

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ В ИЗУЧЕНИИ
ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

УДК 902:543:543.544.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО И ДРЕВНЕГО
КРАСОЧНОГО ПИГМЕНТА РИСУНКОВ ПИСАНИЦЫ
ДВУГЛАЗЫЙ КАМЕНЬ (Р. НЕЙВА, СРЕДНИЙ УРАЛ)

© 2021 г. Д. В. Киселева^{1,*}, В. Н. Широков², Е. С. Шагалов³, Е. А. Панкрушина¹,
Д. А. Данилов⁴, А. Н. Хорькова⁴

¹ Институт геологии и геохимии им. ак. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия

² Институт истории и археологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

³ Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

⁴ Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

*E-mail: kiseleva@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 02.06.2021 г.

После доработки 02.06.2021 г.

Принята к публикации 15.06.2021 г.

Представлены результаты сравнительного анализа древнего красочного слоя писаницы Двуглазый Камень (Алапаевск, р. Нейва) и экспериментального рисунка, выполненного там же в 1992 г. из краски, изготовленной в соответствии с предполагаемой древней технологией (растирание кусочка местной железной руды со свинным салом). Исследования минерального и химического состава проведены методами сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией (СЭМ-ЭДС) и спектроскопии комбинационного рассеяния света. Полученные результаты не исключают использования древними людьми местного сырья (гематита железорудных проявлений “алапаевского типа”) в качестве красящего пигмента. Технология ручного перетирания гематитосодержащего материала как в древности, так и в наши дни позволила добиться получения мелкодисперсного, практически с субмикронными размерами частиц, пигмента. Древний красочный слой покрыт вторичными образованиями, представленными корочками, состоящими из кристаллов гипса и уэделлита, в некоторых случаях с тонкими прослоями доломит-магнезитового состава на гипсе. Предложены возможные механизмы образования гипсовых корок. Образование оксалатных корок (уэделлит) может быть обусловлено жизнедеятельностью лишайников, вероятные следы присутствия которых зафиксированы в экспериментальном рисунке. В составе органической компоненты древней краски обнаружены следы жира одомашненных жвачных животных (наиболее вероятно барана), который мог быть добавлен в качестве связующего, в отличие от экспериментальной краски на основе свиного жира. Также образцы краски содержат смесь органического вещества растительного происхождения из окружающей среды.

DOI: 10.1134/S1992722321050083

ВВЕДЕНИЕ

Писаница Двуглазый Камень находится в Свердловской области на территории Муниципального образования г. Алапаевск. Представляет собой скалистый мыс на правом берегу р. Нейвы, в 250 м от детского оздоровительного лагеря “Спутник”, в 400 м к западу от писаницы Косой Камень, в 2,9 км к северу от пос. Зыряновский (здания школы № 18) (рис. 1). Рисунки на Двуглазом Камне были открыты в 1938 г. местным краеведом П.И. Фроловым, позднее изучались П.И. Чернавиным и археологом Д.Н. Эдинггом, в отчетах которого скала с древними изображениями названа в честь первооткрывателя — Фроловым Камнем. В 1939 г. по заданию Государствен-

ного исторического музея на Нейву вновь выехал Д.Н. Эдинг. Им были скопированы рисунки “Двуглазого” и Коптелова камней. В 1958 г. на Нейве работал Западно-Сибирский отряд Института археологии во главе с В.Н. Чернецовым. Сотрудники экспедиционного отряда выполнили копии изображений на Коптеловых камнях и Двуглазом Камне. При этом название писанице “Двуглазый Камень” В.Н. Чернецов дал ошибочно. В действительности Двуглазый Камень с гротом и двумя входными отверстиями, напоминающий человеческий череп, расположен на другом берегу Нейвы чуть ниже по течению [1]. В 1984–1987 гг. уральские археологи В.И. Стефанов и Ю.П. Чемякин вместе со школьниками из г. Свердловска занимались обследованием писаниц на



Рис. 1. Внешний вид скалы с писаницей Двуглазый Камень (р. Нейва, г. Алапаевск, Средний Урал).

р. Нейве [2]. В 1994, 1995 и 1998 гг. В.Н. Широковым проведена фотофиксация изображений на цветную пленку, выполнена черно-белая копия основного панно [3, 4]. В 2015 г. сотрудниками отдела археологии Научно-производственного центра по охране и использованию памятников истории и культуры Свердловской области проведен мониторинг объекта культурного наследия, состояние оценено как удовлетворительное.

Описание памятника. Писаница расположена в 2 км ниже по течению от Коптеловского Камня на правом берегу реки Нейва. Скальные останцы сложены породами средне- и верхневизейского подъярусов визейского и намюрского ярусов, состоящими из известняков, доломитов, мраморов, песчаников, глинистых сланцев и конгломератов, перекрытых альбско-сеноманскими континентальными отложениями, содержащими глины, алевролиты, пески со щебнем окремнённого известняка и железорудными проявлениями “алапаевского типа” и бобовых руд.

Скала с рисунками копнообразной формы высотой ~15 м обращена к югу. В левой части скалы имеется неглубокий низкий грот размером 2 × 1.5 м. Вдоль фасадной части скалы проходит косой карниз шириной до 50 см. Территория у скалы поросла преимущественно сосновым лесом, непосредственно перед скальными плоскостями с древними рисунками растут березы. В.Н. Чернецов выделял здесь три группы рисунков. В.Н. Широковым все рисунки распределены на два участка. 1-я и 2-я группы по В.Н. Чернецову вошли в участок 1, 3-я — в участок 2. На участке 1 в центральной части фасада скального выступа, на расстоянии 4 м от воды находится основное панно с большим количеством рисунков. Здесь сохранились группы пятен и небольших отрезков, зигзаги одиночные и сдвоенные, снабженные отрезками, многоугольные мотивы, сдвоен-



Рис. 2. Внешний вид основного панно писаницы Двуглазый Камень с местами отбора четырех образцов краски ДК-2, 3, 5 и 6, скальной основы ДК-4 (а); гематит-лимонитовая руда ДК-1 (б); место отбора фрагмента ожелезненной поверхности известняка ДК-7 (в); вид экспериментального рисунка В.Ю. Попова с местами отбора образцов (г).

ная дуга, окружность с лучами, авиформы, орнаментализованное изображение животного — медведя, копытное с пятнами внутри контурного тела, а также сложные знаки и неопределенные изобразительные мотивы. На участке 2 (группа 3 по В.Н. Чернецову) справа от основного панно — зигзаги, ступенчатые и многоугольные мотивы. Сохранность рисунков и цвет краски различаются, отмечен случай подведения рисунка копытного в центральной части основного панно (рис. 2). Все изобразительные мотивы кратко охарактеризованы в табл. 1.

На вершине скального уступа во многих местах фиксируются многочисленные шурфы и карьеры, выполненные, вероятно, в конце XIX в. в целях поиска железной руды, куски которой встречаются на данном отрезке реки практически повсеместно.

В конце сентября 2020 г. были отобраны образцы краски для проведения анализов. Один образец был отобран с экспериментального рисунка, выполненного В.Ю. Поповым в сентябре 1992 г.

Таблица 1. Изобразительные мотивы на вертикальной плоскости Двуглазого Камня (р. Нейва, Средний Урал); ориентировка плоскости с рисунком – юг

Мотив	Техника, цвет ¹	Размеры, ширина линии, см
Участок 1		
1 – скопление штрихов	Рисунок, 10R 6/6	44 × 40 <1
2 – фрагмент знака (зигзаг?)	Рисунок, 5R 6/6	9 × 13 ~1–1.5
3 – фрагмент вертикального зигзага с отрезками	Рисунок, 5R 6/6	8 × 14 ~1
4 – скопление штрихов	Рисунок, 5R 4/6	18 × 18 <1
5 – вертикальный зигзаг с отрезками	Рисунок, 5R 6/6	6 × 37
6 – скопление штрихов, напоминающее фигуру	Рисунок, 5R 6/6	13 × 14 <1
7 – вертикальный зигзаг с треугольным основанием	Рисунок, 5R 6/6	8 × 20
8 – сложная многоугольная фигура (сдвоенные соты)	Рисунок, 5R 6/6	11 × 21
9 – ряд сот из штрихов	Рисунок, 5R 6/6	16 × 9
10 – полусотовый зигзаг горизонтальный	Рисунок, 5R 6/6	49 × 17
11 – полусотовый зигзаг (над мотивом 10)	Рисунок, 5R 6/6	45 × 14
12 – копытное с пятнами внутри туловища, зигзагом и двойной дугой	Рисунок, 5R 6/6	27 × 61 ~1–1.5
13 – медведь с зигзагом	Рисунок, 5R 6/6	12 × 60
14 – солярный знак	Рисунок, 5R 4/6	Диаметр ~ 10 см
15 – авиа	Рисунок, 5R 6/6	4.5 × 5
16 – авиа	Рисунок, 5R 6/6	5 × 5
17 – вертикальный зигзаг	Рисунок, 5R 6/6	6 × 37
18 – ромб с зигзагом (левый)	Рисунок, 5R 6/6	5 × 13
19 – ромб с зигзагом (правый)		4 × 12
20 – ряд штрихов (14)		29 × 3
21 – фрагмент горизонтального зигзага с отрезком		27 × 18
22 – фрагмент зигзага с отрезком		13 × 7
Участок 2		
23 – вертикальный многоугольный зигзаг	Рисунок, 5R 2/6	22 × 22
24 – вертикальный зигзаг	Рисунок, 5R 2/6	17 × 20
25 – ряд из многоугольников	Рисунок, 5R 2/6	14 × 13
26 – ступенчатая линия (горизонтальная)	Рисунок, 5R 2/6	33 × 23

Примечание. Сохранность рисунков удовлетворительная.

¹ Согласно колориметрической системе Манселла.

Работая над научно-популярным фильмом “Циркумполярные культуры. Предисловие”, он для съемки эпизода растер кусочки охры, найденной неподалеку, смешал этот порошок с нутряным свиным жиром (9–10-месячного поросенка), а затем полученной смесью нарисовал на камне веточкой солярный знак и человечка.

Цель работы заключается в сравнительном анализе экспериментального образца краски из-

вестного состава с образцами красочного пигмента, которым выполнены древние рисунки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На участке 1, на основном панно взяли четыре образца краски ДК-2, 3, 5 и 6 (рис. 2а), скальной основы ДК-4, а также фрагмент ожелезненной поверхности известняка ДК-7. Также были ото-

браны два образца с поверхности экспериментального рисунка В.Ю. Попова Э1 и Э2 (рис. 26) и образец гематит-лимонитовой руды (ДК-1).

СЭМ-изображения и ЭДС-спектры образцов, напыленных углеродом, получены с использованием сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6390LV с ЭДС-спектрометром INCA Energy 450 EDS с ускоряющим напряжением 20 кВ.

Минеральные фазы диагностированы с помощью конфокального спектрометра комбинационного рассеяния света (КРС) LabRAM HR800 Evolution с дифракционной решеткой 600 штр/мм; возбуждение лазером, излучающим на 488 нм; пространственное разрешение до 2 мкм.

Для хроматографического анализа были взяты образцы краски ДК-6 и Э2. Масса навесок составила ~0.007 и 0.092 г соответственно. Экстракцию жирных кислот (ЖК) из навесок проводили смесью хлороформ:метанол (2:1). Для лучшего протекания растворения пробы помещали в ультразвуковую ванну на 20 мин. Проводили центрифугирование проб в течение 10 мин при 3000 об./мин. Полученный экстракт помещали в вакуум для удаления растворителя. Сухой остаток растворяли в ацетонитриле и дериватизировали при помощи диметилформамид-диметилацетата. Для проведения газовой хроматографии/масс-спектрометрии (GC-MS) с использованием масс-спектрометра Perkin Elmer Clarus 600T образцы были введены при помощи инжектора в режиме бесбросового ввода образцов в капиллярную колонку (Elite-5MS 30 м × 250 мкм, толщина слоя неподвижной фазы 0.25 мкм). Температура инжектора составляла 200°C с фазой испарения, равной одной минуте. Программа GC состояла из равномерного увеличения температуры с 30 до 300°C со скоростью 10°C/мин, за которым следовал изотермический период при температуре 300°C в течение 5 мин. Общее время анализа составило 32 мин. MS проводили в режиме ионизации электронным ударом (EI), температура газохроматографического интерфейса – 200°C, а температура катода – 180°C, напряжение на источнике ионов – 70 эВ. MS получали в диапазоне отношений массы к заряду 35–400 а.е.м. Идентификация пиков проведена с использованием встроенной библиотеки масс-спектров и литературных данных, а также собственной интерпретации масс-спектров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Цвет рисунков красный, различной интенсивности. Это связано с покрытием красочного слоя вторичными образованиями, представленными корочками, состоящими из кристаллов гипса размером до 40 мкм (рис. 36). В некоторых случаях на

гипсе лежит прослой доломит-магнезитового состава толщиной менее 10 мкм (рис. 3в, 3г). Красочный слой состоит из тонкоперетертого материала, содержащего гематит. Размер частиц порядка нескольких микрон.

Образец гематит-лимонитовой руды, вероятно, используемой для экспериментального изготовления красок, показан на рис. 4е. Гематит черного цвета имеет радиально-лучистое и скорлуповатое строение, внешняя часть образца покрыта пористым слоем светло-коричневого агрегата лимонита.

Экспериментальный рисунок (образцы Э1 и Э2) темно-коричнево-красного цвета. Размер частичек в красочном слое ~2 мкм, достаточно равномерный. Присутствуют хлопьевидные тонкие частицы того же размера, содержащие в составе серу и фосфор – элементы, которые не наблюдаются в частицах краски других образцов. Также отмечаются органические волокна до 150 мкм в длину и дискообразные тела диаметром около 25 мкм (рис. 4), возможно, являющиеся пылью растений. Подобная форма и довольно большой размер (20–25 мкм) являются характерной для пылицы растений и не могут быть приняты за цианобактерии, обладающие гораздо меньшими размерами (2–3 мкм) и образующие многочисленные колонии. По поверхности образца, по всей видимости, развит тонкий слой гипса, проявленный при картировании (рис. 5). По картам распределения также видно, что наибольшее количество углерода связано с красочным слоем, что может быть обусловлено использованием органического связующего (сала) при изготовлении краски. Вероятно, жир, проникая по микротрещинам, приводит к появлению невысоких содержаний углерода вне красочного слоя (рис. 5).

Все обнаруженные минералы подтверждены с помощью спектроскопии КРС (рис. 6). Для образца экспериментальной краски спектры КРС записать не удалось из-за сильной люминесценции, обусловленной, по всей вероятности, большим количеством органического вещества из свиного жира, которое еще не успело разложиться за несколько десятилетий. В пигменте древней краски писаницы Двуглазый Камень обнаружены гематит Fe_2O_3 (наиболее вероятный минеральный компонент краски), гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, а также ангидрит $CaSO_4$ и оксалат кальция – уэделлит $Ca(C_2O_4) \cdot 2H_2O$. Спектроскопия КРС позволила уточнить, что в корках, покрывающих слой краски, кроме гипса присутствует уэделлит.

Оксалатные корки, в целом, характерны для поверхностей как расположенных под открытым небом, так и не подверженных воздействию атмосферных осадков [5, 6]. Показано, что оксалаты могут выполнять стабилизирующую функцию и защищать пигменты от выветривания и надежно

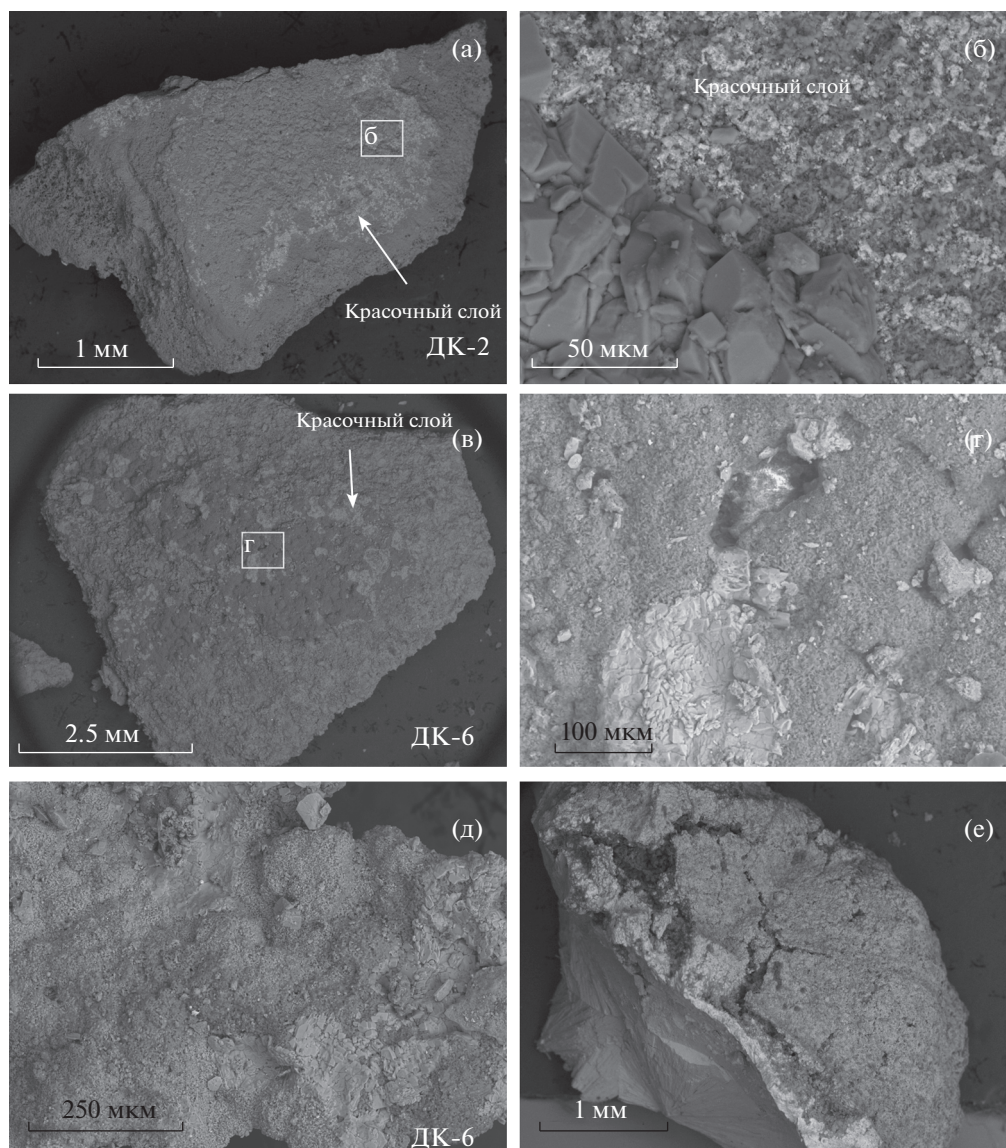


Рис. 3. СЭМ-изображения в режиме обратно-рассеянных электронов: сколы с образцов ДК-2 (а, б), ДК-6 (в–д) и гематит-лимонитового агрегата ДК-1 (е); б – гипсовые кристаллы на красочном слое, в, г – гипсовые кристаллы на доломит-магнезитовой корочке, покрывающие красочный слой.

фиксировать краситель на поверхности субстрата [6]. Уэдделлит обнаружен только в корках; в массиве скальной основы, представленной окварцованным известняком, его нет. Наиболее вероятным источником оксалатов могут являться лишайники – симбиотические ассоциации грибов (микобионтов) и микроскопических зеленых водорослей и/или цианобактерий (фотобионтов). Лишайники, например Аспицилия известняковая (*Aspicilia calcarea*), способны производить в процессе жизнедеятельности пруйн (воскообразный защитный налет), состоящий из уэдделлита. Более того, в образцах экспериментальной краски встречаются нитевидные структуры, сходные с гифами грибов-микобионтов лишайника (рис. 3е).

Фосфор, обнаруженный в довольно малых количествах, также может быть продуктом жизнедеятельности лишайника.

К образованию гипса могли привести несколько процессов, включающих в себя как природные источники серы, так и ее искусственное внесение в составе связующего краски. К первым относится механизм эффоресценции (кристаллизации) вследствие перколяции поровых вод, несущих сульфат-ион через толщи известняка к поверхности, где при испарении воды кристаллизовался гипс. При этом источником серы могли служить и рудные объемы расположенного поблизости месторождения железных руд. Еще одним природным источником могли быть оксиды

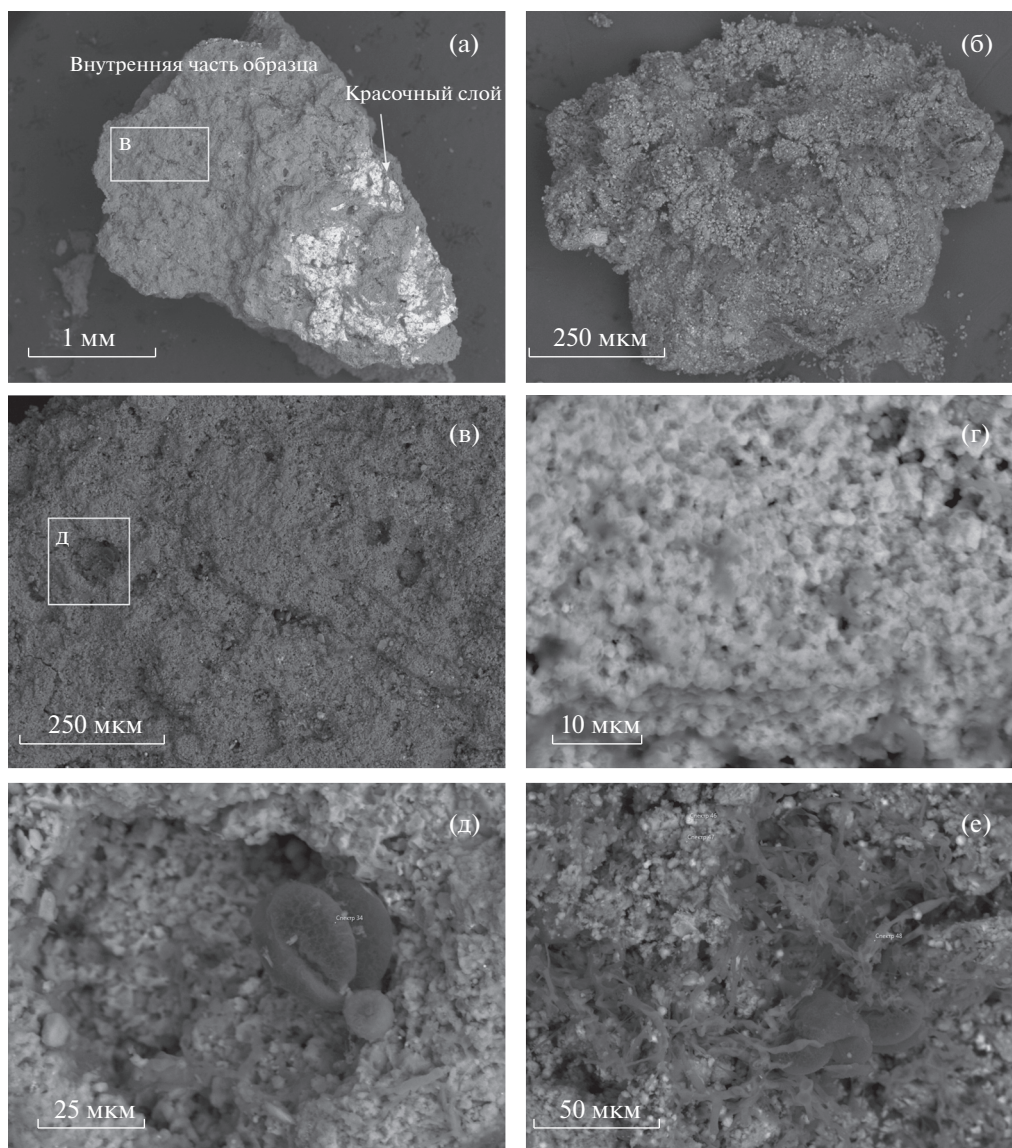


Рис. 4. СЭМ-изображения в режиме обратно-рассеянных электронов: а – образец Э1, красочный слой хорошо выделяется белым цветом (прямоугольником выделен на рис. в); б – образец Э2; в – строение внутренней части образца Э1 (участок выделен прямоугольником на рис. д); г – строение красочного слоя образца Э1; частички гематита смешаны с хлопьевидными частицами; д – дискообразные органические частицы во внутренней части образца Э1 (пыльца?); е – дискообразные и нитевидные органические частицы в красочном слое образца Э1.

серы из атмосферы. На данный момент неясно, как происходила миграция сульфат-ионов – снаружи внутрь или изнутри наружу, поэтому сложно определить преимущественный источник сульфатной серы. Не исключается, что сера могла входить в состав органической связующей компоненты красителя, такого, как, например, жир или костный мозг животных [7].

По наличию таких минералов, как гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и ангидрит CaSO_4 , а также узеллит $\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, которые довольно легко могут гидратироваться и дегидратироваться, можно предположить чередование периодов сухих и

влажных климатических условий за время формирования минеральных корок на поверхности породы.

По результатам хроматографического анализа было установлено присутствие в образцах преимущественно пальмитиновой $\text{C}_{16:0}$ (Р) и стеариновой $\text{C}_{18:0}$ (S), а также в меньших количествах миристиновой $\text{C}_{14:0}$ (М), арахидиновой ($\text{C}_{20:0}$), бегеновой ($\text{C}_{22:0}$) и лигноцеридиновой ($\text{C}_{24:0}$) насыщенных ЖК, а также насыщенных с нечетным числом атомов углерода пентадекановой $\text{C}_{15:0}$, гептадекановой (маргариновой) $\text{C}_{17:0}$ и пентакозановой

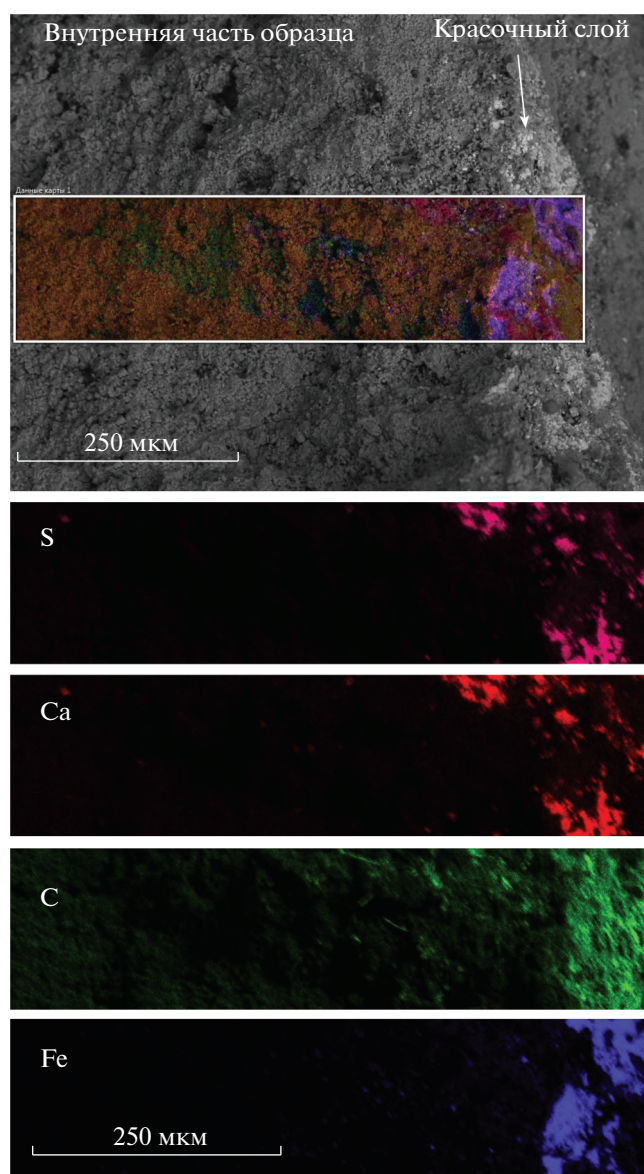


Рис. 5. СЭМ-изображение в режиме обратно-рассеянных электронов и комбинированная карта сечения образца экспериментальной краски Э1 и карты распределения элементов (сера, кальций, углерод и железо). Хорошо виден гематитовый красочный слой в смеси с углеродистой составляющей. Кальций и сера локализованы в одном месте, что говорит о присутствии гипсовой фазы (и возможно, уэделлитовой) на поверхности образца.

$C_{25:0}$ ЖК. Были обнаружены ненасыщенные пальмитолеиновая $C_{16:1}$, олеиновая $C_{18:1}$ и линолевая $C_{18:2}$ ЖК.

Согласно [8–10] соотношение массовых долей насыщенных ЖК P/S может быть использовано для идентификации видовой принадлежности остатков жиров и масел в археологических материалах. Для оценки происхождения органических остатков рассчитали соотношения кислот

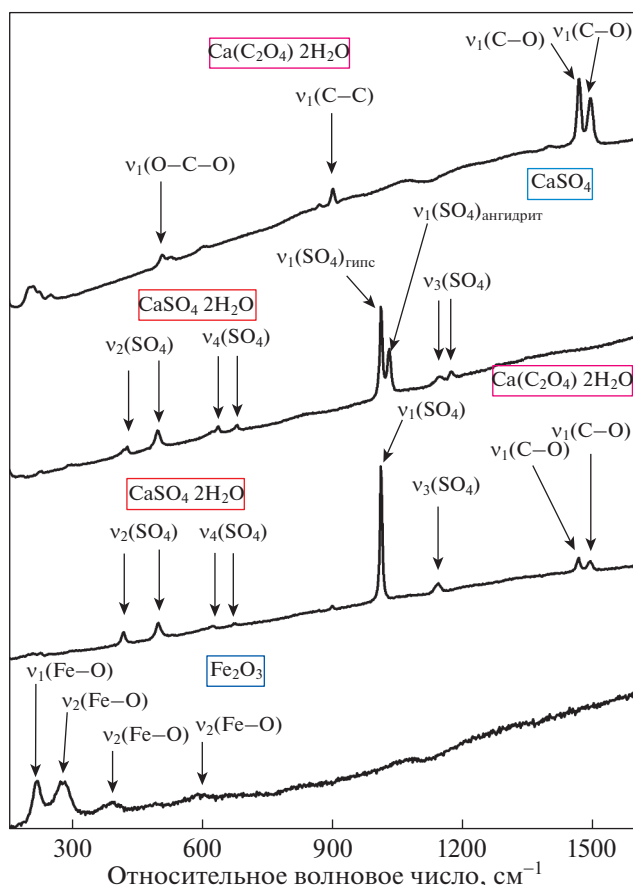


Рис. 6. Спектры КРС различных участков образца краски ДК-2 из писаницы Двуглазый Камень. Стрелками показаны колебательные моды (v_1 – v_4) функциональных группировок гематита (Fe_2O_3), гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), уэвеллита ($Ca(C_2O_4) \cdot 2H_2O$), ангидрита ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Длина волны возбуждения 488 нм. Дифракционная решетка 600 штр/мм. v_1 и v_3 – симметричное и несимметричное валентное колебание, v_2 и v_4 – симметричное и несимметричное деформационное колебание.

P/S в исследованных образцах. Для экспериментальной современной краски Э2 оно составило 1.72, что соответствует свиному жиру (1.7–1.9), а для образца древней краски оно составило 1.18, что позволяет предположить происхождение скорее от жвачных животных, таких как крупный рогатый скот (1–1.6) или овца (1.0–1.3), чем от животных с однокамерным желудком, например лошадей (9.4) [11], свиней [8, 9]. Полученное значение также сильно отличается от жира диких жвачных: лося (1.48), оленя (0.7) и вилорога (0.7) [12]. Полученное для древнего пигмента соотношение P/S = 1.18 было сопоставлено с костным мозгом диких жвачных с многокамерным желудком на примере плюсневых костей лося, оленя и вилорога (P/S ~ 4) [12], а также с костным мозгом

бедренной кости верблюда (1.4), коровы (1.82), козы (2.28), овцы (1.72) и свиньи (9.4) [13].

Наличие миристиновой кислоты говорит в пользу животного происхождения жиров из обоих образцов, поскольку в растениях и растительных маслах содержание миристиновой кислоты крайне мало (0.01–0.1%) [9].

Отмеченные в составе древнего образца краски ЖК с нечетным числом атомов углерода характерны для жиров жвачных животных [14, 15]; более того, пентадекановая $C_{15:0}$ и гептадекановая (маргариновая) $C_{17:0}$ ЖК были обнаружены в гидрогенизированном жире барана [15].

Пентакозановая $C_{25:0}$ и лигноцериновая $C_{24:0}$ кислоты относятся к насыщенным ЖК с очень длинной углеродной цепочкой, которые являются важными компонентами клеток эукариотов – растений и животных, а также лишайников [16]. Пентакозановая $C_{25:0}$, арахиновая $C_{20:0}$, бегеновая $C_{22:0}$ и лигноцериновая $C_{24:0}$ ЖК были обнаружены в значительных количествах при анализе древесины и коры ели обыкновенной, или европейской (*Picea abies*), и лиственницы европейской, или опадающей (*Larix decidua*) [17]. Учитывая наличие хвойных лесов в изучаемой местности и вероятной пыли растений на микрофотографиях краски, можно предположить “загрязнение” пигментов органическими веществами растительного происхождения (пыльцой, микрочастицами коры и древесины хвойных) из окружающей среды за длительное время.

Таким образом, в ЖК-составе изученных образцов наблюдаются различия: если для экспериментального образца на основе связующего из свиного жира соотношение пальмитиновой и стеариновой кислот соответствует литературным данным, то в образце древней краски обнаружены следы жира одомашненных жвачных животных, наиболее вероятно барана. В обоих образцах фиксируются следы органического вещества растительного происхождения, возможно, попавшего на рисунок с течением времени из окружающей хвойного леса и/или вследствие развития микроскопических лишайников на поверхности скальной основы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставительный анализ экспериментального образца краски с образцами древнего красочного пигмента писаницы Двуглазый Камень не исключает использования древними людьми местного сырья (гематита железорудных проявлений “алапаевского типа”) в качестве красящего пигмента. Технология ручного перетира гема-титсодержащего материала как в древности, так и в наши дни позволила добиться получения мелкодисперсного, практически с субмикронными

размерами частиц, пигмента. Уверенно диагностируемых методом СЭМ остатков органического вещества искусственного происхождения (возможно добавленного в качестве связующего в краску) в древних рисунках не обнаружено в отличие от современной экспериментальной краски, где наибольшее количество углерода приурочено к красочному слою с салом. К тому же древний красочный слой покрыт вторичными образованиями, представленными корочками, состоящими из кристаллов гипса и уэделлита, в некоторых случаях с тонкими прослоями доломит-магнезитового состава на гипсе. Образование оксалатных корок (уэделлит) может быть обусловлено жизнедеятельностью лишайников, вероятные следы присутствия которых зафиксированы в экспериментальном рисунке. Возможные механизмы образования гипсовых корок значительно разнообразнее и на данной стадии исследований не позволяют выявить преимущественный. Метод GC-MS подтвердил, что в состав органической компоненты экспериментального образца краски входит свиной жир, а в образце древней краски обнаружены следы жира одомашненных жвачных животных (наиболее вероятно барана), который мог быть добавлен в качестве связующего. Также образцы краски содержат примесь органического вещества растительного происхождения из окружающей среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-09-00194). Сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией и КРС-спектроскопия выполнены в ЦКП УрО РАН “Геоаналитик” в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН. Дооснащение и комплексное развитие ЦКП “Геоаналитик” ИГГ УрО РАН осуществляется при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021-680.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернецов В.Н. Наскальные изображения Урала. Ч. 2 (Свод археологических источников, Вып. 4–12). М.: Наука, 1971. 120 с.
2. Чемякин Ю.П. Матер. науч. конф. “Урал в прошлом и настоящем”. Ч. I, Екатеринбург, 24–25 февраля 1998. С. 123.
3. Широков В.Н., Чаиркин С.Е., Чемякин Ю.П. Уральские писаницы: река Нейва. Екатеринбург: БКИ, 2000. 50 с.
4. Широков В.Н., Чаиркин С.Е. Наскальные изображения Северного и Среднего Урала. Екатеринбург: Издательский дом “Ажур”, 2011. 181 с.

5. *Киселева Д.В., Шагалов Е.С., Панкрушина Е.А. и др.* // Геоархеология и археологическая минералогия. 2019. № 6. С. 53.
6. *Russ J., Kaluarachchi W.D., Drummond L. et al.* // Studies in Conservation. 1999. V. 44 (2). P. 91.
7. *Reese R., Human M., Rowe M. et al.* // J. Archeol. Sci. 1996. V. 23. P. 269.
8. *Khorkova A.N., Danilov D.A., Kiseleva D.V. et al.* AIP Conf. Proc. 2020. V. 2313. P. 050055.
9. *Пождаев В.М., Сергеева Я.Э., Слушная И.С. и др.* // Бутлеров. сооб. 2017. Т. 52 (12). С. 73.
10. *Evershed R.P., Dudd S.N., Copley M.S. et al.* // Acc. Chem. Res. 2002. V. 35. P. 660.
11. *He M.L., Ishikawa S., Hidari H.* // Asian-Australasian J. Animal Sci. 2005. V. 18. P. 165.
12. *Cordain L., Watkins B.A., Florant G.L. et al.* // Eur. J. Clin. Nutrition. 2002. V. 56. P. 181.
13. *Abd-El-Aal M.H., Mohamed M.S.* // Food Chem. 1989. V. 31. P. 93.
14. *Азаров Е.С., Пождаев В.М., Шишлина Н.И. и др.* // Краткие сообщения Института археологии. 2016. № 244. С. 391.
15. *Hansen R.P., Shorland F.B., Cooke N.J.* // Biochem. J. 1954. V. 58 (4). P. 516.
16. *Rezanka T., Sigler K.* // Prog Lipid Res. 2009. V. 48 (3–4). P. 206.
17. *Salem M.Z.M., Nasser R.A., Zeidler A. et al.* // BioRes. 2015. V. 10 (4). P. 7715.