УДК 902.3
ББК 63.400

CC BY

Дата поступления статьи: 29.12.2023
Дата принятия статьи: 01.03.2024

НАСКАЛЬНЫЕ РИСУНКИ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ИДРИСОВСКАЯ II. МЕТОДЫ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ

Юрий Михайлович Свойский,[1, 2, 3] **Екатерина Васильевна Романенко,**[2] **Елена Сергеевна Леванова,**[3, 6] **Анна Алеесеевна Зиганшина,**[2, 3] **Дмитрий Максимович Павлов,**[2, 3] **Олеся Анатольевна Кащей,**[4] **Екатерина Романовна Бирюкова**[2, 5]

[1]Институт классического Востока и античности НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия
E-mail: rutil28@gmail.com

[2]Лаборатория RSSDA, Москва, Россия

[3]Институт археологии РАН, Москва, Россия

[4]Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

[5]Московский Архитектурный Институт, Москва, Россия

[6]Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия

Аннотация. Местонахождение наскальных рисунков Идрисовская II расположено на левом (западном) берегу реки Юрюзань в Салаватском районе Республики Башкортостан. Наскальные изображения местонахождения Идрисовская II сохранились достаточно плохо. Поэтому исследователи XX века сталкивались с огромными трудностями в выявлении и копировании этих изображений. В 2022–2023 гг. авторским коллективом были предприняты работы на местонахождении Идрисовская II, основной целью которых была адаптация методики комплексного картографирования и документирования местонахождений наскального искусства к условиям Южного Урала. Подход к документированию основывался, в первую очередь, на обеспечении взаимосвязи между разнородными данными, описывающими отдельные поверхности с росписями и их ландшафтный контекст. Картографирование ландшафтного контекста и поверхностей с наскальными рисунками выполнялось методом трехмерного моделирования с широким использованием технологий спутниковой геодезии. Результаты картографирования ландшафтного контекста местонахождения наскальных рисунков позволили достаточно точно определить координаты поверхностей и, таким образом, обеспечить гарантированное повторное обнаружение рисунков, в том числе не фигуративных. Одновременно по результатам картографирования объекта была выполнена реиндексация поверхностей с наскальными рисунками. Документирование поверхностей с росписями также выполнялось методом трехмерного моделирования, что позволило корректно воспроизвести геометрию рисунков и избежать как угловых искажений, неизбежных при фотографировании, так и исключить повреждение рисунков, достаточно частое при применении контактных методов копирования. Выявление следов минеральных красок осуществлялось путем преобразования растровых рендеров трехмерных моделей алгоритмом декорреляционного растяжения. При этом использовалось от 3 до 5 рендеров, рассчитанных различными способами. Извлеченные пиксели объединялись, результирующему изображению присваивался цвет пигмента, определенный активным сенсором (спектроколориметром) и стандартизированный по шкале Манселла. Полученные таким образом данные накладывались на обесцвеченный рендер трехмерной модели, формируя изображение, пригодное для полиграфической и электронной публикации. Применение комплекса названных выше взаимосвязанных методов и техник картографирования, документирования, систематизации, анализа и воспроизведения данных обеспечивает возможность создания полноценного цифрового образа местонахождения наскальных рисунков и получения новых данных о росписях. В дальнейшем этот цифровой образ создает основу как для публикации памятников наскального искусства, так и для сравнительных исследований росписей различных местонахождений на основе надежных исходных данных.

Ключевые слова: наскальное искусство, росписи, трехмерное моделирование, картографирование, векторизация изображений, преобразования цвета, спектроколориметрия, Южный Урал

Цитирование. *Свойский Ю.М., Романенко Е.В., Леванова Е.С., Зиганшина А.А., Павлов Д.М., Кащей О.А., Бирюкова Е.Р.* Наскальные рисунки местонахождения Идрисовская II. Методы цифрового картографирования и документирования // Уфимский археологический вестник. 2024. Т. 24. № 1. С. 92–110. DOI: https://doi.org/10.31833/uav/2024.24.2.006

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-78-10121 «Разработка интерактивной методической инфраструктуры для изучения и сохранения данных о памятниках наскального искусства России».

UDC 902.3
LBC 63.400

Submitted: 29.12.2023
Accepted: 01.03.2024

PETROGLYPHS AT IDRISOVSKAYA II. METHODS OF DIGITAL MAPPING AND RECORD CREATION

Yuri M. Svoysky,[1, 2, 3] **Ekaterina V. Romanenko,**[2] **Elena S. Levanova,**[3, 6] **Anna A. Ziganshina,**[2, 3] **Dmitry M. Pavlov,**[2, 3] **Olesya A. Kashchey,**[4] **Ekaterina R. Birukova**[2, 5]

[1]Institute of Classical East and Antiquity of the Higher School of Economics, Moscow, Russia
E-mail: rutil28@gmail.com
[2]Laboratory RSSDA, Moscow, Russia
[3]Institute of Archeology RAN, Moscow, Russia
[4]Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia
[5]Moscow Institute of Architecture, Moscow, Russia
[6]Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

Abstract. Petroglyphs at Idrisovskaya II are located on the left (Western) bank of the Yuryuzan River in Salavatsky District, the Republic of Bashkortostan. The Petroglyphs at Idrisovskaya II are hardly preserved. Therefore, the 1900s researchers faced significant challenges in defining and copying these images. In 2022–2023 a team of authors undertook to study Idrisovskaya II location to mainly adapt the method of comprehensive mapping and record creation for the location of petroglyphs specifically for the Southern Urals conditions. The approach to the record creation was in the first place based reflection relations between heterogeneous data that describe particular surfaces with paintings on them and their landscape context. Mapping of the landscape context and surfaces with petroglyphs was made with 3D modelling and a wide use with satellite geodesic technologies. The outcomes of the landscape context mapping of the petroglyphs location allowed to precisely determine coordinates of the surface and, as a consequence, to guarantee further rediscovery of the images, including non-figurative ones. At the same time, the site mapping results allowed re-indexation of the petroglyph-bearing surfaces. Records of the painted surfaces were also made using 3D modelling. It allowed to correctly reproduce the geometry of the images and avoid angle distortions, Such distortions are unavoidable in photography. Furthermore, 3D modelling allows to avoid damage to the images which often happens due to contact copying methods. Traces of mineral paints were determined through conversion of 3D model bitmap rendering with the decorrelation stretch algorithm. The study used 3 to 5 renders calculated with different methods. The extracted pixels were joined; the obtained image was assigned the pigment colour determined by the active sensor (spectral colorimeter) and classified with according to the Munsell scale. The data obtained in this manner were applied to the 3D model colourless render to form an image. This image s compatible with polygraphic and electronic publication. A complex of above-mentioned inter-related methods and techniques for mapping, record creation, systematization, data analysis and reproduction allow to create a complete digital image of the location of petroglyphs and to obtain the new data of the drawings. Further this digital image becomes the foundation both for publication of the petroglyphs and for comparative research of petroglyphs in different locations based on the reliable basic data.

Keywords: petroglyph art, wall painting, 3D modelling, mapping, image vectoring, colour conversion, spectral colorimetry, Southern Urals

Citation. Svoysky, Yu.M., Romanenko, E.V., Levanova, E.S., Ziganshina, A.A., Pavlov, D.M., Kashchey, O.A., Birukova, E.R. 2024, "Petroglyphs at Idrisovskaya II. Methods of Digital Mapping and Record Creation", *Ufimskij arkheologicheskiy vestnik,* vol. 24, no. 1, pp. 92–110. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31833/uav/2024.24.1.006

Acknowledgements. This study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 21-78-10121 "Development of an interactive methodological infrastructure for the study and preservation of data on the sites of rock art in Russia"

Введение

Местонахождение наскальных рисунков Идрисовская II расположено на левом (западном) берегу реки Юрюзань в 50 м ниже устья ручья Клюкля (Салаватский район Республики Башкортостан, 1,7 км юго-восточнее д. Идрисово). Наскальные росписи фиксируются на 50-метровом интервале в подножии скального обрыва, сложенного толщей массивных известняков раннего-среднего карбона. Среди изображений преобладают антропоморфные и зооморфные фигуры, а также орнаментальные и геометрические мотивы. В.Н. Широков датирует рисунки энеолитом. Росписи в основном приурочены к подножию утеса, однако на некоторых участках располагаются на высотах до 5 м. Большая часть росписей располагается в нишах или под скальными козырьками. Основные факторы разрушения – морозобойное растрескивание и выдавливание скальных блоков, в отдельных случаях – разрушение корневыми системами травянистых растений. В отдельных случаях поверхности с рисунками подвержены биогенной коррозии азотной кислотой, выделяющейся при преобразовании птичьего помета автотрофными бактериями. На некоторых поверхностях наблюдаются темные биогенные пленки, развиты различные виды лишайников, однако в целом биогенное воздействие на поверхности с рисунками незначительно. Антропогенное воздействие также можно оценивать как относительно слабое. На скалах встречаются современные надписи, однако, в отличие от практически уничтоженных росписей

местонахождения Идрисовская I, расположенного в 50 метрах к северу в привходовой части пещеры Идрисовская, они отсутствуют на поверхностях с наскальными рисунками. Большая часть наскальных изображений Идрисовской II вполне доступны для исследования и документирования. Однако древесная растительность затрудняет применение перспективной аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов.

История исследований местонахождения петроглифов

Наскальные рисунки местонахождения Идрисовская II были открыты группой исследователей в составе В.Т. Петрина, С.Е. Чаиркина, В.Н. Широкова и В.И. Стефанова и впервые опубликованы В.Т. Петриным в 1986 г. [Петрин, 1986]. В дальнейшем эти изображения неоднократно изучались – В.Н. Широковым в 1987–2022 гг. [Широков, 2009; 2023] и В.Г. Котовым в 2013 г. [Котов, 2014]. В рамках настоящей статьи эти исследования нас интересуют, прежде всего, с точки зрения методов документирования и публикации росписей, а также картографирования ландшафтного контекста наскальных изображений. Опубликованные материалы показывают, что первая публикация их В.Т. Петриным была выполнена обычными для 1980-х годов способами – наскальные рисунки были достаточно тщательно скопированы (хотя и, на наш взгляд, с элементами реконструкции) на прозрачный носитель. План местонахождения, по-видимому, не составлялся (приведена лишь схема, показывающая примерное расположение местонахождения). При повторном документировании Идрисовской II в 1989 г. В.Н. Широков, при участии художников Г. Шаройкина и Л. Баранова выполнил копирование рисунков на полиэтилен и микалентную бумагу, а также художественные зарисовки и фотографирование отдельных групп изображений [Широков, 2009. С. 30]. Картографирование положения рисунков в ландшафтном контексте при этом, по-видимому, также не выполнялось, во всяком случае никаких карт и схем опубликовано не было.

В 2013 г. В.Г. Котов, в рамках подготовки проекта зон охраны выполнил новую фотосъемку наскальных изображений, составил «Ситуационный план пещеры Идрисовской и Идрисовской 2 писаницы» (рис. 1) и сопроводил его схематическим рисунком «Пещера Идрисовская и Идрисовская 2 писаница» (рис. 2). На плане и рисунке были показаны, с некоторыми противоречиями, места локализации наскальных изображений с обозначением их индексации «по В.Т. Петрину и В.Г. Котову». На сегодняшний день эти материалы остаются, по-видимому, единственным эпизодом картографирования ландшафтного контекста росписей Идрисовской II.[1]

В 2023 г. В.Н. Широков обобщил результаты своих работ в альбом-каталоге «Наскальное искусство долины реки Юрюзань» [Широков, 2023]. На сегодняшний день это издание представляет собой

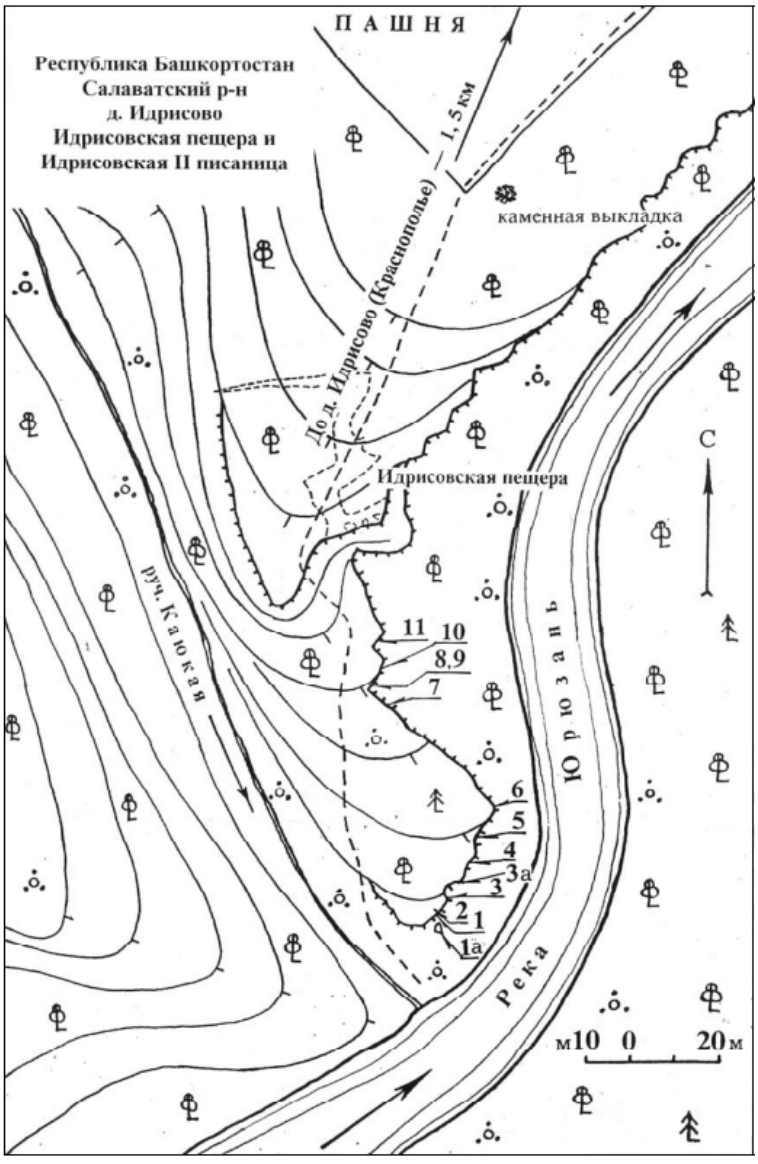


Рис. 1. Опубликованные ранее материалы картографирования росписей Идрисовской II. Ситуационный план местонахождений Идрисовская I, II. Инструментальная съёмка В.Г. Котова (по: [Котов, 2014])

Fig. 1. Formerly published materials of Idrisovskaya II paintings mapping. Situational plan of Idrisovskaya I, II sites. Instrumental work by V.G. Kotov (according to: [Kotov, 2014])

[1] Следует отметить, что ситуационный план, описываемый в проекте как «инструментальная съемка В.Г. Котова» весьма схематичен и, как показывает его сопоставление с материалами объективного документирования (аэрофотосъемка, GNSS-позиционирование), местности не соответствует. Положение наскальных рисунков на плане показано неверно.

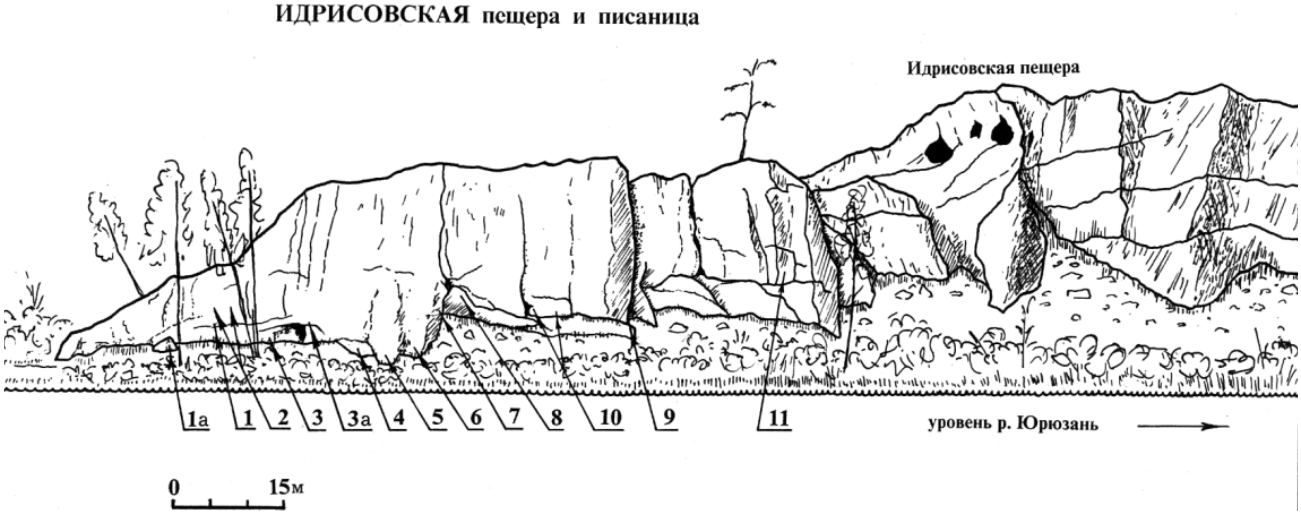


Рис. 2. Схематический рисунок В.Г. Котова, расположение поверхностей на местонахождении Идрисовская II. Цифрами обозначены поверхности по нумерации В.Т. Петрина и В.Г. Котова (по: [Котов, 2014])

Fig. 2. Sketch by V.G. Kotov, location of surfaces at Idrisovskaya II. The numbers designate surfaces according to the numeration by V.T. Petrin and V.G. Kotov (according to: [Kotov, 2014])

наиболее полное и систематическое собрание сведений о писаницах этого района и, в частности, Идрисовской II. При подготовке этой публикации В.Н. Широков опирался на материалы разных лет, полученные как традиционными способами (микалентное копирование), так и цифровой фотографией с последующим преобразованием фотоснимков различными способами (усиление цветов в графическом редакторе, преобразование методом «пигментных карт» и т.п.). Кроме того, им было применено определение цвета рисунков по аналоговой шкале Манселла.

Таким образом, к настоящему времени по местонахождению Идрисовская II накоплен, в первую очередь исследованиями В.Н. Широкова, достаточно обширный фактический материал, который, тем не менее, не воспроизводит наскальные рисунки и их положение в ландшафтном контексте с должной точностью и детальностью вследствие несовершенства аналоговых методик и инструментов документирования. К наиболее критическим недостаткам собранных к настоящему времени данных мы относим:

1. Несовершенство картографических материалов, описывающих ландшафтный контекст рисунков и их положение на местности.

2. Геометрические аберрации опубликованных фотоснимков, искажающие их пропорции.

3. Отсутствие нормализации цвета фотоснимков путем коррекции баланса белого цвета по калибровочной мишени.

4. Отсутствие объективных данных о цвете изображений.

Цифровое документирование местонахождения росписей Идрисовская II

В 2022 г. было предпринято комплексное цифровое документирование наскальных росписей местонахождения Идрисовская II с целью адаптации применяемой нами методики комплексного картографирования и документирования местонахождений наскального искусства к условиям Южного Урала. Все полевые работы были выполнены 21–22 апреля 2022 г. и 1–2 ноября 2023 г. и суммарно заняли 4 дня.

Подход к документированию основывался, в первую очередь, на обеспечении взаимосвязи между разнородными данными, описывающими отдельные поверхности с росписями и их ландшафтный контекст. Эта взаимосвязь достигалась системой электронных таблиц, в которых накапливались и структурировались разнородные данные о поверхностях с изображениями. Основной таблицей при этом являлась таблица фактических данных, в которой суммировались сведения о пространственных координатах и ориентации, обстоятельствах выявления и исследования, геолого-геоморфологическом контексте, прикрытии, подверженности паводкам, характере воздействующих процессов физической, химической и биологической природы, а также антропогенном воздействии, мониторинговых наблюдениях и дате документирования. Во вспомогательные таблицы вносились сведения о конкордансе (нумерации поверхности по материалам предшественников), в также выполненных определениях цвета. Связь между таблицами обеспечивалась уникальными индексами поверхностей. Картографирование и документирование выполнялось методом трехмерного моделирования, фотограмметрическим способом. При этом связь между данными разных уровней детальности формировалась путем точного определения координат объектов. Трехмерные модели и их растровые рендеры являлись основой для анализа и публикации, как электронной, так и полиграфической.

Индексация поверхностей с наскальными рисунками

При изучении наскальных изображений местонахождения Идрисовская II каждый из работавших на памятнике исследователей применял свою систему индексации. Первая индексация была разработана В.Т. Петриным в 1984 г., изображения были проиндексированы «слева направо» (снизу вверх по течению р. Юрюзань), всего было выделено 9 «групп» и 20 отдельных «фигур». В.Н. Широковым в 2009 г. [Широков, 2009. С. 41–45] была применена аналогичная индексация, однако число «групп» увеличилось до 14, а число «фигур» до 27. При этом, однако, «группы» В.Н. Широкова (2009 г.) не соответствуют «группам» В.Т. Петрина. В.Г. Котов в 2014 г. в своей индексации в целом воспроизвел индексацию В.Т. Петрина, однако внес в нее некоторые изменения, добавив новую «группу 1а»[2] и переименовав группу, числящуюся у В.Т. Петрина как «группа 7» и у В.Н. Широкова как «группа 10» в «группу 7/10». Наконец, в 2023 г. В.Н. Широков обновил индексацию, переименовав «группы» в «участки» и частично изменив их нумерацию. Одновременно «фигуры» были переименованы в «мотивы» [Широков, 2023. Табл. 6].

Принципы индексирования поверхностей с наскальными изображениями, примененные нами на Идрисовской II, были сформулированы в рамках разработки методики документирования и картографирования местонахождений наскального искусства [Свойский, Аболонкова, Леванова, 2022] и ранее успешно применены на ряде местонахождений Нижнего Амура и Уссури, Минусинской котловины, Притомья и Чукотки. Основным принципом является выделение «изобразительной поверхности» (далее «поверхности»), которой присваивается стандартизированный уникальный индекс, состоящий из шифра местонахождения (местонахождению Идрисовская II присвоен номер PN-N40-012) и шифра поверхности в пределах местонахождения. Такой подход позволяет успешно объединять в единой базе данных сведения о поверхностях с наскальными изображениями и осуществлять поиск и фильтрацию по различным критериям, облегчая тем самым сопоставление изображений разных памятников. Индексы присваиваются в ходе рекогносцировки местонахождения, предшествующей картографированию и документированию. Одновременно составляется таблица конкорданса, в которой для каждой поверхности указывается нумерация по материалам предшественников (в нашем случае – В.Т. Петрин, В.Н. Широков, В.Г. Котов). В дальнейшем уникальный индекс поверхности используется для связи всех данных о ней (координаты пространственного положения, трехмерные модели, результаты спектроколориметрических измерений цвета поверхности и наскальных изображений,

[2] Это изображение нам найти не удалось.

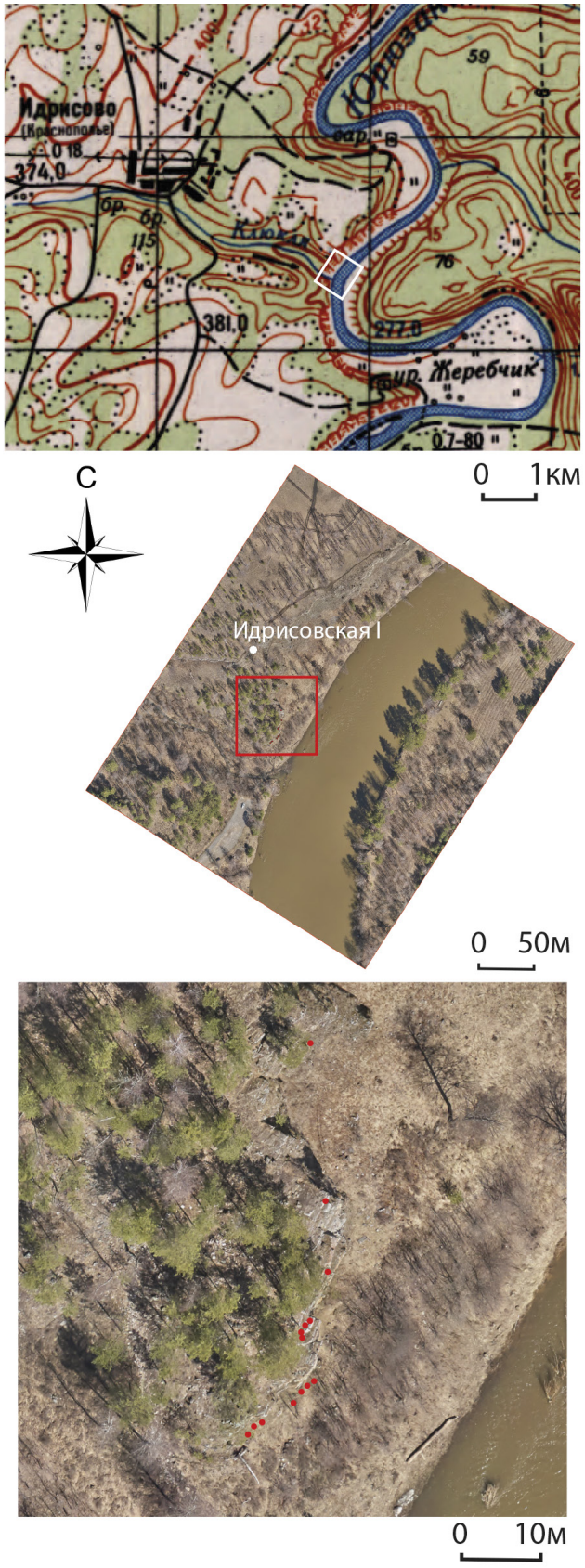


Рис. 3. Топография местонахождения Идрисовская II. *А* – расположение на местности; *Б* – ортофотоплан с указанием мест расположения поверхностей с рисунками; *В* – ортофотоплан, увеличенный фрагмент

Fig. 3. Topography of Idrisovskaya II. *A* – layout in-situ; *Б* – orthophotomap with designation of painted surfaces layout; *B* – orthophotomap, magnified fragment

формальные описания). В общей сложности в пределах местонахождения Идрисовская II нами было выделено 30 изобразительных поверхностей, из которых к настоящему времени полностью задокументированы 20.

Документирование контекста. Геодезия и картография

Основной целью документирования контекста (картографирования памятника в целом) является создание массива пространственных данных описывающих ландшафтный контекст поверхностей с наскальными рисунками и положение поверхностей в контексте. Это обеспечивает, в первую очередь, возможность гарантированного повторного обнаружения наскальных изображений для мониторинга их состояния сохранности или дальнейшего исследования. Массив пространственных данных формируется в общепринятой мировой системе координат, при этом должна быть обеспечена достаточно высокая точность фиксации контекста и, соответственно, привязки к мировой системе координат центра каждой поверхности. Практика работ Центра палеоискусства ИА РАН показывает, что:

1. Гарантированное и быстрое повторное обнаружение поверхности с наскальными рисунками обеспечивается точностью позиционирования объектов +/- 5 м в простых условиях (относительно простой рельеф, открытая местность, низкая плотность расположения поверхностей в пределах местонахождения) и +/- 3 м в сложных условиях (сложный и труднодоступный рельеф, широкое развитие растительности, высокая плотность расположения поверхностей в пределах местонахождения).

2. При позиционировании поверхностей необходимо обеспечивать возможность как приборного (с помощью GNSS-приемников навигационной точности), так и визуального обнаружения. При этом визуальное обнаружение обеспечивается цифровыми картами расположения поверхностей с наскальными изображениями. Эти карты могут быть двух и трехмерными.

3. Сумма современных технических средств и методов вполне может обеспечить точность привязки в +/- 1 м без приложения серьезных усилий, при соблюдении базовых правил выполнения сбора и обработки пространственных данных. Более высокая точность привязки в целом представляется избыточной для абсолютного большинства случаев.

4. Задача формирования массива пространственных данных, описывающих местонахождение наскального искусства и положение отдельных поверхностей с наскальными изображениями в ландшафтном контексте, решается комбинированием аэрофотосъемки (плановой и перспективной) и дифференциальных GNSS наблюдений (статических и кинематических). В сложных случаях (развитие древесной и кустарниковой растительности, нависающие скальные карнизы, пещерные полости) эти методы могут быть дополнены лазерным сканированием (воздушным и наземным). Аэрофотосъемка (и, при необходимости, лазерное сканирование) формируют цифровой образ объекта, состоящий из ортофотоплана, цифровой модели поверхности (в виде матрицы высот), трехмерных полигональных моделей и облаков точек. GNSS-наблюдения обеспечивают привязку этих данных к мировой системе координат прямым и косвенным способами.

Наскальные изображения местонахождения Идрисовская II располагаются на субвертикальных скальных поверхностях в подножии утеса, в некоторых случаях они прикрыты козырьками или находятся в нишах. Эти условия ограничивают применение прямых GNSS-наблюдений, вследствие маскирования сигнала утесом и невозможности, в большинстве случаев, установки приемника на центр поверхности с рисунками. Поэтому прямые GNSS-наблюдения (в режиме RTK) выполнялись исключительно на этапе рекогносцировки памятника, а пространственные координаты поверхностей с наскальными рисунками были получены, в конечном итоге, косвенным способом.

Расположение наскальных изображений на субвертикальных поверхностях предопределило и комбинированный способ картографирования. Общий ландшафтный контекст местонахождения был картографирован плановой аэрофотосъемкой с беспилотного летательного аппарата Phantom 4 (камера DJI FC6310S) с относительно большой высоты в 180 м. Всего было сделано 35 плановых аэрофотоснимков, на основе которых были построены ортофотоплан разрешением 4,1 см/пиксель и цифровая модель поверхности с дискретностью 4,1 см, а также выполнен топографический план. Расчет координат центров фотографирования был выполнен двумя способами: (1) в режиме RTK от перманентной базовой станции Верхние Киги, расположенной в 50 км от объекта и (2) в режиме PPK от базовой станции, установленной непосредственно на объекте. Второй способ дал более точные результаты.

Ортофотоплан (рис. 3) и цифровая модель поверхности достаточно надежно отображают ландшафтный контекст местонахождения наскальных рисунков, но не являются инструментом картографирования положения поверхностей, которые находятся на субвертикальных скальных обрывах и часто прикрыты козырьками. Кроме того, достаточно часто поверхности с рисунками располагаются друг над другом и, соответственно, имеют сходные плановые координаты. Поэтому для картографирования расположения поверхностей в таких условиях предпочтительно использовать полноценное трехмерное моделирование с формированием полигональных текстурированных



Рис. 4. Трехмерная карта расположения поверхностей с наскальными изображениями в формате облака точек, фрагмент
Fig. 4. 3D map of petroglyph-bearing surfaces layout as a point cloud, fragment

моделей и облаков точек. Такие материалы могут быть получены путем фотограмметрической обработки данных перспективной или планово-перспективной аэрофотосъемки с БПЛА.

В условиях местонахождения Идрисовская II (как и большинства аналогичных объектов Урала) перспективная аэрофотосъемка затруднена древесно-кустарниковой растительностью, развитой на коллювиальных шлейфах, расположенных под скальными обрывами с рисунками. Такая обстановка, в сочетании с достаточно сложной конфигурацией обрыва, практически исключает возможность алгоритмизации фотосъемки и выполнения полета в автоматическом режиме. Поэтому вся перспективная съемка выполнялась на ручном режиме пилотирования, в общей сложности было выполнено 6 вылетов и сделано 875 фотоснимков в сыром формате камеры, причем перед каждым полетом фотографировалась калибровочная мишень для последующей цветокоррекции. Съемка выполнялась в диапазоне высот 4–35 м над поверхностью земли, с расстояния порядка 30 м от скалы, с приближением до 20 м на участках с рисунками. Камера, как правило, располагалась горизонтально, но при съемке бровки и подножия обрыва переводилась в наклонное положение. Это позволило достаточно детально картографировать скалу протяженностью около 150 метров и высотой до 40 метров. Протяженность участка с наскальными рисунками составляет около 60 м, однако зона съемки была расширена к северу таким образом, чтобы в нее попал вход в пещеру Идрисовская (местонахождение наскальных рисунков Идрисовская I).

Материалы перспективной аэрофотосъемки (аэрофотоснимки, подвергнутые цветокоррекции) позволили сформировать три представления цифрового образа ландшафтного контекста – трехмерная полигональная модель, тайловая полигональная модель и модель в форме облака точек. Эти три представления служат достижению разных целей и формируются разными способами.

Трехмерная полигональная модель формировалась в программном обеспечении RealityCapture, причем все этапы фотограмметрической обработки выполнялась на максимальных режимах точности и детальности. Первым этапом было формирование мастер-модели для всей документированной площади скального обрыва площадью порядка. Эта модель состоит из 469 млн. полигонов, ее дискретность, выраженная через число полигонов на квадратный сантиметр поверхности, составляет 4,4 (что соответствует среднему размеру ребра полигона модели – около 7 мм). Вследствие ряда ограничений такая модель может быть открыта только в фотограмметрическом программном обеспечении, для дальнейших операций и изучения с применением инструментов математической визуализации геометрии, ее размер должен быть уменьшен по крайней мере до 70 млн. полигонов. В случае местонахождения Идрисовская II, был выполнен экспорт модели с уменьшением до 69 млн. полигонов, что закономерно привело к уменьшению дискретности до 0,6 полигонов на см^2. Такая дискретность представляется совершенно недостаточной, поэтому из мастер-модели был вырезан участок протяженностью около 125 м, на котором была оставлена только поверхность скального обрыва, дискретность полученной модели составила 1,1 полигонов на см^2. Эта модель послужила также основой для формирования веб-модели, для ускорения загрузки вынужденно имевших меньшую детальность, 0,4 и 0,9 полигонов на см^2 соответственно. Основное назначение трехмерных полигональных моделей – топографическая основа для трехмерной карты расположения поверхностей с наскальными изображениями (рис. 4), кроме того, они используются для определения элемен-

тов ориентирования поверхностей и визуализации трехмерной карты расположения поверхностей посредством веб-приложения 3D HOP.

Модель в форме облака точек формируется непосредственно на основе мастер-модели без снижения дискретности (для работы на локальном компьютере) или с уменьшением размера до 10 млн. полигонов (для использования в веб-формате с помощью веб-приложения Potree или аналогичного). Она также используется в качестве топографической основы для трехмерной карты расположения поверхностей с рисунками и имеет ряд преимуществ по сравнению с трехмерной полигональной моделью, прежде всего в скорости загрузки и легкостью управления и выполнения измерений.

Третий вариант исполнения – тайловая трехмерная полигональная модель низкой детальности с высоким качеством текстуры, рассчитанная в фотограмметрическом программном обеспечении Bentley ContextCapture. Это программное обеспечение абсолютно непригодно для создания моделей высокой детальности (в нашем случае дискретность моделирования составила 0,1 полигона на см^2, т.е. в 44 раза ниже, чем при расчете в RealityCapture), однако позволяет получить текстуру с качеством, близкому качеству оригинальных фотоснимков. Тайловая модель пригодна только для просмотра, поэтому ее можно считать вспомогательным инструментом картографирования.

Результаты трехмерного картографирования ландшафтного контекста местонахождения наскальных рисунков позволяют достаточно точно определить координаты поверхностей с изображениями косвенным способом с вполне геодезической точностью. Для этого могут быть использованы как облако точек (рис. 4), так и трехмерная полигональная модель (рис. 5). При определении координат косвенным способом поверхность «вы-

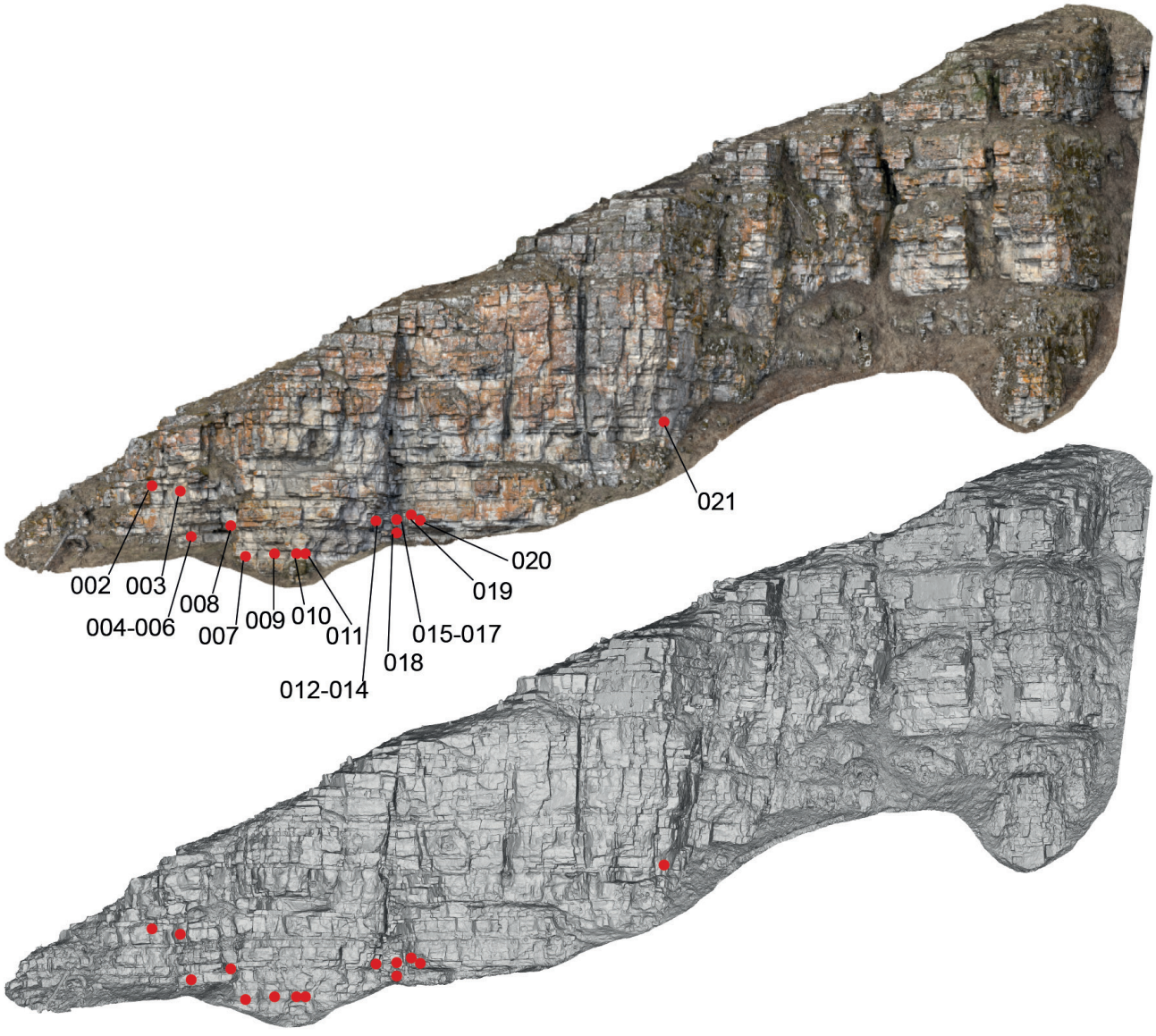


Рис. 5. Трехмерная полигональная модель скального обрыва на участке расположения наскальных рисунков
Fig. 5. 3D polygonal model of the cliff in the area of the petroglyphs

резается» из общей модели, а затем рассчитывается её центроид. Координаты этого центроида преобразуются из прямоугольной в географическую систему координат. Теоретическая погрешность определения координат косвенным способом оказывается несколько выше погрешности прямого измерения (за счет добавления погрешности фотограмметрического расчета). Однако на практике погрешность при косвенном способе оказывается ниже за счет (1) математически корректного определения центроида и (2) отсутствия деградации точности GNSS-наблюдений в условиях маскирования сигнала скальным обрывом. Извлеченная из общей модели контекста поверхность с рисунками используется также для определения «вектора экспозиции», описывающего положение поверхности в пространстве.

Документирование поверхностей с росписями

В среде исследователей наскального искусства достаточно широко распространено мнение о неприменимости трехмерного моделирования для документирования наскальных росписей. Этот тезис обосновывается тем, что роспись минеральными красками не имеет сколько-нибудь выраженной толщины, которая может быть передана трехмерным моделированием. Геометрия же поверхности, на которой нанесена роспись, менее важна для исследователя, чем сам рисунок, поэтому трехмерное моделирование для памятников этого типа – метод избыточный и не нужный. Это мнение представляется ошибочным, так как трехмерное моделирование обеспечивает, в первую очередь, корректное воспроизведение геометрии наскальной росписи. Кроме того, этот метод исключает повреждение рисунка, достаточно частое при применении контактных методов копирования. Важным элементом технологического процесса моделирования является получение нормализованных по цвету исходных фотоснимков, что обеспечивается фотосъемкой в сыром формате.

Документирование поверхностей с наскальными рисунками выполнялось методом трехмерного моделирования, фотограмметрическим способом. Для каждого участка с рисунками, обычно единичной поверхности или для компактной группы из 2–3 поверхностей, выполнялось в среднем около 160 фотоснимков (от 69 до 388, в зависимости от размера поверхности) с различных ракурсов, с перекрытием между фотоснимками порядка 70–80%. В большинстве случаев фотосъемка выполнялась с рук, но отдельные труднодоступные поверхности документировались камерой, закрепленной на разборной геодезической вехе, с дистанционным управлением по радиоканалу. Съемка выполнялась в сыром формате с цветокоррекцией по калибровочной мишени. Для воспроизведения размеров использовался базис собственной разработки, обеспечивающий возможность автоматизированного масштабирования моделей. Всего для документирования 20 поверхностей с рисунками было выполнено 15 съемок.[3] Использованное оборудование (системная беззеркальная камера Sony A7RIVA с объективом Sony SEL50F25G и накамерным кольцевым осветителем Godox AR-400) и вполне отработанные стандартные приемы фотосъемки обеспечили высокое качество исходных фотоматериалов.

Фотограмметрическая обработка выполнялась стандартным способом в программном обеспечении RealityCapture. Во всех случаях мастер-модели поверхностей с изображениями формировались на максимальных настройках детальности, при этом создавались мастер-модели из 49–438 млн. полигонов с дискретностью от 36700 до 53140 полигонов на см^2. При экспортировании дискретность формируемого файла в формате OBJ с текстурой в формате JPG вынужденно уменьшалась до 5330–20800 полигонов на см^2 (при размере полигона в диапазоне 0,06–0,12 мм), однако для поверхностей с рисунками, выполненными минеральными пигментами, такая детальность, при размере текстуры 32000×32000 пикселей, представляется достаточной для выполнения задач исследования. Поэтому без каких-либо дополнительных преобразований эти файлы были использованы для формирования растровых рендеров (рис. 6): (1) рендера с текстурой (в дальнейшем применяемого в качестве исходных данных для преобразований алгоритмом декорелляционного растяжения и (2) рендера без текстуры (в дальнейшем используемого в качестве «фона» для прорисовки) (см. ниже).

Документирование цвета росписей

Цвета росписей Идрисовской II ранее описывались В.Т. Петриным как бордовый, бордовый не яркий и красноватый [Петрин, 1986. С. 99]. В.Н. Широков первоначально определял их как краплак, краплак красный, краплак насыщенный, краплак бледный, близкий краплаку, красно-коричневый, желтая охра [Широков, 2009. С. 41–45]. В.Г. Котов использовал названия цветов краплак, краплак насыщенный, краплак бледный, красно-коричневый, светло-красный, бледно-красный [Котов, 2014. С. 6–7]. Вполне очевидно, что цвет пигмента, за отсутствием единого стандарта, разными исследователями определялся и именовался по-разному. В последние годы в изучении наскальных рисунков, выполненных минеральными пигментами, наметилась тенденция к определению

[3] Кроме того, для одной труднодоступной поверхности была выполнена фотосъемка с квадрокоптера DJI Mavic 2 Pro (камера L1D-20c). Этот опыт был признан неудачным, так как камера квадрокоптера подтвердила свою непригодность для фотограмметрической съемки наскальных изображений. Дискретность полученной модели составила 0,25 мм, в то время как камера Sony A7RIVA обеспечивала дискретность 0,04 мм. В этих условиях труднодоступная поверхность была переснята с использованием камеры, закрепленной на вехе.

цвета пигментов по шкале Манселла. Как правило, эта задача решается аналоговым способом – посредством сравнения цвета пигмента с цветом «чипа» в стандартизированной таблице цветов. Для наскальных изображений Идрисовской II такие наблюдения были выполнены В.Н. Широковым [Широков, 2023]. Согласно этой публикации, цвета росписей были определены как очень темный красный, умеренный красновато-оранжевый, умеренный оранжево-розовый, краплак.[4]

Аналоговый способ определения цвета по стандартизированным таблицам цветов, хотя и является существенным шагом вперед по сравнению с традиционным определением цвета пигмента «на глаз», не обеспечивает достаточной точности и остается субъективным методом. Более надежным представляется применение активного сенсора – спектроколориметра, оснащенного подсветкой с постоянной цветовой температурой и защищенной от попадания солнечного света светочувствительной матрицей, считывающей характеристики цвета. Для измерений на Идрисовской II нами был применен спектроколориметр (спектрофотометр) Pantone Munsell Soil Capsure (модель RM200SOIL), в котором реализована светодиодная подсветка с 9 длинами волн (8 в видимой и 1 в ультрафиолетовой части спектра), калибровка баланса белого цвета по встроенному эталону и три ступени изменения апертуры (размера поля зрения). Этим прибором на рисунках местонахождения Идрисовская II было выполнено 24 измерения цвета пигмента и 31 измерение цвета скальной поверхности (часть измерений выполнялась по карбонатным коркам и сколам, в том числе в отдельных случаях – по относительно свежим сколам). Измерения цвета пигмента выполнялось на малой апертуре (2 мм), при этом, по возможности, на наиболее равномерно окрашенных участках. Цвет скальной поверхности определялся, как правило, на большой апертуре (8 мм), также на наиболее равномерно окрашенных участках. Данные спектроколориметрии учитывались в отдельной таблице, связанной с основной таблицей уникальными индексами поверхностей.

В сравнении с определениями В.Н. Широкова наши измерения показали существенно большую вариативность цвета пигмента. Так, были отмечены оттенки коричневого (бледный коричневый, светлый коричневый, умеренно коричневый, бледный красновато-коричневый, темный красновато-коричневый), красного (сероватый красный), розового (сероватый оранжево-розовый, умеренный оранжево-розовый), серого (коричневато-серый). Эта вариативность, в том числе в пределах одного рисунка, в значительной степени объясняется выносом частиц пигмента плоскостным смывом, отложением карбонатных корок и налетов различного состава и толщины и развитием биогенных образований на поверхности. Тем не менее, в пределах Идрисовской II можно достаточно уверенно выделить две группы пигментов – «красную» и «коричневую». Из наблюдений В.Т. Петрина, В.Н. Широкова, В.Г. Котова следует, что в большинстве случаев преобладают пигменты красноватых тонов, однако данные измерений активным сенсором показывают преобладание пигментов с коричневой основой, причем все хорошо сохранившиеся антропоморфные фигуры выполнены коричневой краской. При этом для абсолютного большинства обследованных поверхностей характерен пигмент либо «красной», либо «коричневой» группы. Единственное исключение – поверхность 021, где оба цвета наблюдаются совместно.

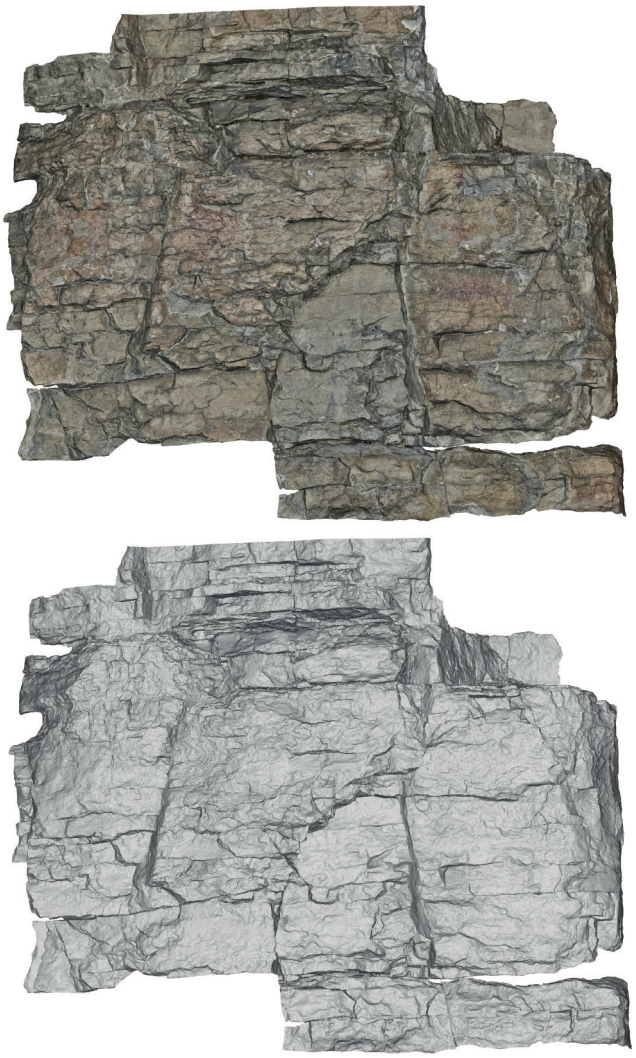


Рис. 6. Материалы документирования наскальных росписей местонахождения Идрисовская II. Поверхности 004, 005, 006, трехмерная полигональная модель XZ0756 с текстурой (*1*) и без текстуры (*2*)

Fig. 6. Records of the petroglyphs at Idrisovskaya II. Surfaces 004, 005, 006, 3D polygonal model XZ0756 with texture (*1*) and no texture (*2*)

[4] Такого определения цвета в шкале Манселла нет. Отсутствие индекса заставляет предполагать, что для одной поверхности измерение в поле не выполнялось и определение цвета было заимствовано автором из предыдущей публикации.

Цвет естественной скальной поверхности в большинстве случаев определяется как оттенки серого (светлый оливково-серый, светлый коричневато-серый, желтовато-серый). Карбонатные корки и налеты в большинстве случаев имеют желтовато-коричневый цвет (чаще бледный, редко насыщенный и темный). В единичных случаях цвет карбонатных налетов светло-коричневый или сероватый оранжево-розовый, в последнем случае цвет, вероятно, связан с переотложением частиц размытого пигмента.

Применение декорреляционного растяжения

Вследствие плохой сохранности абсолютного большинства рисунков минеральными красками исследователи XX века сталкивались с огромными трудностями в выявлении и копировании этих изображений. Разработка алгоритма декорреляционного растяжения и реализация его в простом для освоения программном обеспечении DStretch и последующее применение для изучения наскальных рисунков Дж. Харманом позволили выявить огромное количество ранее неизвестных изображений и получить новые данные об уже известных рисунках [Harman, 2015]. Как правило, однако, этот алгоритм применяется к оригинальным фотоснимкам, исходно сделанным в формате JPG и не подвергавшимся нормализации цвета по калибровочной мишени. По нашему мнению, такой подход существенно ограничивает возможности применения алгоритма и снижает качество получаемых результатов. Альтернативой представляется применение алгоритма декорреляционного растяжения к растровому рендеру трехмерной полигональной модели и непосредственно к текстуре трехмерной полигональной модели. Этот подход успешно был использован на нескольких местонахождениях наскальных рисунков, выполненных минеральными пигментами (Гачуурт, Их тэнгэр ам, Хасаут, Тура-Хая и др.). В отличие от применения алгоритма к фотографиям, он позволяет получить геометрически корректные масштабные изображения рисунков.

Как правило, при применении алгоритма декорреляционного растяжения, исследователи непосредственно в программном обеспечении DStretch подбирают наиболее репрезентативный вариант расчета (редко 2–3 варианта) «на котором лучше всего видно», затем экспортируют полученные изображения и в дальнейшем работают только с ними. Этот подход нам представляется неэффективным, так как он ограничивает возможности выявления и изучения изображений, выполненных разными пигментами. Лучшие результаты дал другой способ, при котором для каждого изображения экспортируется все 30 базовых вариантов расчета декорреляционного растяжения. Эти рендеры сопоставляются между собой и анализируются, при необходимости они могут быть повторно экспортированы после дополнительной настройки (рис. 7*, 1, 2*). В результате анализа выбирается один или несколько способов расчета, которые применяются к текстуре трехмерной полигональной модели. При подготовке иллюстративных материалов для публикаций (как электронных, так и полиграфических) для прорисовки наскальных изображений также используется весь массив из 30 рендеров, что позволяет снизить число ошибок интерпретации.

Подготовка наскальных изображений к изданию

Проблема подготовки наскальных изображений к изданию продолжает оставаться одной из ключевых нерешенных «технических» проблем изучения и, особенно, публикации объектов наскального искусства. Общепризнанным считается, что публикация без прорисовки невозможна, прорисовку невозможно заменить фотографией или иным способом воспроизведения наскальных изображений. Традиционно прорисовка росписей, выполненных минеральными пигментами, осуществлялась методами аналоговой зарисовки, контактного копирования на прозрачный носитель, прорисовки по фотографии, первоначально аналоговой монохромной, позже аналоговой цветной, а затем цифровой, со все более и более высоким разрешением. В настоящее время контактное копирование, с традиционной обводкой рисунка мягким карандашом, представляющее собой «исследовательский вандализм», постепенно уходит в прошлое. В большинстве случаев прорисовки сейчас делаются на основе цифровой фотографии, как правило одной, преобразованной алгоритмом декорреляционного растяжения. По нашему мнению, этот способ, особенно при применении широкоугольных объективов (с фокусным расстоянием менее 50 мм) дает слишком большие искажения и, в первую очередь по этой причине, не годен. Более точной представляется прорисовка по рендеру трехмерной модели, с использованием бестекстурного рендера той же модели в качестве фона.

Прорисовка наскального изображения в течение долгого времени рассматривалась и, нередко, продолжает рассматриваться исследователями одновременно и как способ документирования, и как способ интерпретации. Корни этой концепции уходят во времена, когда прорисовка была единственным способом воспроизведения рисунка минеральными пигментами вследствие невозможности использования более объективных методов (например, эстампирования, применимого на петроглифах) и фотографии, на которой размытые рисунки оказывались невидимыми. Теперь, с развитием объективных методов, документирование может и должно быть отделено от интерпретации.

Ключевой проблемой прорисовки является определение принципов ее исполнения. В случае с рисунками, выполненными минеральными пиг-

ментами, изображение, как правило, находится в большинстве случаев в плохом или очень плохом состоянии. Рисунок размыт, а иногда и частично уничтожен плоскостным смывом и исходный контур его не может быть достоверно определен. Любая попытка трассировать изображение неизбежно интерпретационна по своей сути, так как даже при самых лучших исходных данных нередко неясно, где заканчивается рисунок охрой и где начинается зона отложения вынесенного из него пигмента. Как следствие, контур определяется весьма приблизительно, прорисовывается, публикуется (и, тем самым, приобретает статус источника) и становится основой для сопоставлений и выводов. Даже при максимальной добросовестности исследователь, публикующий такую прорисовку, не может ни гарантировать ее соответствие реальности, ни предоставить основу для внешней верификации. В случае же пренебрежения этой добросовестностью (как при полевом сборе исходных данных, так и при подготовке их к изданию, результаты оказываются вообще имеющими мало общего с реальностью, примером чего может служить публикация Э.А. Новгородовой наскальных рисунков Гачуурта [Дэвлет и др., 2018. С. 107].

На наш взгляд, издание наскальных рисунков, выполненных минеральными пигментами, является сложнейшей задачей, не имеющей универсального решения. Прежде всего, мы должны достоверно, верифицируемым способом максимально корректно отобразить фактический материал – следы одного или нескольких пигментов. Кроме того, нужно показать взаимное расположение наскальных рисунков, иллюстрировать их взаимоотношение. Сделать это необходимо способом, обеспечивающим возможность и электронной, и полиграфической публикации. Методика подготовки иллюстраций должна быть при этом адаптируемой к реальным условиям конкретного местонахождения – разному размеру поверхностей с рисунками, разной сложности изображений, наличию как небольших, так и достаточно обширных рисунков, наличию перекрывающихся рисунков и различному состоянию их сохранности. Любая интерпретация (а прорисовка всегда является упрощающей реальность интерпретацией) при этом должна визуально обосновываться фактическим материалом и, тем самым, быть верифицируемой.

Эксперименты с анализом наскальных изображений местонахождения Идрисовская II показали принципиальную возможность выработки некоторого общего подхода к решению этой задачи. Мы пришли к выводу, что для издания наскальных рисунков, выполненных минеральными пигментами, достаточно формировать многослойное рабочее пространство, состоящее их трех компонентов: растрового фона непосредственного контекста наскального изображения, растрового отображения выявленных следов пигмента и векторного контура интерпретации. Компоненты эти формируются следующим образом:

Растровый фон непосредственного контекста наскального изображения – поверхности, на которую это изображение нанесено, – представляет собой монохромный рендер трехмерной полигональной модели с отключенной фотографической текстурой, выполненный в нейтральных светло-серых тонах. Трещины и ребра скальной поверхности не прорисовываются, необходимая объемность достигается эмуляцией затенений с вектором освещения, направленным, как правило, «сверху справа».

Растровое отображение выявленных следов пигмента достигается преобразованиями одного или нескольких рендеров декорреляционного растяжения, примененного к рендеру модели с фотографической текстурой. В простых случаях (однотонный пигмент) на наиболее контрастном из рендеров, полученных методом декорреляционного растяжения, выбирается псевдоцвет, интерпретируемый как соответствующий пигменту. Все пиксели с этим цветом копируются в отдельный слой, при необходимости эта операция повторяется с несколькими релевантными рендерами. Извлеченные таким образом пиксели нескольких псевдоцветов объединяются в одном слое, после чего всем цветовым пикселям этого слоя присваивается цвет, соответствующий фактическому цвету наименее измененного участка рисунка, ранее измеренному спектроколориметрией. Нормализованное таким образом изображение накладывается на растровый фон. В сложных случаях, если в пределах росписи наблюдаются два и более пигментов, эти операции повторяются. При необходимости выполняется очистка полученного растрового изображения от «шума» – единичных пикселей и небольших групп пикселей, полученных вследствие неизбежной погрешности, обычной при применениях любого алгоритма. Следует отметить, что проблематичным (и субъективным) здесь является надежное определение, какой именно псевдоцвет декорреляционного растяжения соответствует участкам с пигментами, а не зонам гипергенной минерализации и не участкам, покрытым размытым пигментом. Эта проблема требует дальнейшего исследования.

Кроме этого, на основе растра выявленных следов пигмента возможно построить *векторный контур интерпретации* посредством оконтуривания скоплений нормализованных пикселей следов пигмента. Векторизация может быть выполнена как ручным трассированием, так и алгоритмами растрового анализа. Следует отметить, однако, что ценность векторизации, как и любого интерпретационного метода, ограничена ее субъективностью. Наскальный рисунок практически никогда не может быть корректно восстановлен, даже в случае наличия хорошо сохранившихся аналогов. Любая



Рис. 7а. Примеры данных, полученных обработкой рендера фотографической текстуры алгоритмом декорреляционного растяжения. Поверхность 021, модель XZ0754, фрагмент

Fig. 7a. Samples of the data obtained through processing of the photographic texture render with the decorrelation stretch algorithm. Surface 021, model XZ0754, fragment

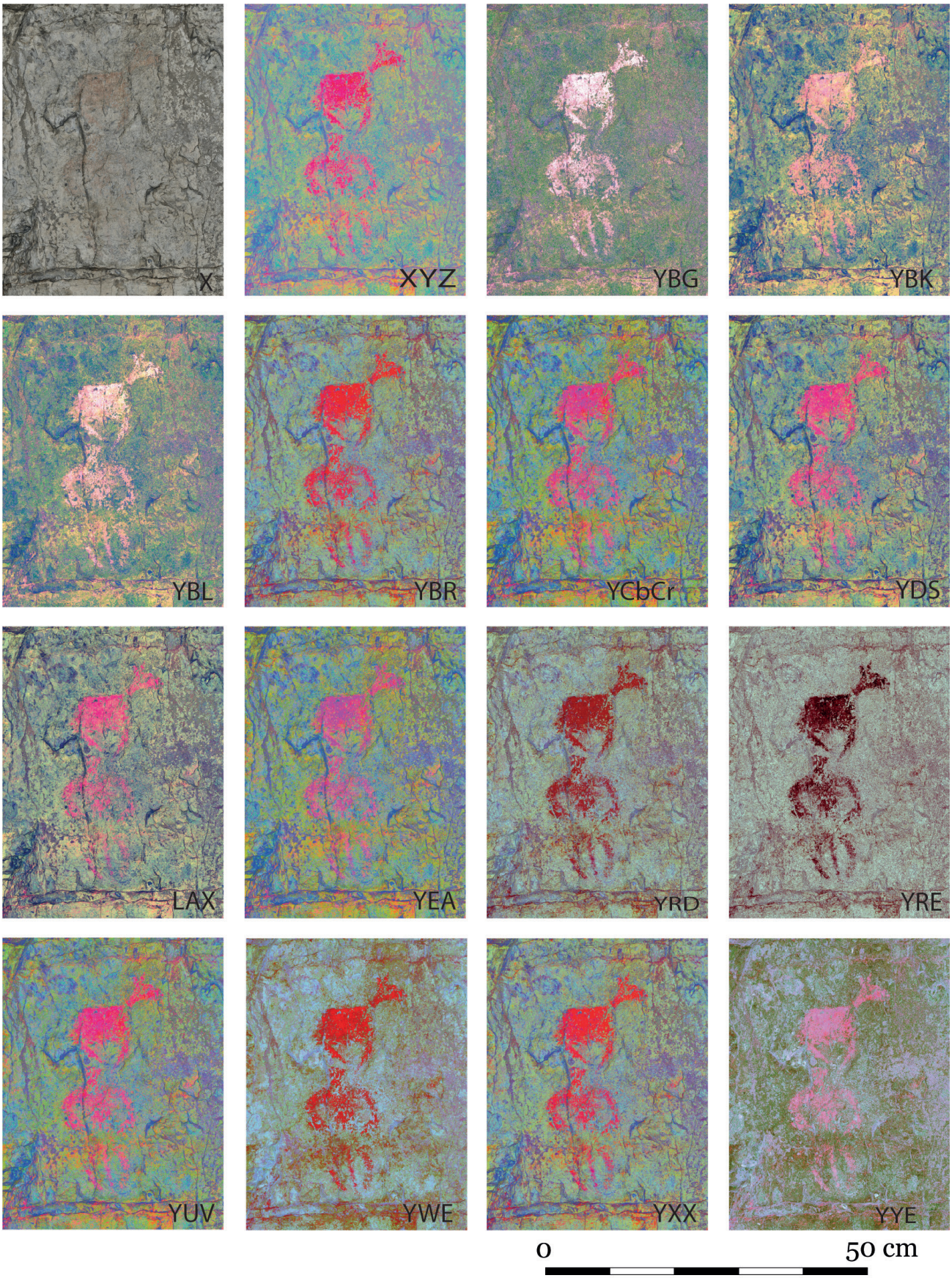


Рис. 7б. Примеры данных, полученных обработкой рендера фотографической текстуры алгоритмом декорреляционного растяжения. Поверхность 021, модель XZ0754, фрагмент

Fig. 7б. Samples of the data obtained through processing of the photographic texture render with the decorrelation stretch algorithm. Surface 021, model XZ0754, fragment

реконструкция остается вспомогательным методом, который, однако, в некоторых случаях может быть с осторожностью использован. В первую очередь, реконструкция полезна тогда, когда документированная поверхность представляет собой обширное «панно», при публикации которого важно одновременно обеспечить ясное воспроизведение и остатков сохранившегося пигмента, и общей композиции, взаимного расположения наскальных рисунков. В этом случае, как показали эксперименты, растровое изображение следов пигмента при масштабировании начинает теряться. Прорисовка, хотя и заведомо неточная, напротив остается хорошо видной.

Три описанных выше компонента позволяют сформировать базовый набор иллюстраций, достаточно объективно воспроизводящих наскальные рисунки. Основным и обязательным при этом является изображение, состоящее из растрового фона непосредственного контекста и наложенного на него нормализованного растра выделенного пигмента. В случае необходимости дополнительно формируется аналогичное изображения, дополненное растеризованным векторным контуром интерпретации, выполненным каким-либо контрастным, заведомо неестественным, цветом. На основе этого изображения формируется изображение, состоящее из растрового фона непосредственного контекста с наложенным на него растеризованным векторным контуром интерпретированных изображений со сплошным заполнением цветом (или цветами) пигмента. Дополнительно может быть сформировано и аналогичное изображение без фона. По нашему мнению, для публикации небольшой скальной поверхности с относительно простыми рисункам достаточно первого из описанных здесь изображений. При увеличении размеров поверхности, сложности рисунков и, особенно, наличии многослойных росписей и комбинаций росписей и петроглифов векторизация становится желательной. В особенно сложных случаях они могут быть дополнены одним или несколькими растровыми рендерами декорреляционного растяжения или фрагментами таких рендеров, иллюстрирующих наиболее важные с точки зрения исследователя участки.

Описанный здесь подход к изданию росписей местонахождения Идрисовская II был опробован на двух участках: группе поверхностей 012, 013, 014 (модель XZ0743) (см. рис. 8) и отдельно расположенной поверхности 020 (модель XZ0753) (см. рис. 9). В первом случае был использован набор рендеров декорреляционного растяжения YRE, YBG, LRD, LBL, YWE. Для поверхности 020 этот набор использовать не удалось, так как псевдоцвет биогенных образований на поверхности оказывался близок псевдоцвету наскальных рисунков. Поэтому был применен набор рендеров CMX, LBK, LRD, LWE, LYE. Из этих пяти рендеров два в результате обработки оказались слиш-

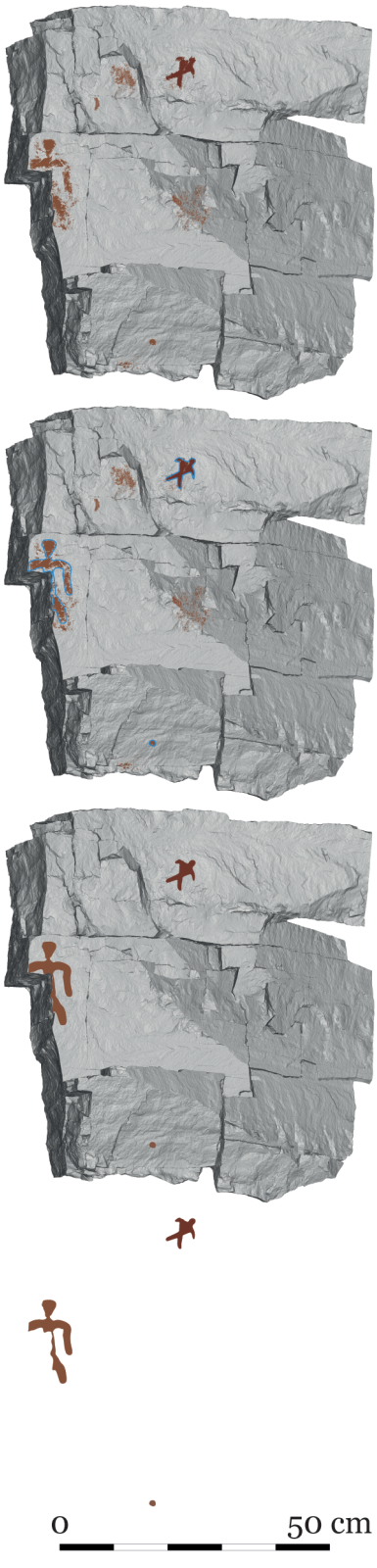


Рис. 8. Результаты обработки рендеров декорреляционного растяжения для поверхностей 012, 013, 014, модель XZ0743. Зоны распространения пигментов извлечены из цветовых пространств YRE, YBG, LRD, LBL, YWE и приведены к цвету, полученному спектроколориметрическими измерениями независимо для каждой поверхности

Fig. 8. Decorrelation stretch render processing outcomes for surfaces 012, 013, 014, model XZ0743. Pigment spread areas are derived from colour spaces YRE, YBG, LRD, LBL, YWE and brought to the colour obtained with spectral colourimetric measurements independently for each surface

ком «шумными», поэтому итоговое изображение следов пигмента формировалось лишь на основе рендеров CMX, LWE, LYE. Оба использованных набора рендеров декорреляционного растяжения в конечном итоге позволяют получить сходные результаты (рис. 10, 11).

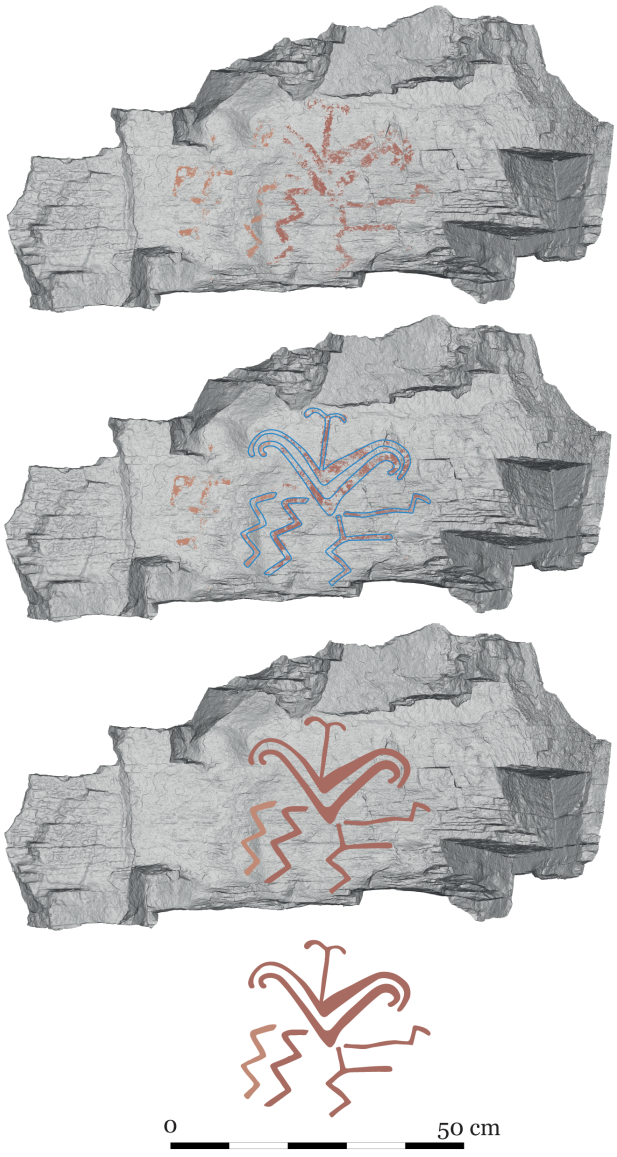


Рис. 9. Результаты обработки рендеров декорреляционного растяжения для поверхности 020, модель XZ0753. Зоны распространения пигментов извлечены из цветовых пространств CMX, LBK, LRD, LWE, LYE и приведены к цвету, полученному спектроколориметрическими измерениями независимо для каждой поверхности

Fig. 9. Decorrelation stretch render processing outcomes for surface 020, model XZ0753. Pigment spread areas are derived from colour spaces CMX, LBK, LRD, LWE, LYE and brought to the colour obtained with spectral colourimetric measurements independently for each surface

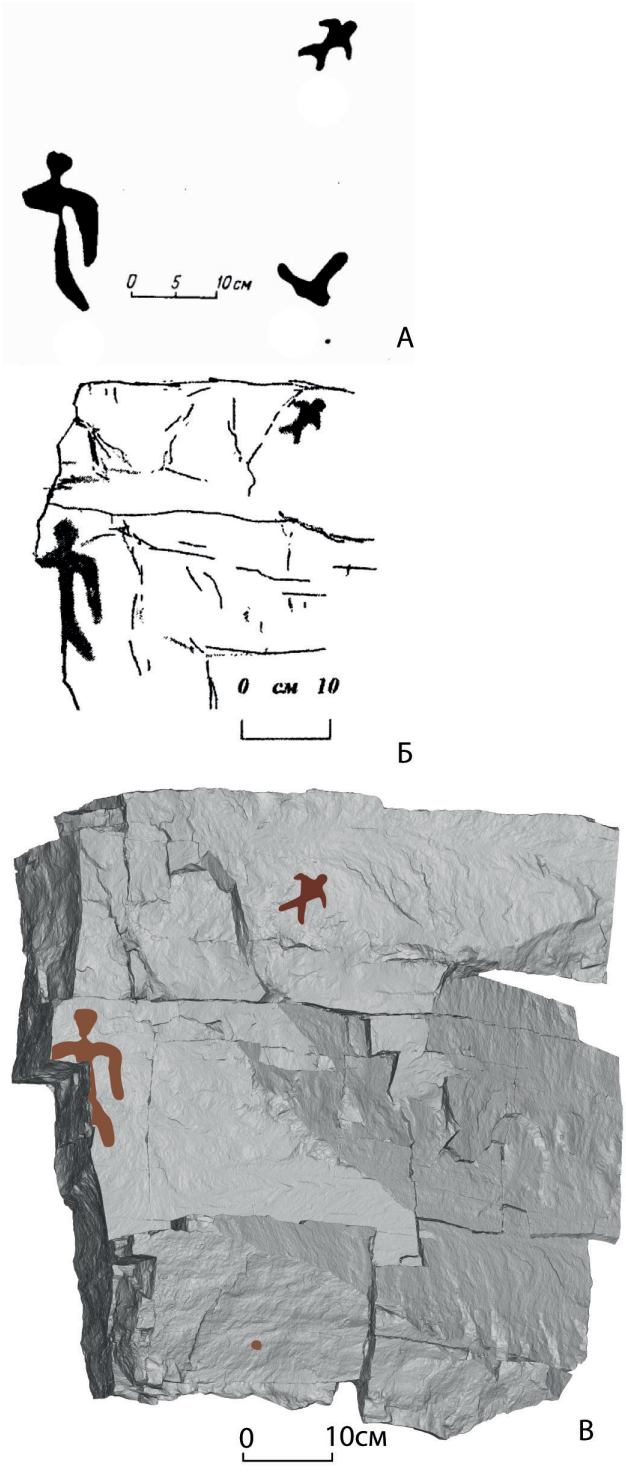


Рис. 10. Сопоставление прорисовок фигуративных изображений, полученных аналоговыми и цифровыми методами. Поверхности 012, 013, 014. *А* – прорисовка (по: [Петрин, 1986]); *Б* – прорисовка (по: [Широков, 2009]); *В* – цифровая прорисовка

Fig. 10. Comparison of figurative images outlines obtained via analogue and digital methods. Surfaces 012, 013, 014. *A* – outlines (according to: [Petrin, 1986]); *Б* – outlines (according to: [Shirokov, 2009]); *B* – digital outlines

Электронное издание наскальных изображений, выполненных минеральными пигментами

Электронная публикация, в сопоставлении с традиционной полиграфической, открывает гораздо более широкие возможности воспроизведения памятников наскального искусства. Исследователь в этом случае, как правило, не ограничен экономическими соображениями и может, если это необходимо, дать практически любое число иллюстраций, включив в публикацию, например, полный набор рендеров декорреляционного растяжения. Это требует, однако, достаточно сложного управления массивом изображений, реализуемого посредством реляционной базы данных.

Одновременно электронная публикация предоставляет возможность трансляции и воспроизведения посредством компьютерных сетей трехмерных цифровых образов поверхностей с наскальными росписями. Следует отметить, что в сравнении с использованием трехмерных моделей при публикации петроглифов, применение их для росписей несколько более трудоемко и ресурсозатратно и, одновременно, менее эффективно. Тем не менее, трехмерное представление позволяет более полно показать как поверхности с рисунками, так и их ландшафтный контекст. Примеры такого представления для местонахождения Идрисовская II размещены на веб-странице Наскальное искусство России – Средний и Южный Урал.

Заключение

Местонахождение наскальных росписей Идрисовская II не было обделено вниманием исследователей и продолжает оставаться объектом пристального изучения. Поэтому при подготовке настоящей публикации Идрисовская II рассматривалась скорее как объект для отработки элементов методики картографирования и документирования, которая позволяет максимально комплексно применить все доступные на сегодняшний день современные технологии на красочном памятнике плохой сохранности. Анализ отечественной и мировой литературы последних трех лет показывает, что эти технологии применяются, как правило, достаточно эклектично и бессистемно, что сказывается на качестве и полноте результатов работ. Исследователям редко удается сочетать более 2–3 методов на одном объекте, а материалы полевого документирования страдают различными недостатками (искажения геометрии рисунков, отсутствие объективной цветокоррекции, низкая точность и общая схематичность картографирования). Мы полагаем необходимым не только внедрение современных методов, но и объединение их в единый комплекс, состоящий из трехмерного моделирования поверхностей с рисунками и их контекста, объективного определения цвета росписей активными сенсорами (спектроколориметрия), широкого применения визуализационных алгоритмов. При этом разнородные данные связываются меж-

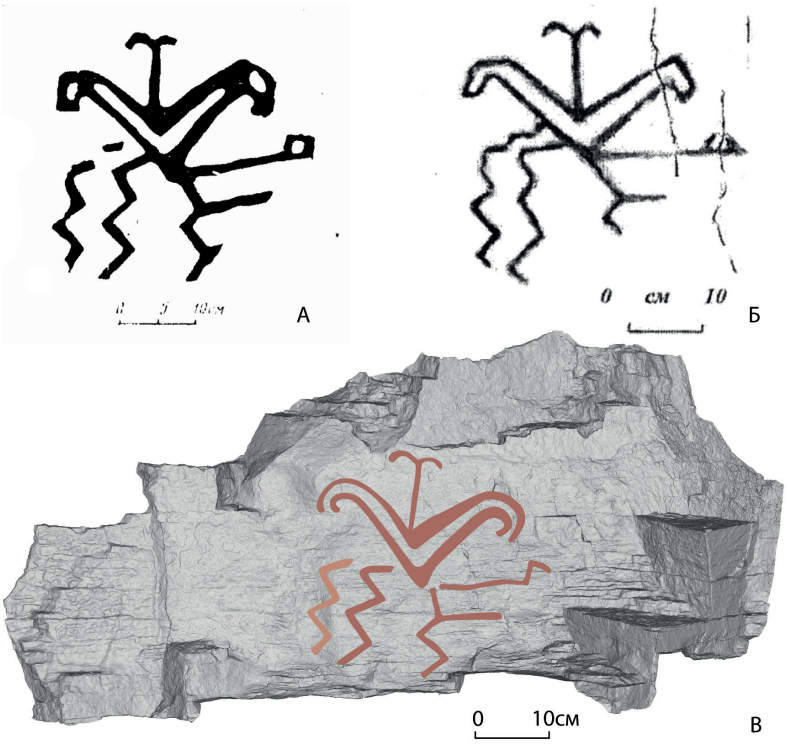


Рис. 11. Сопоставление прорисовок фигуративных изображений, полученных аналоговыми и цифровыми методами. Поверхность 020. *А* – прорисовка (по: [Петрин, 1986]); *Б* – прорисовка (по: [Широков, 2009]); *В* – цифровая прорисовка

Fig. 11. Comparison of figurative images outlines obtained via analogue and digital methods. Surface 020. *A* – outlines (according to: [Petrin, 1986]); *Б* – outlines (according to: [Shirokov, 2009]); *B* – digital outlines

[5] https://rssda.su/workdata/rsf-21-78-10121-2/pn-n40/

ду собой посредством унифицированной индексации, а также точных пространственных координат, полученных современными методами геодезии и картографии. Применение описанного выше комплекса методов и техник картографирования, документирования, систематизации, анализа и публикации данных обеспечивает возможность не только создания полноценного цифрового образа местонахождения наскальных рисунков и получения новых данных о росписях. Такой цифровой образ создаст основу как для публикации памятников наскального искусства, так и для сравнительных исследований росписей различных местонахождений на основе надежных верифицируемых исходных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дэвлет Е.Г., Уранчимэг Д., Баяртур Б., Свойский Ю.М., Романенко Е.В. Наскальные изображения Гачуурта (Монголия): новые наблюдения // Проблемы истории, филологии, культуры. 2018. № 2. С. 101–115. DOI: https://doi.org/10.18503/1992-0431-2018-2-60-101–115

Котов В.Г. Проект зон охраны объекта археологического наследия федерального значения «Наскальные изображения близ деревни Идрисово», расположенного в Салаватском районе Республики Башкортостан. Т. 2 // Архив ГБУК НПЦ МК РБ. 23 с.

Петрин В.Т. Новые наскальные изображения Южного Урала // Советская археология. 1986. № 3. С. 96–104.

Свойский Ю.М., Аболонкова И.В., Леванова Е.С. Проблемы индексации в документировании и картографировании местонахождений наскального искусства // Теория и практика археологических исследований. 2022. Т. 34. № 4. С. 9–24. DOI: https://doi.org/10.14258/tpai(2022)34(4).-01

Широков В.Н. Уральские писаницы. Южный Урал. Екатеринбург: АМБ, 2009. 94 с.

Широков В.Н. Наскальное искусство в долине реки Юрюзань (Усть-Катав – Малояз): альбом-каталог. Янгантау: Мир печати, 2023. 104 с.

Harman J. Using Dstretch for rock art recording // International Newsletter on Rock Art (INORA). 2015. № 72. P. 24–30.

REFERENCES

Devlet, E.G., Uranchimeg, D., Bayartur, B., Svoiskiy, Y.M., Romanenko, E.V. 2018, “Gachuurt rock art paintings in Mongolia: reconsideration”, *Journal of Historical, Philological and Cultural Studies*, no. 2, pp. 101–115. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.18503/1992-0431-2018-2-60-101-115

Kotov, V.G. *Draft zones for the protection of the archaeological heritage site of federal significance “Rock carvings near the village of Idrisovo”, located in the Salavatsky district of the Republic of Bashkortostan. Vol. 2.* Archive GBUK NPC MK RB. 23 p. (In Russ.)

Petrin, V.T. 1986, “New rock carvings of the Southern Urals”, *Sovetskaya arheologiya*, no. 3, pp. 96–104. (In Russ.)

Svoiskiy, Yu.M., Abolonkova, I.V., Levanova, E.S. 2022, “Problems of indexing in documenting and mapping of rock art sites”, *Theory and practice of archaeological research*, vol. 34, no. 4, pp. 9–24. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.14258/tpai(2022)34(4).-01

Shirokov, V.N. 2009, *Ural Pisanitsas. The South Urals*. AMB, Yekaterinburg, 94 p. (In Russ.)

Shirokov, V.N. 2023, *Rock art in the valley of the Yuryuzan River (Ust-Katav – Maloyaz): album-catalog*. Mir pechati, Yangantau, 104 p. (In Russ.)

Harman, J. 2015, “Using Dstretch for rock art recording”, *International Newsletter on Rock Art (INORA)*, no. 72, pp. 24–30.

Сведения об авторах

Юрий Михайлович Свойский, Институт классического Востока и античности НИУ «Высшая школа экономики»; Институт археологии РАН; Лаборатория RSSDA, Российская Федерация, г. Москва, E-mail: rutil28@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6256-4299

Екатерина Васильевна Романенко, Лаборатория RSSDA, Российская Федерация, г. Москва, E-mail: ekaterina.romanenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5138-9202

Елена Сергеевна Леванова, кандидат исторических наук, Институт археологии РАН; Российский государственный гуманитарный университет, Российская Федерация, г. Москва, E-mail: maraveriza@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3984-1950

Анна Алеесеевна Зиганшина, Институт археологии РАН; Лаборатория RSSDA; Российская Федерация, г. Москва, E-mail: annaalekseevnaz220@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4871-5913

Дмитрий Максимович Павлов, Институт археологии РАН, Лаборатория RSSDA, Российская Федерация, г. Москва, E-mail: scorpioncn2013@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5117-0827

Олеся Анатольевна Кащей, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Российская Федерация, г. Казань, E-mail: shukunja@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0951-7378

Екатерина Романовна Бирюкова, Московский Архитектурный Институт (Государственная академия), Российская Федерация, г. Москва; Лаборатория RSSDA, Российская Федерация, г. Казань, E-mail: biryuckova.ekat@yandex.ru, ORCID: 0009-0008-3767-0047

Information About the Authors

Yuri M. Svoysky, Institute of Classical East and Antiquity of the Higher School of Economics; Institute of Archeology RAN; Laboratory RSSDA, Russian Federation, Moscow. E-mail: rutil28@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6256-4299

Ekaterina V. Romanenko, Laboratory RSSDA, Russian Federation, Moscow. E-mail: ekaterina.romanenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5138-9202

Elena S. Levanova, Ph.D., Institute of Archeology RAN; Russian State University for the Humanities, Russian Federation, Moscow. E-mail: maraveriza@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3984-1950

Anna A. Ziganshina, Institute of Archeology RAN, Laboratory RSSDA, Russian Federation, Moscow. E-mail: annaalekseevnaz220@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4871-5913

Dmitry M. Pavlov, Institute of Archeology RAN; Laboratory RSSDA, Russian Federation, Moscow. E-mail: scorpioncn2013@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5117-0827

Olesya A. Kashchey, Kazan (Volga region) Federal University, Russian Federation, Kazan. E-mail: shukunja@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0951-7378

Ekaterina R. Birukova, Moscow Institute of Architecture, Russian Federation, Moscow; Laboratory RSSDA, Russian Federation, Kazan. E-mail: biryuckova.ekat@yandex.ru, ORCID: 0009-0008-3767-0047