



УДК 903(571.1)

Элементный анализ археологических находок охры с территории урочища Барсова Гора: методический аспект*

Е. А. Юдина, М. О. Тонкушина, Н. А. Кулеш,
Л. Л. Косинская, А. А. Остроушко

Уральский федеральный университет

И. В. Усачева

Институт проблем освоения Севера СО РАН

Аннотация. Статья посвящена методическим аспектам физико-химического (элементного) анализа некоторых форм оксидного охристого пигмента, оценке информативности и интерпретационных возможностей данного метода в рамках археологических изысканий. На материалах неолитических поселенческих комплексов и могильников урочища Барсова Гора (Сургутский р-н, ХМАО – Югра Тюменской обл.) представлены наблюдения, касающиеся методики выявления и характеристики минеральных пигментов, отбора и подготовки почвенных образцов. Приведены результаты элементного анализа (методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии) археологических находок охры, образцов вмещающих и фоновых почв, а также возможного сырья для изготовления пигмента в древности. Проведен сопоставительный анализ, выявлены некоторые локальные маркерные элементы, предложена интерпретация полученных естественно-научных данных.

Ключевые слова: Западная Сибирь, Барсова Гора, неолит, энеолит, оксидная охра, природные минеральные пигменты, элементный анализ, рентгенофлуоресцентная спектроскопия.

Введение

В археологии охрой обычно именуют почвенные образования либо горные породы, содержащие оксиды железа, придающие образцам красные или желтые оттенки, и, одновременно, пигменты, изготовленные из такого сырья.

Данное понятие можно отнести к разряду стихийно сформировавшихся, вернее, стихийно заимствованных из инструментария естественных дисциплин и художественно-искусствоведческой терминологии. До недавних пор в археологических исследованиях четкого определения ему чаще всего не давалось, несмотря на постепенное накопление смысловых расхождений с исходными терминами [Усачева, 2012]. В связи с этим во избежание разночтений отметим, что далее под охрой будем подразумевать пигмент, полученный преимущественно из ожелезненных глин (охристая глина) или

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-06-00162.

иных горных пород и минералов – конкреций лимонита, гематита и др. (оксидная охра).

Охристый пигмент традиционно рассматривается в археологических исследованиях как ценный, семантически богатый источник [Сериков, 2013; Dart, 1968; Hodgskiss, 2014]. Тем не менее объем, характер, форма сбора и представления данных по конкретным находкам не отличаются единообразием, что, на наш взгляд, ограничивает исследовательские возможности, в том числе и на интерпретационном уровне.

Настоящая работа посвящена методическим аспектам физико-химического (а именно элементного) анализа некоторых форм оксидного охристого пигмента¹, а также оценке информативности и интерпретационных возможностей выбранного метода в контексте проблематики археологических исследований. Кроме того, представлены наблюдения, способствующие, на наш взгляд, обоснованию и унификации ряда моментов, связанных с характеристикой минеральных пигментов, а также отбором и подготовкой почвенных образцов для проведения элементного и некоторых других видов физико-химических анализов.

Источники

Как определенная категория находок, охра либо окрашенные ею предметы и поверхности сравнительно часто фиксируются на ранних памятниках археологии практически по всему миру и в том числе на территории нашей страны. Для работы мы постарались отобрать численно представительную выборку, не включая при этом в нее территориально и хронологически чрезмерно разрозненные образцы. Иными словами, мы стремились сохранить внутреннее единство нашего комплекса источников – как минимум на уровне специфики сырьевой базы и природно-климатического фона.

Для реализации поставленной задачи выбраны материалы урочища Барсова Гора (рис. 1, А), расположенного в 8–15 км к западу от г. Сургута (Сургутский район, ХМАО – Югра Тюменской обл.). Наш выбор объясняется несколькими факторами.

Во-первых, по природно-климатическим характеристикам урочище представляет собой целостное и достаточно специфичное образование. При этом уникальность урочища сыграла важную роль в плане привлечения внимания научной общественности и тем самым обусловила высокую степень его изученности [Кузьмина, Тюрин, 2009; Махонина, 2002; Тюрин, Кукуричкин, 2006; Тюрин, Сорокина, 2013; Урочище Барсова гора ... , 2011].

¹ Приоритетное внимание к оксидным охрам обусловлено спецификой сырьевой базы изучаемого региона (Сургутский район, ХМАО – Югра Тюменской обл.), где выходы глины (тем более сильно ожелезненной) достаточно редки, в то время как некоторые железные руды представлены весьма широко.

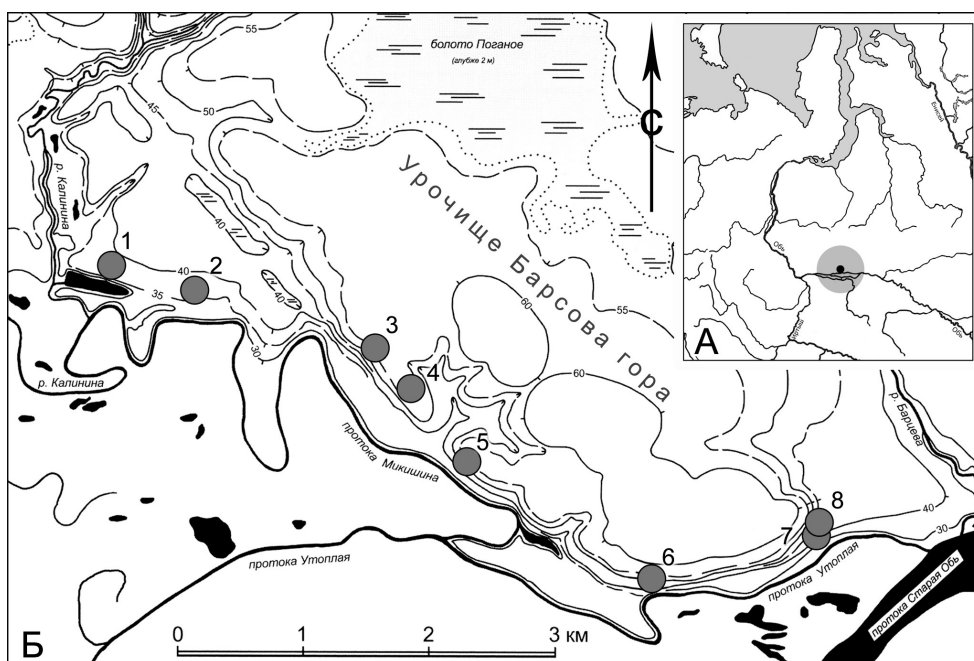


Рис. 1. Урочище Барсова Гора:

А – район расположения урочища; Б – план расположения памятников, с территории которых были получены образцы охры и предполагаемого сырья для изготовления пигментов;

- 1 – сел. Барсова Гора II/42, 2 – пос. Барсова Гора II/9, 3 – пос. Барсова Гора II/22,
4 – сел. Барсова Гора II/19, 5 – пос. Барсова Гора II/10, 6 – мог. Барсовский II,
7 – мог. Барсовский VII, 8 – сел. Барсова Гора I/21

Во-вторых, в пределах региона Барсова Гора считается «археологической Меккой». К настоящему моменту на территории урочища выявлено чрезвычайно крупное скопление археологических памятников (66 городищ, около 300 селищ, 8 могильников, а также отдельные погребения, святилища, клады и местонахождения), наиболее ранние из которых датируются V тыс. до н. э., а поздние – XVIII–XIX вв. и даже началом XX в. [Чемякин, 2008, с. 4–5]. Близость к крупным населенным пунктам и территориям промышленного освоения создает постоянную угрозу уничтожения объектов культурного наследия и тем самым интенсифицирует их исследование [Чемякин, Шатунов, 2002, с. 42–53]. В результате относительно небольшая территория Барсовой Горы в настоящее время является в пределах района археологически наиболее изученной. Естественно, следы использования охры фиксируются не на всех памятниках и объектах урочища, однако по причине значительности вскрываемых здесь ежегодно и уже изученных раскопками площадей количество полученного охристого пигмента оказывается немалым.

Характерная для региона закономерность – преимущественная приуроченность охристого пигмента к ранним памятникам (датирующимся эпохой неолита, энеолита, реже – бронзы) – прослеживается и в пределах урочища. Мы уделили основное внимание неолитическим и энеолитическим комплек-

сам, в несколько меньшей степени, для сопоставительной характеристики, привлекая более поздние данные².

Для анализа отобрано 14 проб охристого пигмента с пяти памятников (рис. 1, Б; табл. 1). Абсолютное их большинство локализовано на юго-западном краю урочища, представляющем собой высокий коренной берег, выходящий к Оби и ее протокам. Памятники вытянуты в линию вдоль края террасы и в масштабах всего урочища могут быть условно обозначены как «западные» (пос. Барсова Гора II/42), «восточные» (мог. Барсовский II) или «центральные» (пос. Барсова Гора II/22, сел. Барсова Гора II/19, пос. Барсова Гора II/10). Несколько севернее и дальше от берега в рассматриваемой выборке располагается только могильник Барсовский VII.

Высота берега постепенно понижается в северо-западном направлении, так что максимальные высотные отметки относятся к участку расположения могильника Барсовский II (высота берега над урезом воды здесь составляет около 26–28 м), минимальные – к участку пос. Барсова Гора II/42 (около 2 м). Культурные слои всех памятников залегают в песчаных подзолистых почвах.

Судя по археологическим источникам, в таежной зоне Западной Сибири с эпохи неолита распространены были как минимум четыре формы использования охристого пигмента. Это подсыпка грунтовых полов жилищ и открытых площадок, заполнение погребальных камер, окрашивание керамической посуды и примесь в формовочной глиняной массе [Дубовцева, 2015]. Мы рассмотрели примеры первого и второго вариантов.

Объект исследования, критерии определения

Приведенное выше определение охристых пигментов носит достаточно обобщенный характер. Мы сознательно расширили его в стремлении учесть и максимально охватить разнообразие конкретных проявлений, известных по археологическим материалам. В ходе данной работы при характеристике образцов именно как охристого пигмента нами учитывались прежде всего два критерия: достаточное содержание в пробе железа и факт антропогенного воздействия.

В силу специфики источника нас интересует не столько содержание оксидов железа в образцах, сколько содержание элемента железа без учета конкретных химических соединений, в которые оно входит. Во-первых, исследованные образцы включают очень широкий спектр соединений железа, без явного доминирования конкретных форм. Во-вторых, древние охристые пигменты испытывали разнообразное и одновременное физико-химическое воздействие – на стадии изготовления, использования, археологизации и даже последующего извлечения и хранения образцов. Все это могло приводить к многократному изменению конкретных химических соединений в составе пигмента. Описанные процессы наглядно демонстрируются, в частности, «выгоранием» археологической охры: иногда извлеченный в ходе

² Могильник Барсовский VII датирован эпохой раннего железного века, IV в. до н. э. – III в. н. э.

раскопок пигмент начинает менять цвет, что отражает, по сути, течение в нем химических реакций даже в период камерального хранения. В результате к моменту проведения анализов химические соединения в составе некоторых охр оказываются уже преобразованными. Однако их общий элементный состав остается неизменным, т. е. выступает более стабильным и надежным показателем.

Второй упоминавшийся критерий определения охристого пигмента – это факт антропогенного воздействия на образец.

В зависимости от специфики ресурсной базы природные минеральные пигменты и конкретно охра могут добываться либо практически в готовом к использованию виде с минимальными затратами по времени и силам, либо требовать продолжительной подготовительной обработки. Во многих случаях с позиции естественных дисциплин разница между природным образованием и «охрой древнего человека» окажется несущественна, однако с позиций археологии это различие будет более значимым. Информативность природного, в полном смысле этого слова, пигмента в контексте археологического памятника потенциально ниже. Такие моменты, как технология изготовления красителя, конкретные механические и термические методы воздействия, орудийные предпочтения, скорее всего, не найдут отражения в конечном продукте. Возможно также обнаружение в составе или непосредственном соседстве с археологическим памятником естественных ожелезненных слоев или почвенных образований, которые близки к охристому пигменту по многим показателям, но не использовались в качестве такового древним человеком, а потому их трактовка как «древней краски» может стать ошибочным допущением.

Очевидно, что природные ожелезнения (например, раздувы ярко окрашенных почвенных слоев и т. д.) могли привлекать внимание человека в древности точно так же, как привлекают сегодня нас. Неизменный (не подвергшийся даже минимальной подготовительной обработке), но использованный в древности пигмент можно отличить и выявить по археологическому и иногда почвенному контексту, его привнесенности в естественную стратиграфию участка. В случае неоднозначности археологической ситуации надежных оснований для определения подобных ожелезнений как «древней охры» оказывается гораздо меньше. В рамках проведенной работы именно эту категорию образцов мы именовали «природной охрой», что несколько отличается от естественно-научного определения, однако, на наш взгляд, оправдано с точки зрения задач и целей исследований гуманитарных.

Стоит также упомянуть критерий, традиционно используемый в археологической полевой практике для выявления и описания охристого пигмента, – это цвет окрашенных предметов и слоев. В ходе выполнения данной работы на «камеральном» этапе он нами не учитывался. Главная причина отказа от определения пигмента через указание его цвета отмечалась выше: это зависимость между цветностью пробы и содержанием в ней определенных химических соединений железа, порой достаточно быстро изменяющихся по причине от целого ряда факторов. Эффект «выгорания», очевидно,

затрагивает в различной степени и далеко не все образцы, что косвенно может свидетельствовать о разнообразии химического состава древних красок, равно как и о различии условий их бытования, археологизации, а также камерального хранения проб. Однако многие наши образцы пролежали в фондах исследовательских центров не один год, испытав неоднократные, различные и не всегда фиксируемые колебания условий внешней среды, что, на наш взгляд, исключило возможность их надежного сопоставления по такому показателю, как цвет³.

Мы провели цветовое описание образцов, рассматривая его как одну из уточняющих, дополнительных характеристик. Для определения и именованья оттенков была выбрана система Манселла, широко используемая в археологических, геологических, почвоведческих и иных изысканиях по всему миру [Brown, Ruck, 2015; Chenoweth, Farahani, 2015]. Цветовая характеристика имеющихся образцов археологической охры (на момент проведения исследования) приведена ниже (табл. 3). Для рассматриваемой выборки можно указать границы зафиксированного спектра. В обозначениях системы Манселла это, в основном, оттенки коричневого и желтого цветов. Как отмечено выше, в дальнейшем эти данные нами не учитывались, однако обратим внимание на изменение цвета некоторых предварительно отмученных образцов – их осветление и приобретение розовых и красных оттенков за счет даже самого грубого удаления песчаной примеси. Это позволяет примерно оценить погрешность «полевого» цветового описания, предопределенную в нашем случае характером самих источников (композитные смеси).

Метод исследования

Элементный анализ проводился методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии⁴. Этот метод основан на сборе и последующем изучении спектра, полученного путем воздействия на исследуемый материал рентгеновским излучением, и позволяет одновременно определять более 80 элементов, от бора до урана⁵, в объектах материального мира как в твердом, так и в жидком состоянии [Marguí, Zawisza, Sitko, 2014; Sitko, 2009; Total reflection x-ray fluorescence spectroscopy ... , 2015].

Достоинством метода является возможность получения данных о составе сложного материала без его разрушения [Черноруков, Нипрук, 2012]. В то же время определение конкретных химических соединений, в которые входят элементы, остается за пределами данного вида анализа. Определение легких элементов (и, стало быть, органическая составляющая образцов) требует использования специальных приставок к прибору, при этом оно связа-

³ За цветовой характеристикой пигментов стоит признать определенную информативность при условии, что первичная фиксация и описание цветности производятся еще в поле, а затем дополняются в камеральных условиях.

⁴ Исследование выполнено Н. А. Кулешом с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» ИЕНиМУрФУ на приборе Nanohunter (г. Екатеринбург).

⁵ Используемый в рамках данной работы прибор позволяет определять элементы от кремния до урана.

но с существенными погрешностями. Недостающие сведения могут быть восполнены путем привлечения других физико-химических методов анализа и специальных анализаторов, однако анализ по относительно тяжелым элементам уже сам по себе предоставляет исследователю-гуманитарию немало данных, в том случае, если вопросы исследователя сформулированы в соответствии с конкретной методикой.

Выше уже отмечалась стабильность элементного состава минеральных пигментов. Если определение химических соединений потенциально способно предоставить исследователю более полные сведения о рецептуре древних красок, то элементный состав дает хоть и несколько обедненную, но более надежную информацию. Работа с химическими соединениями подразумевает учет динамики внешнего воздействия на пигмент, как в древности, так и в наши дни, что в большинстве случаев оказывается весьма проблематичным. Элементный состав охристого пигмента, напротив, обладает «свойством памяти» в отношении нескольких моментов.

Во-первых, это отражение сырьевой базы. В отличие от структуры вещества и составляющих его химических соединений, элементный состав практически не изменяется, в том числе и при термической обработке, что позволяет соотносить охристый пигмент с предполагаемым сырьем. Иногда источник сырья можно определить весьма точно, иногда – лишь примерно. Это зависит, прежде всего, от полноты информации по фоновым почвам и рудным базам рассматриваемого региона, а также от наличия анализов по соседним археологическим памятникам. Во-вторых, на элементном составе красителя неизбежно отражаются все вводимые в него (осознанно или случайно) неорганические добавки.

Данный метод активно используется в геоархеологических исследованиях довольно давно, начиная с конца 1960-х гг. [Hermes, Ritchie, 1997; Jack, Heizer, 1968; Shackley, 2011; Weisler, 2013], однако специфика выбранной нами источниковой базы (сыпучий композитный пигмент) актуализировала ряд дополнительных методических вопросов.

Как в природном сырье, так и в самом охристом красителе наблюдаются значительные колебания содержания элементов даже в пределах небольшого объема⁶. Для создания репрезентативной выборки необходимо учитывать как этот момент, так и специфику исследуемого археологического объекта⁷.

Кроме того, в большинстве отобранных в ходе полевых исследований образцов охристого красителя с неизбежностью присутствует примесь под-

⁶ Для проведения элементного анализа методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии достаточен образец объемом от 0,5 мг.

⁷ Естественные природные колебания элементного состава почв и руд и специфика различных археологических объектов затрудняют или делают невозможным надежное выявление маркеров по единичному образцу. В тех случаях, когда речь идет о небольших и четко локализованных окрашенных пятнах, вполне уместно собрать весь окрашенный грунт. Если мы имеем дело с крупными объектами, допустимо произвести пробозабор в максимальном числе потенциально различающихся точек. В последнем случае каждая проба требует исчерпывающего сопроводительного описания.

стилающего/вмещающего материала. В нашем случае это вмещающие песчаные/супесчаные почвы.

Работа с такими источниками требует, во-первых, представительной выборки для возможности получения усредненных показателей и учета локальных вариаций, во-вторых – соответствующей задачам исследования пробоподготовки.

Пробоподготовка

Возможность анализа как твердофазных, так и жидких образцов позволила нам использовать различные методы пробоподготовки, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Нами были опробованы следующие варианты: растворение образцов с анализом в жидком состоянии, отмучивание образцов, анализ образцов в исходном состоянии.

В первом случае образцы растворялись в разбавленной азотной кислоте при кипячении. Такой способ, с одной стороны, позволил усреднить образцы по составу, а для образцов с примесью песка еще и минимизировать вклад примеси, так как песок не растворяется в азотной кислоте. С другой стороны, растворение каждой новой пробы требовало времени (до нескольких суток). Кроме того, при растворении происходило разбавление образцов, что в итоге снижало чувствительность метода.

Во втором случае производилось отмучивание охристого пигмента в дистиллированной воде. Этот способ пробоподготовки удалил из образца основную массу песка, частицы которого имели значительно больший размер, чем охристые, однако не позволил полностью избавиться от примесей мелкой песчаной фракции.

В третьем случае анализировались исходные образцы. Эти данные рассматривались также в пересчете: при этом из соотношения элементов удалялся кремний, большая часть которого относится к песку.

Результаты анализов и их интерпретация

Для сопоставительного анализа среди материалов из урочища Барсова Гора, как уже отмечено, отобрано 14 образцов археологической охры с пяти памятников (см. табл. 1); кроме того, было собрано 10 полных почвенных колонок и 2 образца предполагаемого сырья для изготовления пигмента (конкреций лимонита) (табл. 2). Вскрытые раскопками на перечисленных памятниках археологические объекты имеют различную хронологическую, культурную и функциональную атрибуцию, однако основной объем рассмотренных данных относится к жилищным комплексам эпохи неолита.

На указанном выше оборудовании было установлено содержание выявленных элементов в форме списка с указанием удельной доли каждого из них (масс. %). Для всех проб анализ проводился в пяти разных точках образца с последующим выведением усредненного значения.

Таблица 1

Археологические памятники, с которых были получены и проанализированы образцы пигментов (урочище Барсова Гора)

№ образца	Памятник	Датировка и культурная атрибуция	Место и условия забора образца
1	Селище Барсова Гора II/19	Середина VI тыс. до н. э., быстринская археологическая культура	Жилище 2, прослойка пола жилища
2			Жилище 3, прослойка пола жилища
3	Поселение Барсова Гора II/22	Третья четверть VI тыс. до н. э. IV тыс. до н. э. *, барсовогорский культурный тип (?) Вторая половина VI тыс. до н. э. – начало V тыс. до н. э., быстринская археологическая культура / барсовогорский культурный тип	Жилище 2, прослойка пола жилища
4			Жилище 1, прослойка пола жилища
5	Селище Барсова Гора II/42	По предварительной датировке поздний неолит (?) По предварительной датировке поздний неолит – энеолит (?)	Жилище 6а, заполнение столбовой ямки (естественное ожелезнение)
6–9			Объект 12 (яма «палитра»)
10			Жилище 15а, прослойка пола жилища (верхняя)
11			Жилище 15б, прослойка пола жилища (нижняя)
12, 13	Могильник Барсовский II	Поздний неолит – энеолит (?), III тыс. до н. э. *	Пигмент с фрагментов керамических сосудов из заполнения погребения № 1
14	Могильник Барсовский VII	IV в. до н. э. – III в. н. э., кулайская археологическая культура	Пигмент из заполнения погребения № 9

* некалиброванная шкала

Таблица 2

Образцы конкреций лимонита, вмещающих и фоновых почв, полученные с археологических памятников и прилегающих территорий (урочище Барсова Гора)

№ образца	Административно-географическая привязка	Место и условия забора образца
15	Сургутский р-н Тюменской обл., ХМАО – Югра	Сборы с поверхности (лимонит). Ближайший археологический памятник – селище Барсова Гора I/21
16	Сургутский р-н Тюменской обл., ХМАО – Югра	Сборы с поверхности (лимонит). Ближайший археологический памятник – поселение Барсова Гора II/9

Таблица 3

Цветовая характеристика образцов археологической охры в системе Манселла

№ образца	Памятник, объект	Описание по цветовой системе Манселла**
1	Сел. Барсова Гора II/19, жил. 2	7,5 YR 5/3 – 5/4 (Brown)
2	Сел. Барсова Гора II/19, жил. 3	7,5 YR 6/4 (Light brown)
3	Пос. Барсова Гора II/22, жил. 2	7,5 YR 6/4 – 6/6 (Light brown – reddish yellow)
4	Сел. Барсова Гора II/42, жил. 1	5 YR 4/6 (Yellowish red)
5	Сел. Барсова Гора II/42, жил. 6а	10 YR 5/6 – 5/8 (Yellowish brown)
6	Сел. Барсова Гора II/42, об. 12	7,5 YR 5/4 (Brown)
7	Сел. Барсова Гора II/42, об. 12	7,5 YR 5/6 (Strong brown)
8	Сел. Барсова Гора II/42, об. 12	10 YR 6/3 – 6/4 (Pale brown – light yellowish brown)
9	Сел. Барсова Гора II/42, об. 12	10 YR 5/6 (Yellowish brown)
10	Сел. Барсова Гора II/42, жил. 15а	7,5 YR 6/4 – 6/6 (Light brown – reddish yellow)
11	Сел. Барсова Гора II/42, жил. 15б	7,5 YR 5/6 – 4/6 (Strong brown)
14	Мог. Барсовский VII, погр. 9	2,5 YR 4/6 (Red)
1*	Сел. Барсова Гора II/19, жил. 2	10 YR 7/3 – 7/4 (Very pale brown)
2*	Сел. Барсова Гора II/19, жил. 3	10 YR 7/3 – 7/4 (Very pale brown)
10*	Сел. Барсова Гора II/42, жил. 15а	7,5 YR 7/4 – 6/4 (Pink – light brown)
11*	Сел. Барсова Гора II/42, жил. 15б	5 YR 6/4 – 5/4 (Light reddish brown – reddish brown)

* Результаты для предварительно отмученных образцов.

** Munsell Book of soil color 2009 revision.

На начальной стадии исследования был произведен анализ исходных твердофазных образцов. Форма подготовки образца и чувствительность прибора позволили определить состав охристых пигментов вплоть до микропримесей. В то же время разделение данных по пигменту и вмещающему песчаному грунту оказалось затруднено: приведенные ниже табличные данные объединяют элементный состав археологической охры и вмещающего кварцевого песка (табл. 4). Большая часть кремния соотносится с песчаной «подложкой» и может быть изъята из соотношения элементов, которое, в таком случае, пересчитывается для уточнения удельной доли оставшихся элементов (табл. 5). Однако микропримеси, также входящие в состав песка, очевидно, достаточно вариативны, как и их количество, так что обоснованный пересчет с целью удаления информации по ним в данном случае невозможен.

Поскольку химический состав песка в каждой точке забора образцов несколько различен, как и доля песка в каждой пробе, сопоставление полученных данных оказывается трудной задачей. Приведенные результаты анализов дают нам информацию по двум аспектам. Полный элементный состав образцов позволяет судить о степени их запесоченности/ожелезнения (впрочем, этот момент отражает не только затраты охры на единицу площади древним человеком, но и ее сохранность к началу археологизации комплекса, и состав отобранной исследователем почвенной пробы). Пересчитанные

данные (соотношение химических элементов за вычетом кремния) позволяют представить примерный состав пигмента (но без учета погрешности, связанной с неопределенностью микропримесей в самом песке⁸).

Отмеченные ограничения и погрешности не мешают, а способствуют выявлению образцов с различных территорий, их пространственному «разведению» (в данном случае различия по химическому составу грунтовой «подложки» будут так же показательны, как и различия по химическому составу красок), но при изучении химического состава конкретных пигментов становятся серьезным препятствием.

Отмучивание образцов снизило степень их запесоченности, однако не вывело из образцов весь песок, т. е. уменьшило, но отнюдь не устранило погрешности (табл. 7)⁹. В результате мы пришли к заключению о предпочтительности растворения образцов в том случае, если нам необходимо произвести их сопоставительное изучение. Эта форма пробоподготовки в некотором роде гарантирует сохранение сведений о тех элементах, которые относятся именно к охристу пигменту, хотя сам процесс растворения смеси приводит к ее разведению и снижению концентрации, что в условиях постоянной чувствительности прибора может снижать и количество фиксируемых микропримесей. В ситуациях приоритетного внимания к микропримесям, если чувствительности метода при анализе растворов не хватает, вероятно, допустимо дополнение этих данных результатами анализа твердофазных (как отмученных, так и нет) образцов, при условии их постоянного сопоставления с элементным составом вмещающих и фоновых почв (для отслеживания наиболее явного влияния со стороны «подложки»). В данном случае определенные погрешности вероятны и почти неизбежны, однако, в зависимости от целей исследования, могут оказаться несущественны.

Для более достоверного определения массовой доли железа в некоторых изученных охристых пигментах четыре образца были дополнительно исследованы с привлечением сканирующей электронной микроскопии. Она позволяет проводить элементный анализ конкретной охристой частицы, выбор которой доступен в наномасштабе¹⁰.

⁸ Изучение вмещающих и фоновых почв, полученных на разных участках урочища, позволяет судить о природных колебаниях химического состава песка в пределах этой территории (табл. 6). Сопоставление образцов охры из могильника Барсовский II со всеми остальными пробами дает представление о роли «подложки» в формировании окончательных данных, поскольку это единственные образцы, снятые с поверхности керамического сосуда, а не собранные вместе с вмещающим грунтом (табл. 4, образцы 12, 13).

⁹ Изменение состава образцов до и после отмучивания дает некоторые дополнительные основания для предположений, какие из элементов в большей степени относятся к пигменту, какие – к «песчаной» подложке.

¹⁰ Исследование выполнено Д. С. Чезгановым с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» ИЕНиМУрФУ на приборе AURIGACrossBeam (г. Екатеринбург).

Таблица 4

Элементный состав конкреций лимонита и пигмента, полученного при раскопках археологических памятников на территории урочища Барсова Гора) (масс. %)

Образец Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10*	11*	12	13	14	15	16
Si	68,44	66,85	69,01	9,74	12,11	51,40	32,54	64,10	53,03	24,15	39,16	24,05	15,22	39,17	9,14	2,28
Fe	21,14	23,95	22,27	80,17	21,09	36,72	56,10	22,10	31,81	63,63	48,98	63,09	73,54	54,33	68,76	89,47
Mn	0,54	0,32	0,22	0,77	0,24	0,96	1,18	0,40	0,96	0,27	0,36	0,61	0,45	0,62	1,00	0,33
Cr	0,16	0,04	0,04	0,43	0,98	0,04	0,09	0,03	0,05	0,09	0,06	0,08	0,21	0,24	1,16	0,21
Ti	1,80	1,62	1,67	0,76	0,74	1,36	2,80	3,09	2,48	2,07	2,56	2,52	2,63	1,13	3,57	0,62
Ca	2,19	1,58	1,37	0,62	2,42	2,57	1,62	2,98	3,18	2,38	2,66	3,08	3,65	1,04	14,37	—
K	5,01	4,48	4,50	0,80	57,31	5,51	3,92	6,63	7,32	4,25	4,91	4,41	2,87	2,54	1,08	3,38
V	—	—	—	0,08	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	0,03	0,05	0,03	1,45	1,51	0,00	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,21	—	0,52	0,15
Sr	0,39	0,58	0,51	0,25	0,36	0,33	0,23	0,17	0,27	0,38	0,19	0,08	0,11	0,15	0,05	—
Br	—	—	—	0,38	0,52	—	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	—	0,03	0,00	0,10	0,03
Cu	0,01	0,02	—	—	0,40	—	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,07	0,01	0,10	0,06
P	—	—	—	—	—	0,88	0,99	0,26	0,59	2,28	0,92	—	—	0,86	—	—
Rb	0,18	0,31	0,24	0,18	0,28	0,06	0,13	0,06	0,11	0,16	0,08	0,02	0,04	0,13	—	0,02
Zr	—	—	—	4,37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	0,04	0,09	0,06	—	0,47	0,06	0,07	0,03	0,04	0,10	0,10	—	—	0,67	—	0,04
As	—	—	—	—	0,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	—	—	—	—	—	—	0,03	0,01	0,00	—	—	—	—	—	—	—
Cl	—	—	—	—	0,99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ga	—	—	—	—	—	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	—	—	—	—	—
Zn	0,07	0,10	0,07	—	0,22	0,09	0,16	0,06	0,07	0,09	0,05	0,30	0,14	0,05	0,13	0,20

* Результаты для предварительно отгмученных образцов.

Таблица 5

Элементный состав конкреций лимонита и пигмента, полученного при раскопках археологических памятников на территории урочища Барсова Гора (масс. %).
Соотношение массовой доли элементов без учета Si

Образец Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10*	11*	12	13	14	15	16
Fe	66,98	72,24	71,84	88,82	24,00	75,56	83,16	61,57	67,73	83,88	80,50	83,06	86,74	89,30	75,68	91,56
Mn	1,71	0,97	0,69	0,85	0,27	1,97	1,75	1,10	2,04	0,36	0,59	0,81	0,53	1,02	1,10	0,34
Cr	0,49	0,12	0,13	0,48	1,12	0,09	0,14	0,09	0,11	0,12	0,10	0,11	0,24	0,39	1,28	0,22
Ti	5,72	4,89	5,39	0,84	0,84	2,80	4,16	8,62	5,27	2,73	4,20	3,32	3,11	1,86	3,93	0,64
Ca	6,93	4,77	4,43	0,69	2,75	5,28	2,41	8,30	6,78	3,14	4,37	4,06	4,31	1,72	15,82	
K	15,87	13,52	14,53	0,89	65,21	11,33	5,82	18,46	15,57	5,60	8,07	5,81	3,38	4,17	1,19	3,46
V	–	–	–	0,09	0,24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ni	0,10	0,16	0,10	1,61	1,72	–	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,24	–	0,57	0,15
Sr	1,25	1,74	1,65	0,28	0,41	0,68	0,33	0,46	0,58	0,51	0,32	0,11	0,13	0,25	0,06	–
Br	–	–	–	0,42	0,59	–	0,06	0,01	0,02	0,00	0,01	–	0,04	–	0,11	0,03
Cu	0,03	0,06	–	–	0,46	–	0,06	0,09	0,04	0,04	0,02	0,03	0,08	0,02	0,11	0,06
P	–	–	–	–	–	1,82	1,46	0,73	1,26	3,01	1,51	–	–	1,41	–	–
Rb	0,56	0,93	0,76	0,20	0,32	0,13	0,20	0,17	0,22	0,20	0,13	0,03	0,05	0,21	–	0,02
Zr	–	–	–	4,84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pb	0,13	0,28	0,20	–	0,53	0,13	0,11	0,09	0,09	0,14	0,17	–	–	1,11	–	0,04
As	–	–	–	–	0,16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Y	–	–	–	–	–	–	0,05	0,03	0,01	–	–	–	–	–	–	–
Cl	–	–	–	–	1,13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ga	–	–	–	–	–	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	–	–	–	–	–
Zn	0,23	0,31	0,23	–	0,25	0,19	0,24	0,17	0,16	0,12	0,08	0,40	0,17	0,09	0,15	0,21

* Результаты для предварительно отгмученных образцов.

Таблица 6

Элементный состав некоторых образцов вмещающих и фоновых почв, полученных с археологических памятников и прилегающих территорий (масс. %) (урочище Барсова Гора)

Образец Элемент	Сел. Барсова Гора II/42, об. 12. Отмытый песок из различных ячеек заполнения объекта				Пос. Барсова Гора II/19. Пробы песка из материкового горизонта		Пос. Барсова Гора II/19. Пробы песка из иллювиального горизонта	
	а	б	в	г	д	е	ж	з
Si	78,04	79,95	73,04	75,10	64,77	90,56	59,20	81,05
Fe	7,94	7,07	10,82	9,00	23,98	4,94	29,31	12,12
Mn	0,20	0,16	0,43	0,22	0,47	0,09	1,03	0,82
Cr	0,50	0,40	0,78	0,88	0,08	0,01	0,06	0,12
Ti	3,69	2,36	3,33	2,90	2,26	0,87	3,63	1,73
Ca	2,50	2,47	3,12	3,17	1,06	0,29	2,05	0,73
K	5,77	6,21	6,58	6,78	5,04	2,15	3,22	2,58
V	–	–	–	–	–	0,08	–	0,05
Ni	0,12	0,18	0,49	0,32	–	0,14	–	0,04
Sr	0,90	0,76	0,84	1,06	1,58	0,41	0,82	0,23
Br	0,04	0,08	0,25	0,14	–	–	–	–
Cu	–	–	–	0,10	–	–	–	–
P	–	–	–	–	–	0,17	–	0,13
Rb	0,25	0,32	0,29	0,32	–	1,14	0,35	0,11
Zr	–	–	–	–	0,52	0,11	–	–
Pb	–	–	–	–	–	–	–	–
As	0,01	0,03	0,04	–	–	–	–	–
Y	–	–	–	–	–	–	–	–
Cl	–	–	–	–	–	–	–	0,04
Ga	–	–	–	–	–	0,12	–	–
Zn	0,05	–	–	–	–	–	0,32	0,14
S	–	–	–	–	0,24	0,03	–	0,10

Таблица 7

Элементный состав образцов, прошедших различную пробоподготовку (масс. %).
Селище Барсова Гора II/42. Образцы охры из объекта 12 (6, 7, согласно табл. 1)

Элемент	Образец 6			Образец 7		
	Исходный образец (в пересчете)	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)	Исходный образец (в пересчете)	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)
Si	68,68	51,40	–	57,18	32,54	–
Fe	22,74	36,72	78,9	34,66	56,10	86,55
Mn	0,57	0,96	1,83	0,31	1,18	1,4
Cr	0,89	0,04	–	0,06	0,09	–
Ti	1,50	1,36	4,1	2,14	2,80	2,03
Ca	1,59	2,57	3,47	1,43	1,62	2,72
K	3,50	5,51	6,16	3,74	3,92	2,22
V	–	–	–	0,08	–	–
Ni	0,07	–	0,08	0,02	0,03	0,06
Sr	0,20	0,33	0,05	0,13	0,23	0,05
Br	–	–	0,02	–	0,04	0,02
Cu	0,02	–	–	0,01	0,04	–
P	–	0,88	5,03	–	0,99	4,65
Rb	0,11	0,06	0,1	0,09	0,13	0,05
Zr	–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 7

Элемент	Образец 6			Образец 7		
	Исходный образец (в пересчете)	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)	Исходный образец (в пересчете)	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)
Pb	0,05	0,06	–	0,04	0,07	–
As	–	–	–	–	–	–
Y	–	–	–	0,01	0,03	–
Cl	–	–	–	–	–	–
Ga	0,02	0,01	–	0,01	0,02	0,05
Zn	0,06	0,09	0,26	0,09	0,16	0,23
S	–	–	–	–	–	–

В данном случае элементный анализ проводился энергодисперсионным методом, при реализации которого исследователем производится предварительный выбор элементов для замеров их относительного содержания. Поскольку данный метод позволяет выявить более широкий диапазон элементов, включающий, в том числе, кислород и углерод, для анализа образцов пигментов были выбраны следующие элементы: С, О, Si, Fe, Ca, К, Р, Al (табл. 8).

Таблица 8

Элементный состав некоторых образцов археологической охры по результатам электронной микроскопии (масс. %) (урочище Барсова Гора)

Элемент	Сел. Барсова Гора II/42, жил. 1. Образец 4				Мог. Барсовский II, погр. 1. Пигмент с фрагмента керамического сосуда		
	Замер 1	Замер 2	Замер 3	Замер 4	Замер 1	Замер 2	Замер 3
С	7,85	5,30	8,39	5,79	–	–	–
О	38,94	38,18	39,59	42,34	28,87	41,37	34,44
Si	4,60	5,94	16,80	6,24	13,23	22,06	8,99
Fe	46,88	49,53	34,62	43,46	42,19	33,40	47,08
Ca	0,18	0,20	–	0,25	1,47	1,80	1,11
К	–	–	–	0,56	0,72	1,37	–
Р	0,31	0,31	–	0,55	3,59	–	2,50
Al	1,25	0,55	0,60	0,81	9,92	–	5,88

Согласно полученным результатам, относительное количество железа, кремния и алюминия в измеренных образцах соответствует показателям, характеризующим охру, полученную из железной руды. В связи с этим в качестве одного из вероятных вариантов рудного сырья можно предположить местный лимонит, широко встречающийся на территории урочища и демонстрирующий сходные с образцами «археологической охры» количественные показатели элементного состава, в частности по содержанию железа (табл. 4, образцы 15, 16). Для почвенных ожелезненных новообразований, которые теоретически также могут выступать в качестве сырья для изготовления минеральных железосодержащих пигментов, эти показатели слишком высоки. Для сравнения можно обратиться к данным по элементному составу образца 5, представлявшего собой ожелезненный песок (ортзанд) заполнения столбовой ямки от одной из археологизированных построек (табл. 4, образец 5).

Сопоставительный анализ

Для более детального сопоставления данных по охристому пигменту в масштабах Барсовой Горы (образцы 1–4, 10, 11, т. е. пробы с функционально и хронологически близких объектов – жилищных комплексов, датируемых эпохой неолита и энеолита) было произведено сначала отмучивание, а затем растворение образцов (табл. 9). Однако анализ не выявил очевидных общих пространственных закономерностей в распределении образцов с конкретным элементным составом.

Таблица 9

Элементный состав некоторых образцов археологической охры
после растворения образцов в азотной кислоте (масс. %)
(урочище Барсова Гора)

Образец Элемент	1	2	3	4	10	11	14
Si	36,79	36,46	14,45	3,69	20,46	11,82	5,30
Fe	41,57	41,92	65,70	78,59	44,99	63,89	71,57
Mn	1,56	0,73	0,63	0,40	0,35	0,50	1,50
Cr	0,07	0,10	0,13	–	0,09	0,10	0,07
Ti	1,91	2,06	1,87	0,35	1,14	0,92	0,25
Ca	2,68	3,31	1,87	1,57	3,28	4,06	3,40
K	4,37	3,82	2,53	–	2,43	1,92	1,11
Ni	–	–	–	–	–	–	–
Sr	–	–	–	–	–	–	–
Br	0,42	0,33	0,48	0,18	0,25	0,44	0,20
P	2,33	1,88	2,62	1,49	20,02	2,62	1,57
Rb	–	–	–	–	–	–	–
Cl	8,31	9,39	9,72	13,71	6,98	13,74	15,03
Zn	–	–	–	–	–	–	–

Сопоставление с элементным составом пробы из функционально и хронологически отличного объекта (погребальной камеры, датированной эпохой раннего железного века) существенных отличий также не продемонстрировало (табл. 9, образец 14). Примечательно, что не подтвердилось ожидаемое отличие образца 14 и по таким элементам, как калий, кальций и фосфор, увеличение удельной доли которых логично было бы предполагать в случае контакта охристого пигмента с продуктами разложения либо сожжения органических остатков.

Наконец, были проанализированы данные по элементному составу охристых подсыпок на полах перекрывавших друг друга жилищ. Подобные ситуации фиксировались на ранних поселенческих комплексах урочища неоднократно. Для анализа были выбраны объекты 2 и 3 селища Барсова Гора П/19 [Дубовцева, Юдина, 2011], а также объекты 15а и 15б селища Барсова Гора П/42. Сравнительный анализ производился последовательно, сначала для отмученных, а затем для растворенных образцов (табл. 10).

Таблица 10

Элементный состав образцов археологической охры, полученных при раскопках перекрывающихся друг друга жилищных комплексов (масс. %) (урочище Барсова Гора)

Элемент	Селище Барсова Гора II/19						Селище Барсова Гора II/42					
	Жилище 2 (верхнее), образец 1			Жилище 3 (нижнее), образец 2			Объект 15а (верхний), образец 10			Объект 15б (нижний), образец 11		
	Исходный образец	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)	Исходный образец	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)	Отмученный образец	Растворенный образец (HNO ₃)
Si	68,44	54,22	36,79	66,85	51,95	36,46	24,15	20,46	39,16	11,82		
Fe	21,14	30,25	41,57	23,95	33,50	41,92	63,63	44,99	48,98	63,89		
Mn	0,54	0,70	1,56	0,32	0,67	0,73	0,27	0,35	0,36	0,50		
Cr	0,16	0,20	0,07	0,04	0,10	0,10	0,09	0,09	0,06	0,10		
Ti	1,80	3,19	1,91	1,62	3,18	2,06	2,07	1,14	2,56	0,92		
Ca	2,19	3,60	2,68	1,58	2,97	3,31	2,38	3,28	2,66	4,06		
K	5,01	6,89	4,37	4,48	7,07	3,82	4,25	2,43	4,91	1,92		
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ni	0,03	0,03	-	0,05	0,05	-	0,02	-	0,01	-		
Sr	0,39	0,30	-	0,58	0,30	-	0,38	-	0,19	-		
Br	-	0,003	0,42	-	0,003	0,33	0,003	0,25	0,01	0,44		
Cu	0,01	0,01	-	0,02	0,02	-	0,03	-	0,01	-		
P	-	0,41	2,33	-	0,00	1,88	2,28	2,65	0,92	2,62		
Rb	0,18	0,12	-	0,31	0,13	-	0,16	-	0,08	-		
Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Pb	0,04	0,05	-	0,09	0,05	-	0,10	-	0,10	-		
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Cl	-	-	8,31	-	-	9,39	-	6,98	-	16,48		
Ga	-	0,01	-	-	0,01	-	0,02	-	0,01	-		
Zn	0,07	0,09	-	0,10	0,10	-	0,09	-	0,05	-		
S	68,44	54,22	36,79	66,85	51,95	36,46	24,15	20,46	39,16	11,82		

Первое, что обращает на себя внимание, – это высокая степень близости значений содержания элементов внутри каждой пары по сравнению с данными по другим образцам, что позволяет предполагать также сходство или идентичность использованного сырья и, возможно, технологии его обработки.

Расширение круга материалов для сопоставления показывает, что при взаимном сходстве образцы 1 и 2 достаточно близки по составу к образцу 11, полученному из расположенного поблизости неолитического жилища поселения Барсова Гора II/22. Соответственно, исходя из имеющихся данных, остается предполагать, что либо обитатели всех трех построек имели сходные традиции (территориально близкие источники железной руды), либо на данном участке, общем как минимум для этих двух памятников, источники сырья отличались завидным элементным единообразием. Чтобы развить эту гипотезу, можно было бы продолжить сопоставление, но в непосредственной близости от упомянутых объектов иных образцов охры собрано и проанализировано не было.

Для второй пары образцов столь же близких по элементному составу параллелей подобрать не удалось. Образец 4, полученный из расположенного на расстоянии 30 м жилища 1, имеет ряд отличий, несущественных в рамках выборки пигментов со всего урочища, но заметных на фоне сходства образцов из жилищ 15а и 15б. Все это позволяет предположить близость некоторых традиций обитателей объектов 15а и 15б и их отличие (как минимум в сфере производства минеральных красителей) от аналогичных предпочтений обитателей жилища 1. Это довольно скромное наблюдение, но оно по-своему значимо, поскольку относительная датировка, культурная атрибуция и какая-либо иная характеристика объектов 15а и 15б по многим другим критериям из-за плохой сохранности материала затруднены [Дубовцева, 2012, с. 69–72].

Локальные аномалии

Несмотря на сложность обнаружения в выбранных материалах хронологических, пространственных либо иных общих закономерностей в распределении показателей элементного состава, произведенные анализы все-таки позволили выявить некоторые локальные («точечные») качественные и количественные аномалии, т. е. уникальные либо редкие для естественной стратиграфии урочища элементы, имеющие, как следствие, весьма точную пространственную привязку. Наиболее информативной локальной аномалией для наших образцов оказалось обнаружение галлия (Ga) в пробах, происходящих с одного из объектов уже упоминавшегося выше селища Барсова Гора II/42.

На территории селища раскопками исследовано 19 объектов различной хронологической, культурной и функциональной атрибуции [Дубовцева, 2012]. Объект 12 представлял собой крупную одиночную яму прямоугольной формы размерами 1,85×1,5×0,4 м. Согласно стратиграфии он был предварительно датирован эпохой неолита. Заполнение объекта 12 имело слож-

ную ячеистую структуру (рис. 2). Ячейки в плане и профиле имели овальную и округлую форму, были заполнены разноцветным охристым песком и отделялись друг от друга тонкими (1–5 см) оподзоленными углистыми прослойками. Размеры линз-ячеек составляли от 0,4 до 0,1 м.

В попытке функционально атрибутировать объект был проведен ряд анализов [«Этюд в багровых тонах» ... , 2013]. Полученные данные позволили говорить о том, что образцы состоят из светлого песка, облепленного мелкодисперсными частицами охры¹, и цветность образцов не коррелирует с массовым соотношением охры и песка в них. Далее методом рентгенофлуоресценции был проведен элементный анализ красителя. Установлено, что качественный элементный состав охр практически одинаков, а количественный состав вновь лежит в пределах естественных флуктуаций и, соответственно, окраска образцов не зависит от количества содержащегося в них железа. Исходя из полученных данных, авторы выдвинули предположение, что сырье для изготовления охры во всех случаях могло использоваться одно и то же, а цветность пигмента связана с различными условиями термообработки (температура и время обжига, наличие восстановительных веществ в контакте с обжигаемым материалом).

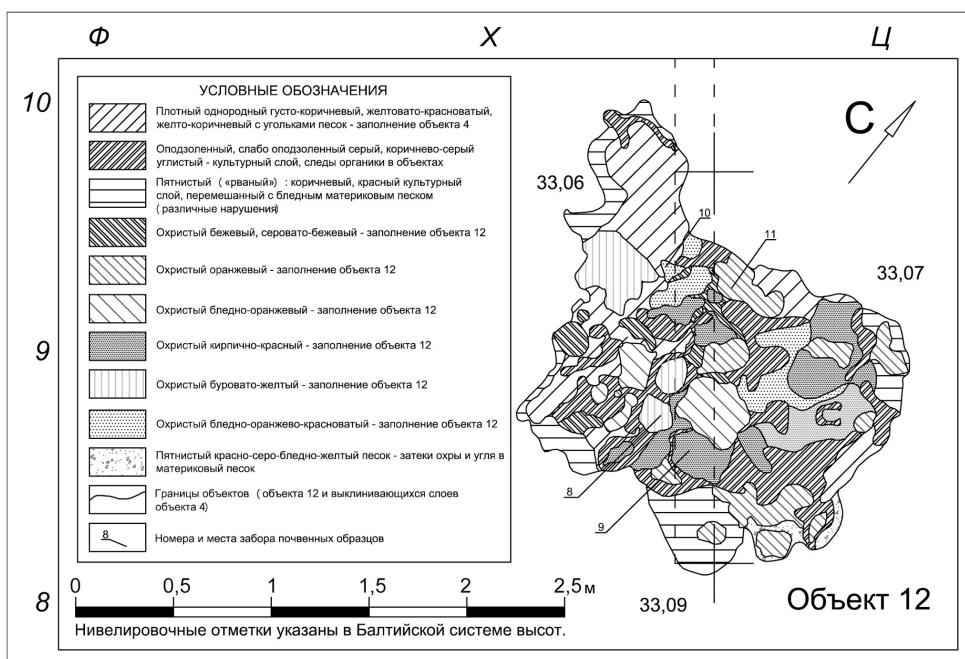


Рис. 2. Селище Барсова Гора II/42, объект 12.

Уч. Ф-Ц/8-10, глубина 33,15–33,05 м. Охристое заполнение ямы, номера и места забора почвенных образцов

¹ Микроскопический анализ почвенных образцов производился на микроскопе Olympus BX-51, при увеличении 50, 100, в проходящем и отраженном свете.

После отбора и анализа образцов сырья (конкреций лимонита), а также проб с других объектов и памятников урочища Барсова Гора полученные данные были сопоставлены с элементным составом образцов из объекта 12 (табл. 4, образцы 6–9). Результат послужил доказательством того, что для изготовления цветного заполнения всех линз было использовано идентичное сырье: все образцы из объекта 12 содержали галлий (Ga), не встреченный в аналогичном объеме ни в одном другом образце, включая пробы с остальных объектов селища Барсова Гора II/42, для которых логично было бы предположить тяготение к территориально близким сырьевым источникам. Для проверки результата твердофазные образцы были отмучены и сопоставлены повторно. После этого присутствие галлия было зафиксировано еще на одном памятнике (сел. Барсова Гора II/19), расположенном, однако, в другой части урочища. На остальных памятниках элемент зафиксирован не был.

Вероятно, для изготовления пигментов объекта 12 была использована руда, взятая буквально на одном небольшом участке, где наблюдался локальный всплеск редкого химического элемента. Это, в свою очередь, позволяет предполагать, что сырье для всех пигментов было получено в весьма краткий (относительно времени формирования памятника) временной период для создания комплекса ямы 12. Единство сырья при цветовом разнообразии заполнения ямы косвенно подтвердило высказанное ранее предположение о различии режимов обжига, иными словами, о возможности сознательного изготовления пигмента разных цветов и оттенков.

Выводы

Наиболее значимым итогом настоящей работы мы считаем ряд методических наблюдений, касающихся проведения элементного анализа и характеристики образцов охристых пигментов. Резюмируя, еще раз отметим следующие моменты.

1. Естественные природные колебания элементного состава почв и руд и специфика различных археологических объектов затрудняют или делают невозможным надежное выявление устойчивых элементных маркеров по единичному образцу охры. Информационный потенциал, возможности и ограничения элементного анализа, проведенного методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии, зависят, в том числе, от корректной формулировки задач исследования и соответствующей этим задачам выборки источников, ее полноты.

2. Стоит признать за цветовой характеристикой пигментов определенную информативность, в том числе по причине корреляции между изменениями цвета и химических соединений железа, при условии, что первичная фиксация и описание цветности производятся еще в поле, а затем дополняются в камеральных условиях.

3. При постановке задач исследования и выборе метода пробоподготовки нельзя забывать о специфике анализируемых образцов. Для корректной презентации полученных результатов необходимо указывать особенности пробозабора, пробоподготовки, комментировать форму представления данных и т. д.

4. Сопоставление данных проще проводить по результатам анализа растворов, несмотря на длительность пробоподготовки и снижение чувствительности метода. При таком подходе мы максимально снижаем вклад в элементный состав песчаной «подложки» образца и работаем, прежде всего, с самим пигментом. Это делает более обоснованными суждения о составе охр, а также служит более надежным основанием для их сравнения.

5. В случае приоритетного внимания к химическому составу конкретного образца (вплоть до микропримесей), если мы хотим выделить маркерные элементы конкретного сырья или пигмента, следует обратить особое внимание на их источник (они могут относиться к микропримесям песка). Когда чувствительности метода на растворах не хватает, полученные данные можно дополнить результатами анализа твердофазных нерастворенных и неотмученных образцов. Однако их необходимо рассматривать только вместе с элементным анализом вмещающих и фоновых почв. Для снижения погрешностей можно предварительно отмучивать образцы, однако при различном характере «подложки» (например, песок и керамика) позитивный эффект единообразного отмучивания сомнителен.

6. При анализе твердофазных образцов, содержащих примесь песка, удобным оказалось сопоставление результатов непосредственно по массовым долям всех обнаруженных элементов и пересчитанных данных за вычетом кремния.

Список литературы

- Дубовцева Е. Н.* Использование охры в керамическом производстве севера Западной Сибири / Е. Н. Дубовцева // Самар. науч. вестн. – 2015. – № 4 (13). – С. 37–47.
- Дубовцева Е. Н.* Неолитические комплексы селища Барсова Гора П/19 / Е. Н. Дубовцева, Е. А. Юдина // Ханты-Мансийский автономный округ в зеркале прошлого. – Томск ; Ханты-Мансийск : Изд-во ТГУ, 2011. – Вып. 9. – С. 239–254.
- Дубовцева Е. Н.* Отчет о НИР. Археологические спасательные работы (раскопки) селища Барсова Гора П/42 в Сургутском районе ХМАО // Югры в 2011 г. Т. 1 : текст отчета. – Сургут, 2012. – БИИКФ Сургутского района. – Ф. Р-4, Оп. 1. Д. 513.
- Кузьмина Е. Ю.* Флора мхов осинового леса урочища Барсова гора (окрестности города Сургута, Западная Сибирь) / Е. Ю. Кузьмина, В. Н. Тюрин // Новости систематики низших растений. – СПб. ; М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2009. – Т. 43. – С. 352–361.
- Махонина Г. И.* Почвы на археологических памятниках Барсовой горы / Г. И. Махонина // Барсова гора: 110 лет археологических исследований. – Сургут : МУ ИКНЦП «Барсова гора», 2002. – С. 152–157.
- Сериков Ю. Б.* Охра в жизни древнего человека / Ю. Б. Сериков // Древнейший Кавказ: перекресток Европы и Азии. – СПб. : ИИМК РАН, 2013. – С. 126–138.
- Тюрин В. Н.* Барсова Гора – уникальный ботанический объект / В. Н. Тюрин, Г. М. Кукуричкин // Биологические ресурсы и природопользование. – Сургут : Дефис, 2006. – Вып. 9. – С. 235–240.
- Тюрин В. Н.* Специфика лесных фитоценозов и автоморфных почв в связи с особенностями геологии и рельефа урочища Барсова Гора (Среднее Приобье) / В. Н. Тюрин, Е. П. Сорокина // Разнообразии лесных почв и биоразнообразии лесов : сб. материалов V всерос. науч. конф. по лесному почвоведению с междунар. участием. – Пушино : ИФХиБПП РАН, 2013. – С. 97–98.
- Урочище Барсова Гора – уникальный объект ледниковой геологии и таежной растительности Среднего Приобья / Н. Б. Левина, В. А. Ткаченко, В. Н. Тюрин, Н. Н. Лав-*

рович, Е. В. Щепетова // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : материалы VII всерос. совещания по изучению четвертич. периода, Апатиты, 12–17 сент., 2011 г. – Апатиты ; СПб., 2011. – Т. 2. – С. 28–30.

Усачева И. В. Охра и эксперименты по ее изготовлению / И. В. Усачева // Человек и Север: Антропология, археология, экология : материалы Всерос. конф., г. Тюмень, 26–30 марта 2012 г. – Тюмень : ИПОС СО РАН, 2012. – С. 50–54.

Чемякин Ю. П. Барсова Гора: очерки археологии Сургутского Приобья. Древность / Ю. П. Чемякин. – Сургут ; Омск : Ом. дом печати, 2008. – 224 с.

Чемякин Ю. П. История изучения археологических памятников Барсовой горы / Ю. П. Чемякин, Н. В. Шатунов // Барсова Гора: 110 лет археологических исследований. – Сургут : МУ ИКНЦП «Барсова Гора», 2002. – С. 40–57.

Черноруков Н. Г. Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Н. Г. Черноруков, О. В. Нипрук. – Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2012. – 57 с. – URL: www.unn.ru/books/met_files/RFA.pdf (дата обращения 22.11.2016).

«Этюд в багровых тонах» или опыт комплексного анализа уникального объекта («хранилища охры») селища Барсова Гора П/42 / Л. Л. Косинская, А. А. Остроушко, М. О. Тонкушина, Е. А. Юдина, Н. А. Кулеш // Западная Сибирь в академических и музейных исследованиях : материалы 3-й науч.-практ. конф., Сургут, 26–29 нояб. 2013 г. – Сургут, 2013. – Ч. 1. – С. 88–96.

Brown C. T. Quantitative analysis of Munsell color data from archeological ceramics / C. T. Brown, L. Ruck // Journal of Archaeological Science: Reports. – 2015. – Vol. 3. – P. 549–557.

Chenoweth J. M. Color in historical ceramic typologies: A test case in statistical analysis of replicable measurements / J. M. Chenoweth, A. Farahani // Journal of Archaeological Science: Reports. – 2015. – Vol. 4. – P. 310–319.

Dart R. A. The birth of symbology / R. A. Dart // African Studies. – 1968. – Vol. 27, Is. 1. – P. 15–27.

Hermes O. D. Nondestructive trace element analysis of archaeological felsite by energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy / O. D. Hermes, D. Ritchie // Geoarchaeology. – 1997. – Vol. 12, Is. 1. – P. 31–40.

Hodgskiss T. Cognitive Requirements for Ochre Use in the Middle Stone Age at Sibudu, South Africa / T. Hodgskiss // Cambridge Archaeological Journal. – 2014. – Vol. 24, Is. 03. – P. 405–428.

Jack R. N. “Finger-Printing” of some Mesoamerican obsidian artifacts / R. N. Jack, R. F. Heizer // Contributions of the University of California Archaeological Research Facility. – 1968. – Vol. 5. – P. 81–100.

Marguí E. Trace and ultratrace analysis of liquid samples by X-ray fluorescence spectrometry / E. Marguí, B. Zawisza, R. Sitko // Trends in Analytical Chemistry. – 2014. – Vol. 53. – P. 73–83.

Shackley M. S. An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology / M. S. Shackley // X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology / M. S. Shackley (ed.). – N. Y. : Springer-Verlag New York. Springer Science+Business Media, LLC, 2011. – P. 7–44. doi:10.1007/978-1-4419-6886-9.

Sitko R. Quantitative X-ray fluorescence analysis of samples of less than “infinite thickness”: Difficulties and possibilities / R. Sitko // Spectrochimica Acta Part B Atomic Spectroscopy. – 2009. – Vol. 64. – P. 1161–1172.

Total reflection x-ray fluorescence spectroscopy as a tool for evaluation of iron concentration in ferrofluids and yeast samples / N. A. Kulesh, I. P. Novoselova, A. P. Safronov, I. V. Beketov, O. M. Samatov, G. V. Kurlyandskaya, M. Morozova, T. P. Denisova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2015. – Vol. 415. – P. 39–44.

Weisler M. I. Provenance Studies of Polynesian Basalt Adze Material: A Review and Suggestions for Improving Regional Data Bases / M. I. Weisler // Asian Perspectives. – 2013. – Vol. 32, N 1. – P. 61–83.

Elemental Analysis of Archaeological Findings of Ocher from the Barsova Gora Natural Boundary: Methodical Aspect

E. A. Iudina, M. A. Tonkushina, N. A. Kulesh, L. L. Kosinskaya,
A. A. Ostroushko

Ural Federal University

I. V. Usacheva

Institute of the problems of Northern development

Abstract. The article is devoted to methodical aspect of the elemental analysis (X-ray fluorescence spectroscopy) of some forms of the natural mineral pigment – oxide ochre, estimation of informational value and interpretational opportunities of the method in archaeological research context. The work is based on materials of Neolithic and Eneolithic sites (settlements and burials dated by the end of VI–III millennium BC), situated on the Barsova Gora (Surgut district, Khanty-Mansiysk Autonomous District – Yugra of the Tyumen region). According to the archaeological data, main local form of pigment usage was covering of structures and open spaces with an ochre powder. Due do this practice the common condition of the ancient ochre samples from that territory is the mixture of pigment and soil (sand) basement.

The article contains results of elemental analysis of ochre, soil and supposed raw material samples (16 samples from 5 different sites). Some notes on detection, specification of ochre pigments (in field practice and laboratory research) and selection of soil samples are given. Special attention is paid for different ways of sample preparation (dissolution of samples in dilute nitric acid, elutriation of samples, analysis of samples in the initial state) and its impact on results. It was accepted, that choice of sample preparation method should be correlated with the concrete archaeological research aims. Dissolution was admitted as the best way of preparation in the case of pigment comparative analysis because of low impact of the sand substrate. The drawback of the method is the decrease in the sample concentration and, consequently, the decrease in sensitivity to micro impurities. If the micro impurities are of the main interest, it is better to analyze solid-phase samples (elutriated or not) combined with the information about elemental composition of the sand substrate of the samples. The article goes on with comparative analysis of the received data, information about detected local elemental markers and, finally, interpretational model of the analysis results. In conclusion, some examples of chemical data using are shown: as an additional parameters for dwelling complexes comparison and a source for revision of the concrete archaeological object functional designation.

Keywords: Western Siberia, Barsova Gora, Eneolithic, oxide ochre, natural mineral pigments, Age, elemental analysis, XRF spectroscopy.

References

Brown C. T., Ruck L. Quantitative analysis of Munsell color data from archaeological ceramics. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2015, Vol. 3, pp. 549–557. doi: 10.1016/j.jasrep.2015.08.014

Chemyakin Yu. P. *Barsova Gora: ocherki arkhologii Surgutskogo Priobiya. Drevnost [Barsova Gora: Essays on Archeology of the Surgut area of the Ob River region. Ancient times]*. Surgut, Omsk, Omskii dom pečati Publ., 2008, 224 p. (In Russ.)

Chemyakin Yu. P., Shatunov N. V. *Istoriya izucheniya arkhologicheskikh pamyatnikov Barsovoi gory [The history of the Barsova Gora archaeological sites research]. Barsova gora: 110 let arkhologicheskikh issledovaniy [Barsova gora: 110 years of the archaeological researches]*. Surgut, MU IKNTsP “Barsova gora” Publ., 2002, pp. 40–57. (In Russ.)

Chenoweth J. M., Farahani A. Color in historical ceramic typologies: A test case in statistical analysis of replicable measurements. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2015, Vol. 4, pp. 310–319. doi:10.1016/j.jasrep.2015.09.015

Chernorukov N. G., Nipruk O. V. *Teoriya i praktika rentgenofluorestsennogo analiza [Theory and practice of X-Ray Fluorescence Analysis]. Elektronnoe uchebno-metodicheskoe posobie [Electronic educational-methodical materials]*. Nizhnii Novgorod, Nizhegorodskii gosuniversitet Publ., 2012, 57 p. (In Russ.)

Dart R. A. The birth of symbology. *African Studies*. 1968, Vol. 27, Is. 1, pp. 15–27.

Dubovtseva E. N. *Otchet o NIR. Arkheologicheskie spatatelnye raboty (raskopki) selishcha Barsova Gora II/42 v Surgutskom raione KhMAO – Yugry v 2011 g [Report on research work. Archaeological rescue works (excavations) of the Barsova Gora II/42 settlement in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug –Yugra in 2011]*. Surgut, 2012, Vol. 1 (Text). Available at: Librarian and informational historical and cultural fund of the Surgut district. Fund R-4, register 1, file 513. (In Russ.)

Dubovtseva E. N. *Ispolzovanie ohry v keramicheskom proizvodstve severa Zapadnoi Sibiri [The ochre usage in the ceramics producing in the northern part of the Western Siberia]. Samarskii nauchnyi vestnik [The Samara scientific bulletin]*. 2015, Is. 4 (13), pp. 37–47. (In Russ.)

Dubovtseva E. N., Iudina E. A. *Neoliticheskie komplekсы selishcha Barsova Gora II/19 [Neolithic complexes of the Barsova Gora II/19 settlement]. Khanty-Mansiiskii avtonomnyi okrug v zerkale proshlogo [Khanty-Mansiysk autonomous okrug in the mirror of the past]*. Tomsk, Khanty-Mansiisk, Tomskii universitet Publ., 2011, Vol. 9, pp. 239–254. (In Russ.)

Hermes O. D., Ritchie D. *Nondestructive trace element analysis of archaeological felsite by energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy. Geoarchaeology*. 1997, Vol. 12, Is. 1, pp. 31–40. doi:10.1002/(SICI)1520-6548(199701)12:1<31::AID-GEA2>3.0.CO;2-A

Hodgskiss T. *Cognitive Requirements for Ochre Use in the Middle Stone Age at Sibudu, South Africa. Cambridge Archaeological Journal*. 2014, Vol. 24, Is. 3, pp. 405–428. doi:10.1017/S0959774314000663

Jack R. N., Heizer R. F. “Finger-Printing” of some Mesoamerican obsidian artifacts. *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*. 1968, Vol. 5, pp. 81–100.

Kosinskaya L. L., Ostroushko A. A., Tonkushina M. O., Iudina E. A., Kulesh N. A. «Et-yud v bagrovykh tonakh» ili Opyt kompleksnogo analiza unikalnogo objekta («khranilishcha okhry») selishcha Barsova Gora II/42 [«A Study in Scarlet» or An example of a complex analysis of the Barsova Gora II/42 settlement unique object («ocher storage»)]. *Zapadnaya Sibir v akademicheskikh i muzeinykh issledovaniyakh: materialy 3 nauchno-prakticheskoi konferentsii, gorod Surgut, 26–29 noyabrya 2013 g. [Western Siberia through the academic and museum researches: the third scientific and practical conference’ materials, Surgut, 26–29 November, 2013]*. Surgut, Publishing complex, 2013, Part 1, pp. 88–96. (In Russ.)

Kulesh N. A., Novoselova I. P., Safronov A. P., Beketov I. V., Samatov O. M., Kurlyandskaya G. V., Morozova M., Denisova T. P. Total reflection x-ray fluorescence spectroscopy as a tool for evaluation of iron concentration in ferrofluids and yeast samples. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2015, Vol. 415, pp. 39–44. doi:10.1016/j.jmmm.2016.01.095

Kuzmina E. Yu., Tyurin V. N. Flora mkhov osinovykh lesov urochishcha Barsova gora (okrestnosti goroda Surguta, Zapadnaya Sibir) [Moss flora of the Barsova gora aspen forests (Surgut city neighborhood, Western Siberia)]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii [News of the lower plants systematics]*. St. Petersburg, Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2009, Vol. 43, pp. 352–361. (In Russ.)

Levina N. B., Tkachenko V. A., Tyurin V. N., Lavrovich N. N., Shchepetova E. V. Urochishche Barsova gora – unikalnyi ob'ekt lednikovoi geologii i taezhnoi rastitelnosti Srednego Priobiya [Barsova gora place – is a unique object of the glacial geology and taiga zone flora in the Middle Ob area]. *Kvarter vo vsem ego mnogoobrazii. Fundamentalnye problemy, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dalneishikh issledovaniy: Materialy VII Vserossiiskogo soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda (g. Apatity, 12–17 sentyabrya, 2011 g.)*. [Quaternary period in its diversity. Fundamental issues, studies results and scientific directions of the further researches: Materials of the VII national conference, dedicated to quaternary period studies (Apatity, 12–17 September, 2011)]. Apatity, St. Petersburg, RAS Publ., Earth Study Department Publ., Quaternary period study committee Publ., Geological institute KSC RAS Publ., 2011, Vol. 2, pp. 28–30. (In Russ.)

Makhonina G. I. Pochvy na arkhologicheskikh pamyatnikakh Barsovoi gory [The soils of the Barsova Gora archaeological sites]. *Barsova gora: 110 let arkhologicheskikh issledovaniy [Barsova gora: 110 years of the archaeological researches]*. Surgut, MU IKNTsP “Barsova gora” Publ., 2002, pp. 152–157. (In Russ.)

Margui E., Zawisza B., Sitko R. Trace and ultratrace analysis of liquid samples by X-ray fluorescence spectrometry. *Trends in Analytical Chemistry*. 2014, Vol. 53, pp. 73–83. doi: 10.1016/j.trac.2013.09.009

Serikov Yu. B. Okhra v zhizni drevnego cheloveka [The ochre pigment in the ancient human life]. *Drevneishii Kavkaz: perekrestok Evropy i Azii [The ancient Caucasus: the crossroad between Europe and Asia]*. St. Petersburg, IMC RAS Publ., 2013, pp. 126–138. (In Russ.)

Shackley M. S. (Ed.). X-Ray Shackley M. S. An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology. X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology. New York, Springer Science+Business Media, LLC, 2011, pp. 7–44. doi:10.1007/978-1-4419-6886-9

Sitko R. Quantitative X-ray fluorescence analysis of samples of less than “infinite thickness”: Difficulties and possibilities. *Spectrochimica Acta Part B Atomic Spectroscopy*. 2009, Vol. 64, pp. 1161–1172. doi: 10.1016/j.sab.2009.09.005

Tyurin V. N., Kukurichkin G. M. Barsova gora – unikalnyi botanicheskii ob'ekt [Barsova Gora – is a unique botanical object]. *Biologicheskie resursy i prirodopolzovanie [Biological resources and nature management]*. Surgut, Defis Publ., 2006, Vol. 9, pp. 235–240. (In Russ.)

Tyurin V. N., Sorokina E. P. Spetsifika lesnykh fitotsenozov i avtomorfnykh pochv v svyazi s osobennostyami geologii i reliefa urochishcha Barsova Gora (Srednee Priobie) [Specificity of forest phytocoenosis and automorphic soils in connection with the Barsova Gora geological features and relief (the Middle Ob area)]. *Raznoobrazie lesnykh pochv i bioraznoobrazie lesov. Sbornik materialov V-oi Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii po lesnomu pochvovedeniyu s mezhdunarodnym uchastiem [Diversity of the forest soils and forests biodiversity. Materials of the V National scientific conference with international participating, dedicated to the forest pedology]*. Pushchino, Pushchino Research Center RAS Publ., 2013, pp. 97–98. (In Russ.)

Usacheva I. V. Okhra i eksperimenty po ee izgotovleniyu [The ochre and the ochre producing experiments]. *Chelovek i Sever: Antropologiya, arkhologiya, ekologiya: Materialy vserossiiskoi konferentsii, g. Tyumen, 26–30 marta 2012 g [The man and the North: Anthropology, Archaeology, Ethnography: Materials of the National conference, Tyumen, 26–30 March, 2012]*. Tyumen, IPND SB RAS Publ., 2012, pp. 50–54. (In Russ.)

Weisler M. I. Provenance studies of Polynesian basalt adze material: A review and suggestions for improving regional data bases. *Asian Perspectives*. 1993, Vol. 32, Is. 1, pp. 61–83.

Юдина Екатерина Александровна
младший научный сотрудник, Центр
археологических исследований
Уральский федеральный университет
Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: kveten@gmail.com

Тонкушина Маргарита Олеговна
кандидат химических наук, научный
сотрудник, НИИ физики и прикладной
математики
Уральский федеральный университет
Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира,
19 e-mail: rita-zar@yandex.ru

Кулеш Никита Александрович
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник, НИИ физики
и прикладной математики
Уральский федеральный университет
Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: nikita.kulesh@urfu.ru

Косинская Любовь Львовна
кандидат исторических наук, доцент
старший научный сотрудник, Центр
археологических исследований
Уральский федеральный университет
Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: ver2142@yandex.ru

Остроушко Александр Александрович
доктор химических наук, профессор,
руководитель отдела, НИИ физики
и прикладной математики
Уральский федеральный университет
Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: alexander.ostroushko@urfu.ru

Усачева Ирина Витальевна
кандидат исторических наук,
старший научный сотрудник
Институт проблем освоения Севера СО РАН
Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Малыгина, 86
e-mail: i.usachova@gmail.com

Iudina Ekaterina Alexandrovna
Junior Researcher, Center for Archaeological
Research
Ural Federal University
19, Mira st., Ekaterinburg, 620002, Russia
e-mail: kveten@gmail.com

Tonkushina Margarita Olegovna
Candidate of Sciences (Chemistry),
Researcher, Institute of Physics and Applied
Mathematics
Ural Federal University
19, Mira st., Ekaterinburg, 620002, Russia
e-mail: rita-zar@yandex.ru

Kulesh Nikita Alexandrovich
Candidate of Sciences (Physic
and Mathematic), Senior Researcher, Institute
of Physics and Applied Mathematics
Ural Federal University
19, Mira st., Ekaterinburg, 620002, Russia
e-mail: nikita.kulesh@urfu.ru

Kosinskaya Lyubov Lvovna
Candidate of Sciences (History),
Associate Professor, Senior Researcher,
Center for Archaeological Research
Ural Federal University
19, Mira st., Ekaterinburg, 620002, Russia
e-mail: ver2142@yandex.ru

Ostroushko Alexandr Alexandrovich
Doctor of Sciences (Chemistry), Professor,
Department Head, Institute of Physics and
Applied Mathematics
Ural Federal University
19, Mira st., Ekaterinburg, 620002, Russia
e-mail: alexander.ostroushko@urfu.ru

Usacheva Irina Vitalievna
Candidate of Sciences (History),
Senior Researcher
Institute of the Problems of Northern
Development SB RAS
86, Malygin st., Tyumen, 625003, Russia
e-mail: i.usachova@gmail.com