

Ю.С. Губар[✉], Е.Л. Краснова, С.В. Сутугин, Р.В. Давыдов

Институт археологии и этнографии СО РАН

Новосибирск, Россия

E-mail: julfoxzzz@gmail.com

Предварительные результаты полевых исследований крашеных изображений раннеокуневского времени на территории Республики Хакасия в 2025 году

В статье представлены результаты изучения семи крашеных антропоморфных изображений ранней изобразительной традиции окуневской культуры (конец III – начало II тыс. до н.э.) на памятниках Малоарбатская писаница и местонахождение Малая Сыя, работы на которых проводились в 2025 г. Хакасским отрядом Минусинской петроглифической экспедиции ИАЭТ СО РАН. Все изображения представляют собой личины, выполненные схематично красной краской. На Малоарбатской писанице (Таштыпский р-н Республики Хакасия) зафиксировано пять рисунков (участок 1, плоскости 4, 17, 25, 27, 31). Две личины выявлены на местонахождении Малая Сыя (Ширинский р-н Республики Хакасия). Типичным для рисунков являются глаза-точки, горизонтальная линия рта, незначительные дополнения в виде дуг или штрихов. На Малоарбатской писанице в двух случаях (плоскости 27 и 31) рот и глаза обозначались контурными овалами. Стилистически все данные изображения могут быть отнесены к изобразительным традициям раннеокуневского времени (уйбатская, ранняя джойская). Анализ состава краски одной личины на Малоарбатской писанице и одной личины на местонахождении Малая Сыя методом рамановской спектроскопии позволил установить, что в качестве минеральной основы красок использовалось гематитсодержащее сырье (гематит, охра). В краске, которой выполнена одна из личин местонахождения Малая Сыя, выявлена примесь сульфата кальция (вероятно, гипса), которая могла служить регулятором цвета. Использование многокомпонентных красок свидетельствует о высоком уровне развития традиции изготовления и применения красящих веществ в окуневской культуре, с чем связаны многочисленные находки пигментов на стелах, мобильном искусстве, керамике, в погребениях данного периода.

Ключевые слова: наскальное искусство, крашеные изображения, окуневская культура, Малоарбатская писаница, местонахождение Малая Сыя, Минусинская котловина, рамановская спектроскопия.

Y.S. Gubar[✉], E.L. Krasnova, S.V. Sutugin, R.V. Davyдов

Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS

Novosibirsk, Russia

E-mail: julfoxzzz@gmail.com

Preliminary Field Studies Result of the Early Okunevo Period Paintings in Khakassia Republic in 2025 year

This article discusses seven painted anthropomorphic representations at the Maloarbatskaya rock art site and Malaya Syya site, belonging to the early pictorial tradition of the Okunevo culture (late 3rd–early 2nd millennium BC), which were studied in 2025 by the Khakass Team of the Minusinsk Petroglyph Expedition from the Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS. All representations were masks rendered in a stylized manner in red paint. Five images (section 1, surfaces No. 4, 17, 25, 27, 31) were found at the Maloarbatskaya rock art site (Tashtyp District, Republic of Khakassia). Two masks were discovered at the Malaya Syya site (Shira District, Republic of Khakassia). Typical features of the paintings included dotted eyes, horizontal mouth line, and minor additions of arcs or strokes. In two objects (surfaces No. 27 and 31) at the Maloarbatskaya rock art site, the mouth and eyes were outlined with ovals. Stylistically, all these paintings can be attributed to the pictorial traditions of the Early Okunevo period (Uybat, Early Dzhoy traditions). Raman spectroscopy of paint composition in one mask at the Maloarbatskaya rock art site and one painting at the Malaya Syya site revealed hematite-containing raw materials (hematite, ochre) as mineral basis for the paints. The paint which was used for creating one mask at the Malaya Syya site contained admixture of calcium sulfate (probably gypsum), which could have served as color regulator. The use of multicomponent paints testifies to highly developed tradition of producing and using paints in the Okunevo culture, which is manifested by numerous finds of pigments on steles, portable art, pottery, and in burials dated to that period.

Keywords: rock art, paintings, Okunevo culture, Maloarbatskaya rock art site, Malaya Syya site, Minusinsk Basin, Raman spectroscopy.

Введение

Окуневская культура Минусинской котловины конца III – начала II тыс. до н.э. характеризуется разнообразием художественной традиции – наскальные изображения, рисунки на стелах и курильницах, различные каменные и костяные предметы мобильного искусства [Поляков, 2022, с. 122]. В том числе наблюдается активное использование красок в мобильном и наскальном искусстве. Однако статьи, посвященные анализу их состава, единичны [Есин и др., 2014; Давыдов, Губар, 2025]. В отношении объектов наскального искусства это может быть объяснено тем, что крашеные изображения сохраняются значительно хуже, чем петроглифы. Это происходит из-за разных факторов: влияние погодных условий, отслоение скальной поверхности, появление многочисленных биообрастателей и минеральных образований [Давыдов, Губар, 2025].

В ходе полевого сезона в 2025 г. Хакасским отрядом Минусинской петроглифической экспедиции ИАЭТ СО РАН под руководством Ю.С. Губар было проведено исследование крашеных изображений на памятниках наскального искусства Республики Хакасия, в т.ч. рисунков окуневской культуры различных хронологических пластов. Среди них выделяется небольшая группа схематичных личин, которые были зафиксированы на двух памятниках – Малоарбатской писанице и местонахождении Малая Сыя (рис. 1). Всего выявлено шесть плоскостей с семью личинами. Целью данной работы является характеристика данных изображений, их атрибуция и определение состава красок, которыми они были нанесены.

Материалы и методы

В работе использованы данные, полученные в процессе полевых исследований на памятниках наскального искусства Малоарбатская писаница и местонахождении Малая Сыя. Изучение изображений включало их морфолого-стилистический анализ и фотофиксацию. В связи с низкой сохранностью красок для уточнения локализации границ изображений фотографии плоскостей обрабатывались в плагине DStretch [Le Quellec et al., 2013].

Определение состава красок производилось непосредственно на памятниках методом рамановской спектроскопии. Использовался портативный рамановский спектрометр СПЕКТР-М РаПорт М532. Измерения выполнялись лазером с длиной волны 532 нм (мощность до 30 мВт), фокусное расстояние 50–75 мм, входная щель 20 мкм. Спектральный диапазон показаний волновых чисел 140–4 000 см⁻¹. Время набора спектров – 120 с. На каждой плоскости анализировалось пять точек (собрано 3–5 спектров в каждой точке), включая скальную поверхность без следов краски и с краской. В результате анализов получены рамановские спектры с графиками, демонстрирующи-

ми различную интенсивность излучения при определенном рамановском сдвиге (в см⁻¹). Всплески излучения, пики, маркируют определенные вещества.

Результаты полевых исследований Малоарбатской писаницы

Малоарбатская писаница расположена в Таштыпском р-не Республики Хакасия у с. Малые Арбаты (рис. 1, 1, 3). В 1969 г. Н.В. Леонтьев разделил рисунки писаницы на два хронологических пласта: изображения эпохи ранней бронзы и этнографического времени. В 2009 г. на памятнике проводил исследования Ю.Н. Есин. Он выделил на писанице пять условных участков и разделил антропоморфные изображения на раннеокуневские изображения и личины джойского стиля [Есин, 2012, с. 67, 70, 71]. В 2025 г. авторами статьи на этих пяти участках выполнена индексация изображений и выделено 57 плоскостей с разновременными крашенными изображениями.

На участке 1 на пяти плоскостях (4, 17, 25, 27, 31) обнаружены схематичные антропоморфные личины. Они имеют разную сохранность. На некоторых плоскостях личины перекрыты изображениями этнографического времени или кальцитовыми натеками, что затрудняет их изучение. Все изображения выполнены красной краской.

На плоскостях 4, 17, 25 изображены антропоморфные личины без контура с двумя точками (глазами) и горизонтальной линией (ртом) (рис. 2, 1, 2). Изображение на плоскости 4 расположено в ее правой верхней части. Левая часть изображения утрачена из-за разрушения скальной поверхности. Сохранились только фрагменты глаза и рта. Личина на плоскости 17 располагается в ее центральной верхней части. Фиксируются глаза, рот и косая черта около правого глаза. Сохранность изображения относительно хорошая. На плоскости 25 изображена личина с двумя глазами, над которыми присутствуют точки-брови, и горизонтальным ртом с двумя дугами и горизонтальной линией под ним. Изображение полностью перекрыто кальцитовым натеком.

Изображения плоскостей 27 и 31 отличаются по своей стилистике. Рот и глаза выполнены в виде горизонтально и вертикально вытянутых контурных овалов (рис. 2, 3). Изображение на плоскости 27 представлено фрагментарно, сохранилась только нижняя часть личины. Фиксируются овальный рот с V-образными уголками по сторонам и овальные глаза, отделенные от рта горизонтальной линией. Над личиной выявлена косая черта. На плоскости 31 изображена личина с крестом между овальными глазами и ртом, ее сохранность относительно хорошая.

Выполнено исследование состава краски личины на плоскости 17. Проанализированы один участок скальной поверхности без краски и четыре участка крашеного изображения (рис. 2, 4).

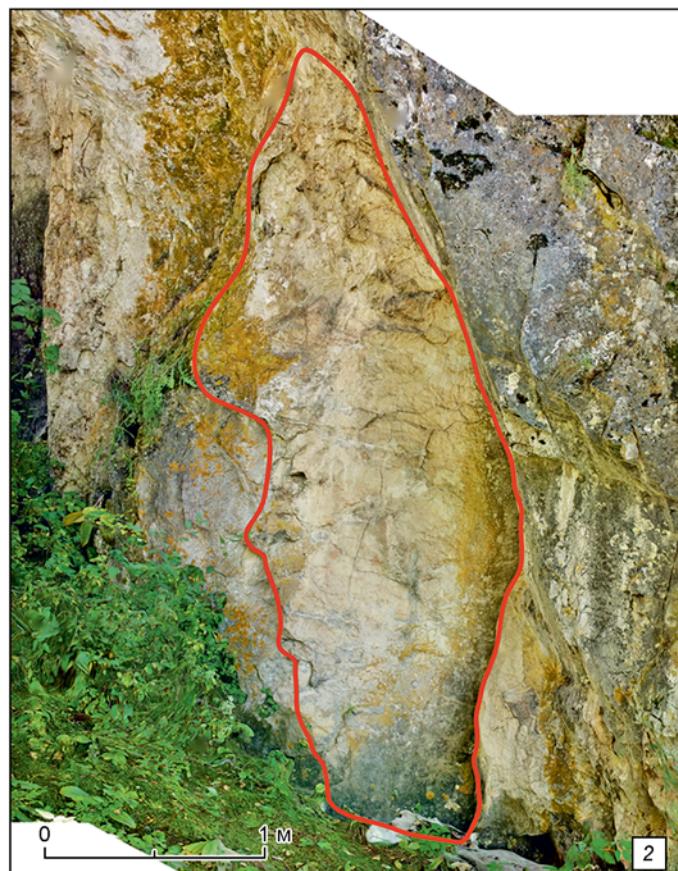
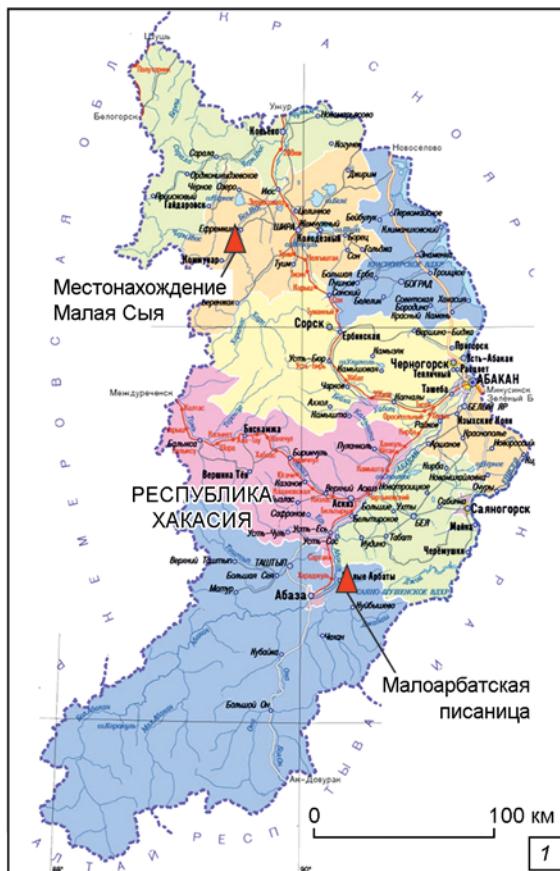


Рис. 1. Исследованные памятники наскального искусства со схематичными личинами.

1 – расположение Малоарбатской писаницы и местонахождения Малая Сыя на территории Республики Хакасия (оригинал карты – URL: <https://ru.pinterest.com/pin/416442296810803085/>, дата доступа: 20.10.2025); 2 – общий вид местонахождения Малая Сыя с указанием плоскости; 3 – общий вид участка 1 Малоарбатской писаницы с указанием плоскостей со схематичными личинами.

Установлено, что вся поверхность плоскости загрязнена оксалатом кальция (CaC_2O_4), который в форме вевеллита фиксируется на всех спектрах (одиночный пик 890 cm^{-1} и парные яркие пики $1\ 460$ и $1\ 487 \text{ cm}^{-1}$) [Hernanz, Gavira-Vallejo, Ruiz-López, 2006, fig. 7, p. 1059–1060].

Также на всей плоскости присутствуют следы биозагрязнителя. На спектрах его наличие маркируют

пики $590, 960, 1\ 580, 1\ 630 \text{ cm}^{-1}$. Значения рамановского сдвига не позволяют однозначно интерпретировать тип загрязнителя, однако пики 590 и 960 cm^{-1} связанны, как правило, с фосфатами (PO_4), пики в области $1\ 550$ – $1\ 650 \text{ cm}^{-1}$ могут ассоциироваться как с аминами и иными животными материалами, так и с компонентами лишайников [Chen et al., 2004; Jurašeková et al., 2022]. Принимая во внимание постоянное

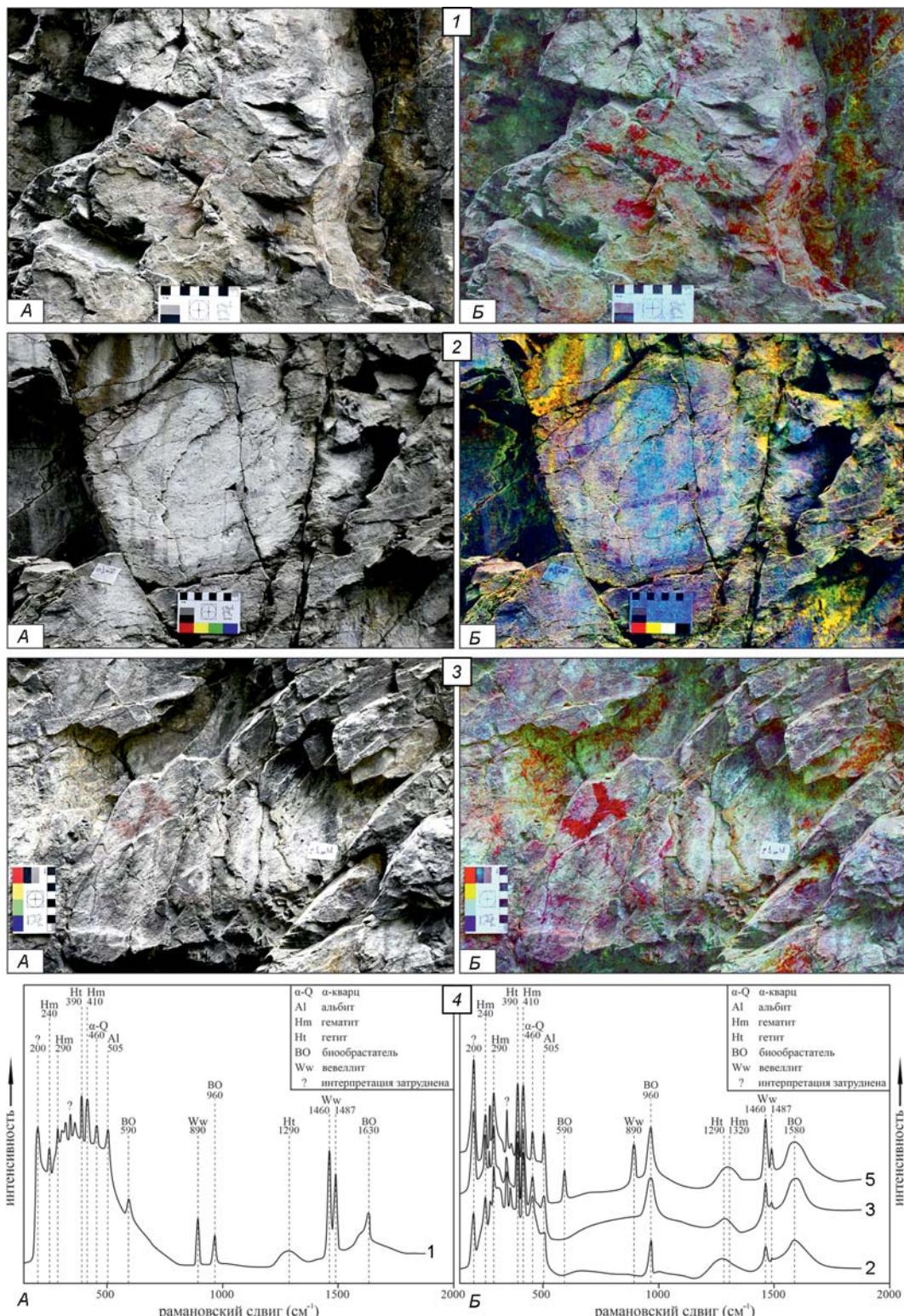


Рис. 2. Малоарбатская писаница.

1 – плоскость 17; 2 – плоскость 25; 3 – плоскость 31 (A – фотографии, B – фотографии после обработки в плагине DStretch); 4 – рamanовские спектры поверхности плоскости 17 (A – чистая скальная поверхность; B – поверхность с краской).

посещение плоскостей современным человеком и наличие загрязнителя на всей плоскости, его невозможно связать с составом краски.

На спектрах скальной поверхности и краски присутствуют также пик кварца (в форме α -кварца, 460 cm^{-1}), пик полевого шпата (вероятно, альбита) 505 cm^{-1} и неопределенные пики (самый яркий 200 cm^{-1}), которые могут быть связаны с кварцем, слюдами, полевыми шпатами и т.д., содержащимися в материале скальной поверхности [Freeman et al., 2008, fig. 3; Berlanga et al., 2019, fig. 3, 4].

Исследование скальной поверхности и краски позволило выявить наличие гематита (оксид железа, Fe_2O_3) и гетита (гидроксид железа, $\text{FeO}(\text{OH})$). Присутствие гетита фиксируется по пику 390 cm^{-1} и возвышению в области $1\,290\text{ cm}^{-1}$ [Froment, Tournie, Colombar, 2008, fig. 2].

Гематит на спектрах скальной поверхности маркируется пиками $240, 290, 410\text{ cm}^{-1}$. На спектрах краски они существенно ярче, также в некоторых случаях наблюдается замещение возвышения гетита $1\,290\text{ cm}^{-1}$ на связанное с гематитом возвышение $1\,320\text{ cm}^{-1}$ [Froment, Tournie, Colombar, 2008, fig. 2; Gomes et al., 2024]. Большое количество гетита и в скальной поверхности, и в краске объясняется интенсивными окислительными процессами поверхности, что напрямую связано с присутствием органических загрязнителей. Наличие гематита в скальной поверхности обусловлено высоким содержанием железа в красноцветном девонском песчанике [Давыдов, Губар, 2025]. Повышенная интенсивность пиков, маркирующих его, в краске указывает на применение гематитсодержащего сырья.

Таким образом, для изготовления краски для нанесения схематичных личин на Малоарбатской писанице применялась краска с минеральной основой в виде гематита. Прочие неорганические компоненты не выявлены.

Местонахождение Малая Сыя

Местонахождение Малая Сыя расположено в Ширинском р-не Республики Хакасия, в $0,4\text{ km}$ к северу от одноименного села. Оно было выявлено в 2025 г. по указанию местных жителей. Местонахождение представляет собой одиночную вертикальную плоскость с двумя схематичными антропоморфными личинами, расположенную под небольшим скальным навесом (см. рис. 1, 1, 2).

Первое изображение выявлено в центре плоскости. Зафиксированы глаза в виде точек, рот, обозначенный горизонтальной линией. На концах линии рта прослеживаются короткие вертикальные штрихи, пересекающие ее. Между глазами фиксируется небольшое пятно (рис. 3, 1). Вторая личина сохранилась плохо. Обнаружены только отдельные аморфные пятна краски (рис. 3, 2).

Выполнено исследование состава краски первой, относительно сохранившейся личины. Проанализировано два участка скальной поверхности без краски и три участка крашеного изображения (рис. 3, 3).

Вся поверхность плоскости, как и на Малоарбатской писанице, загрязнена оксалатом кальция в форме вевеллита. На всех спектрах присутствуют одиночный пик 890 cm^{-1} и парные яркие пики $1\,460$ и $1\,487\text{ cm}^{-1}$ [Hernanz, Gavira-Vallejo, Ruiz-López, 2006, fig. 7, p. 1059–1060].

Кроме того, на всей поверхности присутствует сульфат кальция (CaSO_4). Наблюдается разница между его формой на участках с краской и без краски. Спектры скальной поверхности демонстрируют пики $505, 1\,005, 1\,080\text{ cm}^{-1}$, типичные для ангидрида или гипса (из-за отсутствия на спектрах ярких пиков воды, установить точный тип минерала не представляется возможным) [Buzgar, Buzatu, Sanislav, 2009; Prieto-Taboada et al., 2014]. На спектрах поверхности с краской пик 505 cm^{-1} более ярко выражен, присутствует дополнительный пик 630 cm^{-1} , пик $1\,005\text{ cm}^{-1}$ трансформирован в пару $1\,005$ и $1\,013\text{ cm}^{-1}$, а помимо пика $1\,080\text{ cm}^{-1}$ имеется также пик $1\,130\text{ cm}^{-1}$. Все они характерны для сульфата кальция [Ibid.]. Отличие спектров потенциально может указывать на использование в краске примеси.

На спектрах скальной поверхности и краски присутствуют также пик кварца (460 cm^{-1}) и неопределенные пики, схожие с теми, что фиксировались при анализе плоскости на Малоарбатской писанице. Их наличие связано с материалом скальной поверхности.

Изучение спектров скальной поверхности и краски показало наличие гематита и гетита. Присутствие последнего в данном случае маркирует только пик 390 cm^{-1} [Froment, Tournie, Colombar, 2008, fig. 2]. Гематит на спектрах скальной поверхности фиксируется по пикам $240, 290, 410\text{ cm}^{-1}$. На спектрах краски пики более интенсивные, дополнительно фиксируется пик 665 cm^{-1} и значительное возвышение $1\,320\text{ cm}^{-1}$ [Froment, Tournie, Colombar, 2008, fig. 2; Gomes et al., 2024]. Присутствие гематита и гетита в скальной поверхности можно связать с естественными процессами окисления. Интенсивность пиков гематита на спектрах краски указывает на использование красящего вещества сырья на его основе.

Таким образом, на местонахождении Малая Сыя использовалась краска на основе гематитсодержащего минерального сырья (гематит, охра) с добавлением гипса или ангидрида.

Обсуждение результатов

Исследованные личины характеризуются схематичностью. Их ключевыми элементами являются два глаза (точки или овалы), рот (линия или в одном случае овал). Встречаются небольшие дополнения: косые черты, точки, короткие дуги, крест между глаз.

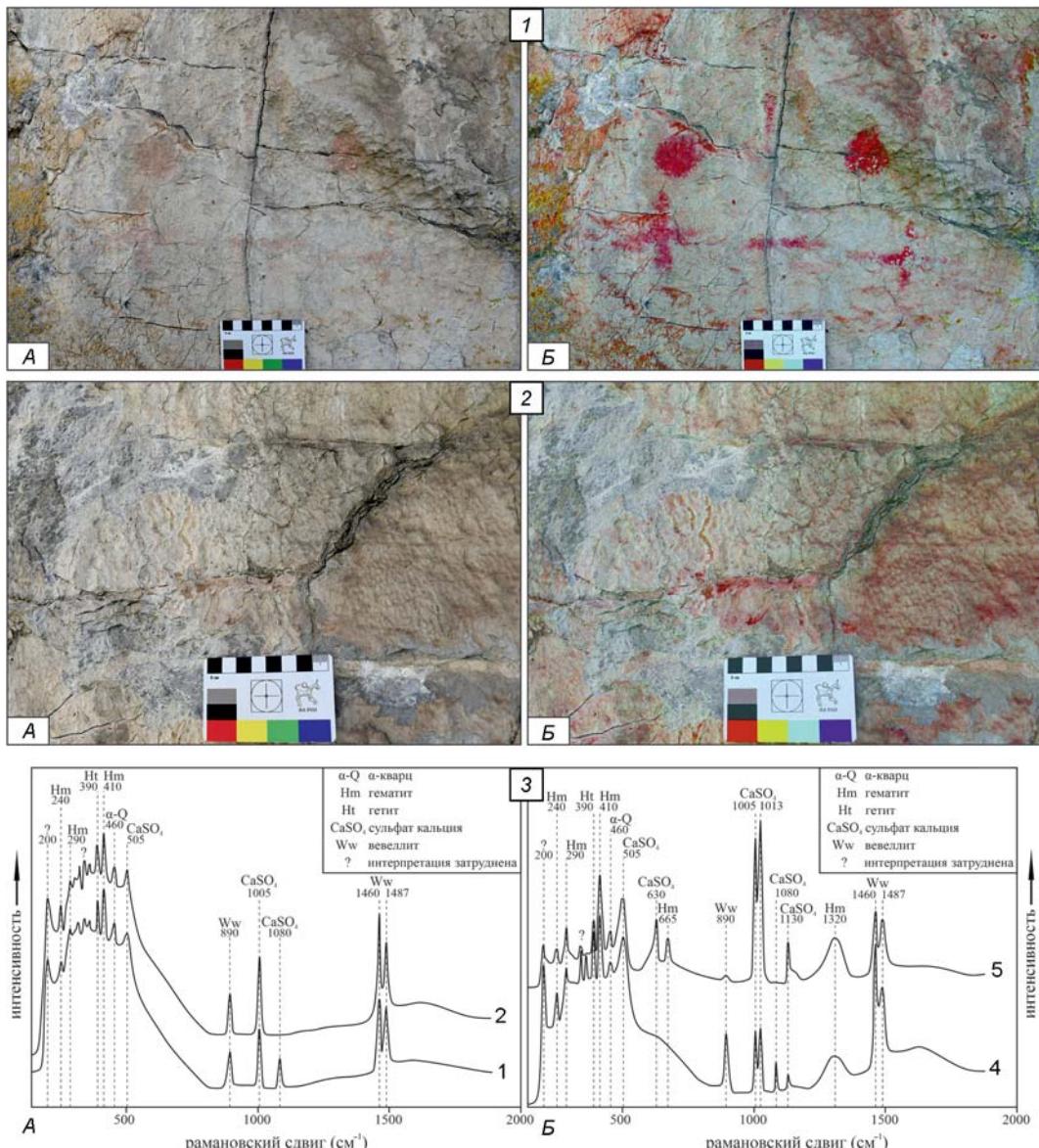


Рис. 3. Местонахождение Малая Сыя.

1 – личина в центральной части плоскости (A – фотография, B – фотография после обработки в плагине DStretch); 2 – остатки личины в верхней части плоскости (A – фотография, B – фотография после обработки в плагине DStretch); 3 – рамановские спектры (A – чистая скальная поверхность; B – поверхность с краской).

Подобные изображения Э.Б. Вадецкая при классификации личин окуневской культуры выделяла в группу «простые», связав их, как и прочие личинны на скалах, изваяниях и плитах, с окуневским временем [Вадецкая, 1980, с. 48, 53]. Неоконтуренные схематичные личины с точечными глазами и вертикальной полосой-ртом Н.В. Леонтьев, В.Ф. Капелько, Ю.Н. Есин определяли как относящиеся к уйбатской изобразительной традиции, наиболее ранней в окуневской культуре [2006, с. 16]. В рамках обзора окуневских личин Малоарбатской писаницы Ю.Н. Есин выделял схематичные рисунки в отдельную группу, относя ее к раннеокуневскому времени по аналогии с изображениями уйбатской традиции, отмечая пре-

емственность более поздних, джойских изображений [Есин, 2012]. Следовательно, схематичные личины, рассмотренные в работе, могут быть атрибутированы как изображения раннеокуневского времени.

Краски широко применялись носителями окуневской археологической культуры, включая раскрашивание лиц погребенных, орнаментацию сосудов, нанесение изображений на стенки погребальных ящиков, окрашивание стел, предметов мобильного искусства [Поляков, 2022, с. 95, 108]. Использовалась в основном красная краска, также на предметах мобильного искусства и на стелах встречается черное красящее вещество (как отдельно, так и в составе «бихромных» композиций на стелах) [Есин и др., 2014; Поляков,

2022, с. 174]. Согласно коллективным исследованием состава красок на поверхности шести окуневских стел, основой красной краски являлся гематит, в одном случае выявлена охра (смесь гематита и глины). Черная краска представляла собой уголь [Есин и др., 2014]. Авторами настоящей работы ранее проводились исследования состава краски изображений окуневской культуры на памятнике наскального искусства Шалаболинская писаница (Курагинский р-н Красноярского края), где в т.ч. проанализированы два изображения без контура с двумя точками-глазами и горизонтальной линией, личина с косым крестом. Определено, что они выполнены красной краской на основе местной охры и обработанной магнетит-апатитовой руды [Давыдов, Губар, 2025].

Таким образом, изученные в работе составы красных красок на основе гематитсодержащего сырья дополняют имеющиеся данные о красках окуневской культуры. Обращает на себя внимание разнообразие составов, выходящее за рамки ориентации на близлежащие источники сырья. Примесь сульфата кальция могла быть намеренной, для регулирования цвета, что коррелирует с регуляцией цвета обжигом минерального сырья на Шалаболинской писанице. Использование многокомпонентных рецептур, сочетающих механическую и термическую обработку вполне закономерно, учитывая широкое распространение традиции использования красок в окуневской культуре.

Заключение

В результате работы проанализировано семь схематичных личин раннего изобразительного пласта окуневской художественной традиции на памятниках Малоарбатская писаница и местонахождение Малая Сыя. Определен состав красок, которыми была выполнена часть этих изображений. Установлено использование гематитсодержащего сырья (охры, гематита) и применение в качестве добавки (регулятора цвета) гипса или ангидрида. Наличие многокомпонентных красок указывает на развитость традиции их изготовления и применения. Дальнейшая работа предполагает привлечение данных о составе красящих веществ личин более позднего, джойского стиля, что позволит выявить тенденции в развитии традиции изготовления красок в окуневской культуре.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 25-28-00600 «Комплексное технологическое исследование крашеных наскальных изображений Минусинской котловины: рецептура, способы нанесения, сохранность» с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН (г. Новосибирск).

Список литературы

- Вадецкая Э.Б.** Изваяния окуневской культуры // Памятники окуневской культуры. – Л.: Наука, 1980. – С. 37–88.
- Давыдов Р.В., Губар Ю.С.** Рамановская спектроскопия крашеных изображений в Минусинской котловине: апробация методики и практические результаты // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2025. – Т. 53, № 3. – С. 85–94.
- Есин Ю.Н.** Малоарбатская писаница: изображения эпохи бронзы // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2012. – № 3. – С. 67–75.
- Есин Ю.Н., Магай Ж., Русельер Э., Вальтер Ф.** Краска в наскальном искусстве окуневской культуры Минусинской котловины // РА. – 2014. – № 3. – С. 79–89.
- Леонтьев Н.В., Капелько В.Ф., Есин Ю.Н.** Изваяния и стелы окуневской культуры. – Абакан: Хакас. кн. изд-во, 2006. – 236 с.
- Поляков А.В.** Хронология и культурогенез памятников эпохи палеометалла Минусинских котловин. – СПб.: Изд-во ИИМК РАН, 2022. – 364 с.
- Berlanga G., Acosta-Maeda T.E., Sharma S.K., Porter J.N., Dera P., Shelton H., Taylor G.J., Misra A.K.** Remote Raman spectroscopy of natural rocks // Applied Optics. – 2019. – Vol. 58. – No. 32: 8971. – P. 1–3.
- Buzgar N., Buzatu A., Sanislav I.V.** The Raman study of certain sulfates // Analele științifice ale universității „al. I. Cuza” iași. Geologie. – 2009. – Т. LV, No. 1. – P. 5–23.
- Chen M., Zeng H., Larkum A.W.D., Cai Z.-L.** Raman properties of chlorophyll d, the major pigment of *Acaryochloris marina*: studies using both Raman spectroscopy and density functional theory // Spectrochimica Acta. Part A. – 2004. – No. 60. – P. 527–534.
- Freeman J.J., Wang A., Kuebler K.E., Jolliff B.L., Haskin L.A.** Characterization of natural feldspars by Raman spectroscopy for future planetary exploration // The Canadian Mineralogist. – 2008. – № 46 (6). – P. 1477–1500.
- Froment F., Tournie A., Colomban P.** Raman identification of natural red to yellow pigments: ochre and iron containing ores. // J. of Raman Spectroscopy. – 2008. – No. 39 (5). – P. 560–568.
- Gomes H., Collado H., Garcês S., Lattao V., Nicoli M., Eftekhari N., Marrocchino E., Rosina P.** Archeometrical Characterization of Rock Art Pigments from Puerto Roque Open-Air Rock Art Shelter (Valencia De Alcantara, Extremadura, Spain) // Heritage. – 2024. – Vol. 7. – P. 1123–1139.
- Hernanz A., Gavira-Vallejo J.M., Ruiz-López J.F.** Introduction to Raman microscopy of prehistoric rock paintings from the Sierra de las Cuerdas, Cuenca, Spain // J. of Raman Spectroscopy. – 2006. – Vol. 37, No. 10. – P. 1054–1062.
- Jurašeková Z., Fabriciová G., Silveira L.F., Lee Y.-N., Gutak J.M., Ataabadi M.M., Kundrát M.** Raman Spectra and Ancient Life: Vibrational ID Profiles of Fossilized (Bone) Tissues // Intern. J. of Molecular Sci. – 2022. – Vol. 23: 10689. – P. 1–21.
- Le Quellec J.-L., Harmann J., Defranase C., Duquesnoy F.** DStretch® et l'amélioration des images numériques: applica-

tions à l'archéologie des images rupestres // Les Cahiers de l'AARS. – 2013. – No. 16. – P. 177–198.

Prieto-Taboada N., Gómez-Laserna O., Martínez-Arkarazo I., Olazabal M.Á., Madariaga J.M. Raman Spectra of the Different Phases in the $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ System // Analytical Chemistry. – 2014. – Vol. 86 (20). – P. 1–7.

References

Berlanga G., Acosta-Maeda T.E., Sharma S.K., Porter J.N., Dera P., Shelton H., Taylor G.J., Misra A.K. Remote Raman spectroscopy of natural rocks. In *Applied Optics*, 2019. Vol. 58, No. 32: 8971. P. 1–3. doi:10.1364/AO.58.008971

Buzgar N., Buzatu A., Sanislav I.V. The Raman study of certain sulfates. In *Analele științifice ale universității „al. I. Cuza” iași. Geologie*, 2009. Vol. LV, No. 1. P. 5–23.

Chen M., Zeng H., Larkum A.W.D., Cai Z.-L. Raman properties of chlorophyll d, the major pigment of *Acaryochloris marina*: studies using both Raman spectroscopy and density functional theory. In *Spectrochimica Acta. Part A*, 2004. No. 60. P. 527–534. doi: 10.1016/s1386-1425(03)00258-0

Davydov R.V., Gubar Y.S. Raman Spectroscopy of Rock Art Paintings in the Minusinsk Basin: Testing the Method and Practical Implications. In *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2025. No. 3 (53), P. 85–94. doi:10.17746/1563-0110.2025.53.3.085-094

Esin Y.N. The Bronze Age Rock Art of Malye Arbaty. In *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2012. No. 3 (40). P. 67–75.

Esin Y.N., Magay Zh., Ruselyer E., Valter F. Paint in rock art of the Okunev culture of the Minusinsk basin. In *Russian archeology*, 2014. No. 3. P. 79–89. (In Russ.).

Freeman J.J., Wang A., Kuebler K.E., Jolliff B.L., Haskin L.A. Characterization of natural feldspars by Raman spectroscopy for future planetary exploration. In *The Canadian Mineralogist*, 2008. No. 46 (6). P. 1477–1500. doi:10.3749/canmin.46.6.1477

Froment F., Tournie A., Colombar P. Raman identification of natural red to yellow pigments: ochre and iron containing ores. In *J. of Raman Spectroscopy*, 2008. No. 39 (5). P. 560–568. doi:10.1002/jrs.1858

Gomes H., Collado H., Garcés S., Lattao V., Nicoli M., Eftekhari N., Marrocchino E., Rosina P. Archeometrical Characterization of Rock Art Pigments from Puerto Roque Open-Air Rock Art Shelter (Valencia De Alcantara, Extremadura, Spain). In *Heritage*, 2024. Vol. 7. P. 1123–1139. doi:10.3390/heritage7030053

Hernanz A., Gavira-Vallejo J.M., Ruiz-López J.F. Introduction to Raman microscopy of prehistoric rock paintings from the Sierra de las Cuerdas, Cuenca, Spain. In *J. of Raman Spectroscopy*, 2006. Vol. 37, No. 10. P. 1054–1062. doi:10.1002/jrs.1588

Jurašeková Z., Fabriciová G., Silveira L.F., Lee Y.-N., Gutak J.M., Ataabadi M.M., Kundrát M. Raman Spectra and Ancient Life: Vibrational ID Profiles of Fossilized (Bone) Tissues. In *Intern. J. of Molecular Sci.*, 2022. Vol. 23: 10689. P. 1–21. doi:10.3390/ijms231810689

Leontyev N.V., Kapelko V.F., Esin Y.N. Izvayaniya i stely okunevskoy kultury. Abakan: Khakas Book Publ., 2006. 236 p. (In Russ.).

Le Quellec J.-L., Harmann J., Defranase C., Duquesnoy F. DStretch® et l'amélioration des images numériques: applications à l'archéologie des images rupestres. In *Les Cahiers de l'AARS*, 2013. No. 16. P. 177–198.

Polyakov A.V. Khranologiya i kulturogenet pamyatnikov epokhi paleometalla Minusinskikh kotlovina. St. Petersburg: IIMK RAS Publ., 2022. 364 p. (In Russ.).

Prieto-Taboada N., Gómez-Laserna O., Martínez-Arkarazo I., Olazabal M.Á., Madariaga J.M. Raman Spectra of the Different Phases in the $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ System. In *Analytical Chemistry*, 2014. Vol. 86 (20). P. 1–7. doi: 10.1021/ac501932f

Vadetskaya E.B. Izvayaniya okunevskoy kultury. In *Pamyatniki okunevskoy kultury*. St. Petersburg: Nauka, 1980. P. 37–88. (In Russ.).

Губар Ю.С. <https://orcid.org/0000-0002-1799-8327>

Давыдов Р.В. <https://orcid.org/0000-0001-6580-2811>

Краснова Е.Л. <https://orcid.org/0009-0003-7867-5374>

Сутугин С.В. <https://orcid.org/0000-0001-8488-9860>

Дата сдачи рукописи 25.10.2025 г.