

**Красочные пигменты Каповой пещеры: кластеризация образцов на базе данных микрорентгенофлуоресцентного анализа (предварительные результаты)**

**Colour pigments from Kapova cave: clustering of samples based on micro-X-ray fluorescence analysis (preliminary results)**

Приведены результаты изучения красочных пигментов с 4 плейстоценовых горизонтов посещения Купольного зала Каповой пещеры (горизонты 4, 5, 6 и 7). Для 88 образцов пигментов проведен неразрушающий микро-РФА анализ. Для выявления химических групп использовались иерархический агломеративный кластерный анализ (agglomerative clustering) для построения дендрограмм и стохастическое вложение соседей с t-распределением (t-distributed stochastic neighbor embedding, tSNE) для представления многомерных данных в двухмерном отображении. Предварительные результаты кластеризации указывают на то, что образцы из 4 и 5 горизонтов составляют одну крупную группу, а образцы из 6 и 7 горизонтов составляют меньшие по размерам индивидуальные группы. Результаты демонстрируют обоснованность выбранных подходов и методов к пигментам как к массовому материалу.

The results of studying colorful pigments from four Pleistocene horizons of visiting the Dome Hall of the Kapova Cave (horizons 4, 5, 6 and 7) are presented. Non-destructive micro-XRF analysis was performed for 88 pigment samples. To identify chemical groups, hierarchical agglomerative clustering was used to build dendrograms and t-distributed stochastic neighbor embedding (tSNE) to represent multidimensional data in two-dimensional display. Preliminary clustering results indicate that samples from horizons 4 and 5 constitute one large group, while samples from horizons 6 and 7 constitute smaller individual groups. The results demonstrate the validity of the chosen approaches and methods for pigments as a mass material.

В коллекциях материалов из пещерных памятников с настенными изображениями верхнепалеолитического времени особо выделяется категория красочных пигментов. Они встречаются в разных контекстах – как на современном уровне пола в виде скоплений, так и в культурных слоях и горизонтах посещений в порошкообразном состоянии, в виде карандашей, мазков и т.п. За последние несколько десятилетий стала очевидной следующая проблема: в большинстве случаев пигменты из культурных слоев памятника не рассматриваются в качестве массового материала. Однако в результате отдельных исследований было выявлено, что комплексный анализ большого количества пигментов из разных культурных слоев одного памятника может представить значительный объем информации как об изменениях в технологических подходах к обработке материалов, так и об изменениях в стратегиях жизнеобеспечения [Velliky et al., 2018]. Важнейшим элементом изучения минеральных пигментов является применение естественно-научных методов анализа [Clottes et al., 1997].

Капова пещера находится на правом берегу р. Белая в Бурзянском районе Респ. Башкортостан, на территории государственного природного биосферного заповедника «Шульган-Таш». Пещера представляет собой систему залов и коридоров, расположенных на трех гипсометрических уровнях. Нижний уровень занят р. Подземный Шульган.

На сегодняшний день основной фокус исследований сосредоточен на красочных материалах из раскопа в Купольном зале Каповой пещеры, полученных в результате работ Южно-Уральской археологической экспедиции МГУ. В результате работ около Западной ниши Купольного зала Каповой пещеры выявлено 12 голоценовых и 9 позднплейстоцено-

вых горизонтов посещения [Житенев, 2018]. Голоценовые горизонты не содержали следов пигмента.

Для начала апробации методики изучения красочных пигментов как массового материала были выбраны 4 плейстоценовых горизонта посещения Купольного зала Каповой пещеры – четвертый, пятый, шестой и седьмой.

Отобранные во время полевых работ образцы изучались под бинокулярным микроскопом. На этом этапе стало очевидным, что непосредственно пигментом является небольшой процент от всего материала, поскольку, в полевых условиях – в пещере – при плохом освещении не всегда возможно однозначно определить, являются ли мелкие крупинки пигментом, окрашенными охрой камнями, камнями темного цвета, мелкими фрагментами кальцита или суглинка. Кроме того, отобранный материал имеет свойство тускнеть при высыхании. Тем не менее, стоит отметить важность сбора всего материала, который внешне напоминает пигмент, т.к. это значительно снижает шанс утраты образцов в процессе полевых работ.

Из 4 горизонтов посещения Купольного зала Каповой пещеры было получено 88 образцов пигмента различного вида и оттенка красного цвета. По структуре и консистенции они представляют собой как плотные, так и рыхлые комки и крупинки, оставляющие или не оставляющие след при проведении по листу бумаги или камню.

Образцы представляют собой мелкие фрагменты массой от 0.6 до 108 мг, при этом 80 % образцов имеют массу менее 20 мг. Для образцов такой массы проведение классического количественного рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) было невозможно, поэтому был проведен неразрушающий микро-РФА с использованием спектрометра Bruker Tornado M4+. Использована трубка с анодом из вольфрама, с коллиматором 1 мм, часть спектров снята с фильтрацией первичного излучения. В спектрах идентифицированы линии следующих 17 элементов: Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Rb, Sr, Y, Zr. Так как линии  $L\alpha$  свинца и  $K\alpha$  мышьяка практически полностью перекрываются, различить эти элементы, когда они присутствуют в малых концентрациях, с помощью РФА невозможно, поэтому во всех спектрах условно линия с энергией 10.55 кэВ приписывалась свинцу. Проводилась деконволюция спектров, регистрировалась интенсивность (суммарная скорость счета за вычетом фона) для наиболее интенсивной линии каждого идентифицированного элемента. Интенсивность линии элемента нормировалась на интенсивность линии  $K\alpha$  железа. Полученный таким образом массив данных обрабатывался методами кластерного анализа для выявления групп, близких по химическому составу образцов. Использовались иерархический агломеративный кластерный анализ (agglomerative clustering) для построения дендрограмм и стохастическое вложение соседей с  $t$ -распределением ( $t$ -distributed stochastic neighbor embedding, tSNE) для представления многомерных данных в двухмерном отображении. В ходе кластерного анализа не использовались данные о том, в каком горизонте был обнаружен тот или иной образец. Предварительные результаты кластеризации указывают на то, что образцы из 4 и 5 горизонтов составляют одну крупную группу, а образцы из 6 и 7 горизонтов составляют меньшие по размерам индивидуальные группы.

Новые результаты изучения представленного в работе материала демонстрируют обоснованность выбранных подходов как к полевой методике изучения рыхлых отложений Каповой пещеры, так и к пигментам как к массовому материалу. Именно такая методика позволяет охватить обсуждаемую категорию археологического материала, отличающегося множеством нюансов как естественного, так и антропогенного характера. Выявление исключений, различий и тонкостей в рецептуре приготовления красочных пигментов позволяет предварительно поставить вопрос об их функциональном значении в качестве хронологических и/или культурных маркеров.

## Литература

*Жуменёв В.С.* Капова пещера-палеолитическое подземное святилище. М.: Индрик, 2018. 296 с  
*Clottes J., Menu M., Walter P.* New laboratory techniques and their impact on Paleolithic cave art // *Beyond Art: Pleistocene Image and Symbol. Memoirs of the California Academy of Sciences.* 1997. V. 23. P. 37–52.

*Velliky E.C., Porr M., Conard N.J.* Ochre and pigment use at Hohle Fels cave: results of the first systematic review of ochre and ochre-related artefacts from the Upper Palaeolithic in Germany // *PloS one.* 2018. V. 13. № 12. С. 40.

*А.М. Юминов, И.А. Блинов*

*А.М. Yuminov, I.A. Blinov*

*Институт минералогии ЮУ ФНЦ МуГ УрО РАН, г. Миасс, umin@mineralogy.ru*

### **Состав растертого материала в каменных орудиях Гонур-Депе (Юго-Восточные Каракумы)**

### **The composition of the grind material in the stone tools of Gonur-Depe (South-Eastern Karakum)**

В работе охарактеризованы реликты минеральных и металлических включений, обнаруженных на рабочей поверхности древних каменных орудий Гонур-Депе. Выделены типы сырья, используемого для производства минеральных красок (гипс, кальцит, сурик, гематит, стибнит, висмутин) и бронзолитейного производства (касситерит, флюорит). Всё красящее и рудное сырье импортировалось из других регионов и было переработано непосредственно на археологическом памятнике. Установлен состав древних сплавов (металлическая медь, оловянная бронза, мельхиор), обрабатываемых каменными абразивами.

The paper describes the relics of mineral and metal inclusions found on the working surface of ancient stone tools of Gonur-depe. The types of raw materials used for the production of mineral paints (gypsum, calcite, meerkat, hematite, stibnite, bismuthin) and bronze-casting production (cassiterite, fluorite) are identified. All the coloring raw materials and ores were imported from other regions and processed directly at this archaeological site. The composition of ancient alloys (metallic copper, tin bronze, nickel silver) treated with stone abrasives has been examined.

Гонур-Депе является одним из наиболее известных археологических памятников эпохи поздней бронзы в Средней Азии. Он находится в юго-восточной части пустыни Кара-Кум, в 85 км севернее г. Байрамали (Марыйский велаят, Респ. Туркменистан). Объект относится к Бактрийско-Маргианскому археологическому комплексу и в древности являлся административно-культурным центром прилегающей территории. Гонур-Депе был основан в конце III тыс. до н.э. в замковой части дельты р. Мургаб и просуществовал до середины II тыс. до н.э. [Зайцева и др., 2012]. Памятник был открыт В.И. Сарияниди в 1972 г. и раскапывался им до последних лет жизни. В настоящее время археологические работы продолжают сотрудники Маргианской экспедиции. За период многолетних работ научным коллективом были собраны и изучены богатейшие коллекции изделия из керамики, меди, бронзы и драгоценных металлов, а также множество предметов, изготовленных из камня [Сарияниди и др., 2020]. Однако, несмотря на длительное время исследования памятника, последовательные работы по изучению его петрофонда были начаты сравнительно недавно.