.М. Методы документирования эпиграфических памятников Московской Руси в рамках Свода русских надписей (СРН) // Вопросы эпиграфики. — Вып. 10. — М.: Русский фонд содействия образованию и науки (Университет Дмитрия Пожарского), 2019. — С. 229–260.
- Величко и др. 1997. Величко А.А., Грехова Л.В., Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И. Первобытный человек в экстремальных условиях среды. Стоянка Елисеевичи. — М.: ГИМ, 1997. — 192 с.
- Верхний палеолит: образы... 2016. Верхний палеолит: образы, символы, знаки. Каталог предметов искусства малых форм и уникальных находок верхнего палеолита из археологического собрания МАЭ РАН. — СПб.: Экстрапринт, 2016. — 384 с.
- Гвоздовер 1985. Гвоздовер М.Д. Орнамент на поделках костенковской культуры // СА. — 1985. — № 1. — С. 9–22.
- Гвоздовер 1987. Гвоздовер М.Д. Археологический контекст женских статуэток костенковской верхнепалеолитической культуры // Проблемы интерпретации археологических источников. — Орджоникидзе: Изд-во Северо-Осетинского гос. ун-та, 1987. — С. 18–33.
- Григорьева 1997. Григорьева Г.В. Исследование верхнепалеолитического поселения Юдиново в 1996 и 1997 гг. — СПб.: ИИМК РАН, 1997. — 49 с.
- Гурина 1956. Гурина Н.Н. Оленеостровский могильник. — М.; Л.: Наука, 1956. — 430 с. (МИА. № 47).
- Ефименко 1958. Ефименко П.П. Костенки I. — М.; Л.: АН СССР, 1958. — 483 с.
- Замятнин 1935. Замятнин С.Н. Раскопки у села Гагарина (Верховья Дона, ЦЧО) // Палеолит СССР. Материалы по истории родового общества. — М.; Л.: Соцэкгиз, 1935. — С. 26–77. (Известия ГАИМК. Вып. 118).
- Зверь и человек... 2009. Зверь и человек. Древнее изобразительное творчество Евразии. — СПб.: Изд-во

- Государственного Эрмитажа, 2009. — 388 с. (Труды Государственного Эрмитажа XLIV).
- Ошибкина 1997. Ошибкина С. В. Веретье I. Поселение эпохи мезолита на Севере Восточной Европы. — М.: Наука, 1997. — 204 с.
- Ошибкина 2017. Ошибкина С. В. Искусство эпохи мезолита (по материалам культуры веретье). — М.: ИА РАН, 2017. — 140 с.
- Ошибкина и др. 1992. Ошибкина С.В., Крайнов Д.А., Зимица М.П. Искусство каменного века (Лесная зона Восточной Европы). — М.: Наука, 1992. — 136 с.
- Попова 2001. Попова Т.А. Новое в изучении скульптуры Оленеостровского могильника на Онежском озере // Каменный век Европейских равнин. Материалы международной конференции. — Сергиев Посад: Изд-во «Подкова», 2001. — С. 120–125.
- Поликарпович 1968. Поликарпович К.М. Палеолит Верхнего Подднепровья. — Минск: Наука и техника, 1968. — 204 с.
- Свойский и др. 2018. Свойский Ю. М., Романенко Е. В., Миклашевич Е.А. Опыт создания цифровых образов эстампажей енисейских петроглифов методом трехмерного моделирования // Camera Praehistorica. — № 1. — 2018. — С. 106–116.
- Формозов 1980. Формозов А.А. Памятники первобытного искусства на территории СССР. — М.: Наука, 1980. — 135 с.
- Шовкопляс 1965. Шовкопляс И.Г. Мезинская стоянка. К истории среднеднепровского бассейна в позднепалеолитическую эпоху. — Киев: Наукова думка, 1965. — 327 с.
- Яковлева 2013. Яковлева Л. Найдавніше мистецтво України. — Київ: Стародавній Світ, 2013. — 288 с.
- Marshack 1972. Marshack A. The Roots of Civilization. The cognitive beginnings of man's first art, symbol and notation. — New York–St. Louis–San Francisco–Toronto–Mexico–Dusseldorf, 1972. — 413 p.
- Marshack 1979. Marshack A. Upper Palaeolithic Symbol Systems of the Russian Plain: Cognitive and Comparative Analysis. //Current Anthropology. — 1979. — Vol. 20/2. — P. 271-311.

## REFERENCES

- Abramova, Z.A., *Paleolithicheskoe iskusstvo na territorii SSSR* [The Paleolithic Art on the Territory of the USSR] (*Svod arkheologicheskikh istochnikov*, vol. A4-03), Moscow; Leningrad: Nauka Publ., 1962, 85 p., (in Russian).
- Abramova, Z.A., *Zhivotnoe i chelovek v paleolithicheskoy iskusstve Evropy* [Animal and Man in the Paleolithic Art of Europe], St. Petersburg: Evropeiskii dom Publ., 2005, 352 p., (in Russian).
- Abramova, Z.A., *Drevneishii obraz cheloveka. Katalog po materialam paleolithicheskogo iskusstva Evropy* [The Earliest Image of Man. Catalogue Based on the Materials of the Paleolithic Art of Europe], St. Petersburg: Peterburgskoe Vostokovedenie Publ., 2010, 304 p., (in Russian).
- Avdeev, A.G., Svoysky, Yu.M., *Metody dokumentirovaniia epigraficheskikh pamiatnikov Moskovskoi Rusi v ramkakh Svoda russkikh nadpisei (CIR)* [The Methodic of the Documentation of the Russian Epigraphic Sites in the Framework of the Russian Inscription Code (CIR)], in: *Voprosy epigrafiki*, vol. 10, Moscow: Russian Foundation for the Promotion of Education and Science (Dmitry Pozharsky University) Publ., 2019, pp. 229–260, (in Russian).
- Efimenko, P.P., *Kostenki I* [Kostenki I], Moscow; Leningrad: AN SSSR Publ., 1958, 483 p., (in Russian).
- Formozov, A.A., *Pamiatniki pervobytnogo iskusstva na territorii SSSR* [Sites of Primitive Art on the Territory of the USSR], Moscow: Nauka Publ., 1980, 135 p., (in Russian).
- Grigor'eva, G.V., *Issledovanie verkhnepaleolithicheskogo poseleniia Iudinovo v 1996 i 1997 gg.* [Study of the Upper Paleolithic Settlement of Yudinovo in 1996 and 1997], St. Petersburg: IIMK RAN Publ., 1997, 49 p., (in Russian).
- Gurina, G.G., *Oleneostrovskii mogil'nik* [Oleneostrovsky Burial Ground] (*Materialy i issledovaniia po arkheologii SSSR*, no.47), Moscow; Leningrad: Nauka Publ., 1956, 430 p., (in Russian).
- Gvozdover, M.D., *Ornament na podelkakh kostenkovskoi kul'tury* [Ornamentation on Artefacts of Kostenki Culture], *Sovetskaiia arkheologiya*, 1985, no. 2, pp. 9–22, (in Russian).
- Gvozdover, M.D., *Arkheologicheskii kontekst zhenskikh statuetok kostenkovskoi verkhnepaleolithicheskoi kul'tury* [Archaeological Context of Female Figurines of the Kostenki Upper Paleolithic Culture], in: *Problemy interpretatsii arkheologicheskikh istochnikov*,



- Ordzhonikidze: SOGU Publ., 1987, pp. 18–33, (in Russian).
- Iakovleva, L., *Naidavnishe mystetstvo Ukraïny* [The Oldest Art of Ukraine], Kyïv: Starodavniy Svit, 2013, 288 p., (in Ukrainian).
- Marshack, A., *The Roots of Civilization. The cognitive beginnings of man's first art, symbol and notation*, New York: McCraw-Hill; London: Weidenfeld and Nicolson, 1972, 413 p.
- Marshack, A., Upper Palaeolithic Symbol Systems of the Russian Plain: Cognitive and Comparative Analysis, *Current Anthropology*, 1979, vol. 20, no. 2, pp. 271–311.
- Oshibkina, S.V., *Veretë I. Poselenie epokhi mezolita na Severe Vostochnoi Evropy* [Veretë I. Mesolithic Site in the North of Eastern Europe], Moscow: Nauka Publ., 1997, 204 p., (in Russian).
- Oshibkina, S.V., *Iskusstvo epokhi mezolita (po materialam kul'tury veretë)* [The Mesolithic Art (Based on the Materials of Veretë Culture)], Moscow: IA RAN Publ., 2017, 140 p., (in Russian).
- Oshibkina, S.V., Krainov, D.A., Zimina, M.P., *Iskusstvo kamennogo veka (Lesnaia zona Vostochnoi Evropy)* [The Art of the Stone Age (Forest Zone of Eastern Europe)], Moscow: Nauka Publ., 1992, 136 p., (in Russian).
- Polikarpovich, K.M., *Paleolit Verkhnego Poddneprov'ia* [Paleolithic of the Upper Dnieper], Minsk: Nauka i tekhnika Publ., 1958, 204 p., (in Russian).
- Popova, T.A., *Novoe v izuchenii skulptury Oleneostrovskogo mogil'nika na Onezhskom ozere* [New in the Study on the Sculpture of the Oleneostrovsky Burial Ground on Lake Onega], in: *Kamennyi vek Evropeiskikh ravnin. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii*, Sergiev Posad: Podkova Publ., 2001, pp. 120–125, (in Russian).
- Shovkoplias, I.G., *Mezinskaia stoianka. K istorii srednepetrovskogo basseina v pozdnepaleoliticheskuiu epokhu* [Mezen Site. On the History of the Middle Dnieper Basin in the Late Paleolithic Period], Kiev: Naukova dumka Publ., 1965, 327 p., (in Russian).
- Svoyski, U.M., Romanenko, E.V., Miklashevich, E.A., *Opyt sozdaniia tsifrovyykh obrazov estampazhei eniseiskikh petroglifov metodom trekhmernogo modelirovaniia* [The Experience of Creating Digital Images of the Estampages of the Yenisei Petroglyphs by the Method of 3D Modeling], *Camera Praehistorica*, 2018, no. 1(1), pp. 106–116, (in Russian).
- Velichko, A.A., Grekhova, L.V., Gribchenko, Iu.N., Kurenkova, E.I., *Pervobytnyi chelovek v ekstremal'nykh usloviakh sredy. Stoianka Eliseevichi* [Primitive Man in Extreme Environmental Conditions. Stoyanka Eliseevichi], Moscow: GIM Publ., 1997, 192 p., (in Russian).
- Zamiatnin, S.N., *Raskopki u sela Gagarina (Verkhov'ia Dona, Tsentral'noi Chernozemnoi Oblasti)* [Excavations near the Village of Gagarino (the Upper Don, Central Black Earth Region)], in: *Paleolit SSSR: Materialy po istorii dorodovogo obshchestva (Izvestiia Gosudarstvennoi Akademii istorii material'noi kul'tury imeni N.Ia. Marra, vol. 118)*, 1935, pp. 26–77, (in Russian).