

комплексах на памятнике Тартас-1 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: ИАЭТ СО РАН, 2016. Т. XXII. С.135–140.

Юракова А. Ю. Неолит Барабинской лесостепи и южно-таежного Прииртышья: автореф. дис. ... к.и.н. Кемерово, 2017. 30 с.

П.И. Калинин¹, Н.И. Шишлина²
P.I. Kalinin, N.I. Shishlina

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино,
kalinin331@rambler.ru

²Государственный исторический музей, г. Москва

Источники сырья серпентинитовых изделий Бородинского клада эпохи поздней бронзы

Raw material sources of the Late Bronze Age Borodino Hoard serpentinite artifacts

Бородинский клад, найденный недалеко от г. Одесса, датируется началом II тыс. до н.э. и включает несколько каменных топоров и наверхий булав. С помощью комплексного инструментального анализа определен тип месторождений серпентинита, который вероятно послужил сырьем для изготовления части каменных топоров и наверхий булав. Наиболее перспективным методом для определения генезиса серпентина является анализ типичных элементов-примесей, которые обогащают первичные расплавы. Исследование показало, что источниками серпентинита для производства топоров Бородинского клада могли быть серпентинизированные ультраосновные породы, типичные для Северного Кавказа. Более светлые наверхия булав могли сформироваться при метаморфизме доломитов магниезиальных скарнов.

Borodino Hoard was found near Odessa, Ukraine, and dates to the early of the second millennium BC and includes several stone axes and mace-heads. With the help of complex instrumental analysis, the type of possible serpentinite deposits was determined, which served as a raw material for the manufacture of part of the stone axes and mace-heads. The most promising method for determining the genesis of serpentine is the analysis of typical trace elements that enrich primary melts. The study showed that the sources of serpentinite for the production of axes of the Borodino treasure could be serpentinized ultrabasic rocks typical of the North Caucasus. Lighter mace-tops could have been formed during the metamorphism of dolomites in magnesian skarns.

Основной задачей исследования была оценка типа месторождений серпентинита, из которого изготовлены входящие в состав Бородинского клада начала эпохи позднего бронзового века каменные изделия. В предыдущих исследованиях было показано, что часть таких предметов сделаны из антигорита ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) – минерала группы серпентина [Калинин и др., 2019]. Определение типа месторождений может помочь сузить вероятный ареал происхождения сырьевых материалов, которые использовались мастерами-камнерезами эпохи бронзы и уточнить культурный контекст полного собрания клада. Для изучения были отобраны образцы из двух темно-зеленых топоров и трех наверхий булав белого цвета (рис. 1).

С помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) был детально изучен их химический состав. ИСП-МС измерения проводились на масс-спектрометре Elan DRC-e (Perkin Elmer) в ИФХиБПП РАН. Анализ выполнен с использованием многоэлементного градуировочного стандартного образца для ИСП-спектро-



Рис. 1. Серпентинитовые изделия Бородинского клада.

скопии ICP-MS-3-10 (5 % HNO₃) (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, U, V, Zn – 10 мкг/мл), производитель High-Purity Standards (США) с применением метода TotalQuant.

Серпентинизация сильно изменяет исходный состав горной породы. Поэтому для определения генезиса серпентина не всегда возможно использовать макроэлементы, характерные для минералов ультраосновных пород, карбонатов и доломитов (Mg, Ca, Fe) [Niu, 2004]. В связи с этим, при изучении серпентина авторы использовали подход, при котором проводили сравнительный анализ содержания типичных элементов-примесей, которые обогащают первичные расплавы. Для группы серпентинов, в которую входит антигорит, характерны примеси Ni, Al, Mn, Cr, Sr. Эти элементы являются менее подвижными при серпентинизации по сравнению с Mg, Ca, Fe, что позволяет определить природу протолита и возможный тип месторождения. Например, высокие содержания Cr и Ni указывают на развитие серпентинизации по ультраосновным породам, а повышенные количества Sr могут говорить о формировании серпентина в зоне контакта силикатных пород с карбонатами [Menzel et al., 2019].

Анализируемые образцы имеют неоднородный химический состав, различаясь по содержаниям Fe, Ca, Mg, Cr, Ni и Sr. Для того чтобы оценить исходную породу, из которой сформировался серпентинит, была рассчитана форстеритовая компонента в ряду оливина по формуле $X_{Mg} = Mg/(Mg+Fe)$, и полученное значение сопоставлено с содержанием Ni, который часто замещает Mg и Fe в оливине [Menzel et al., 2019] (рис. 2). Форстерит является распространенным минералом ультраосновных пород, но часто встречается и в магнезиальных скарнах, где также может развиваться серпентинизация.

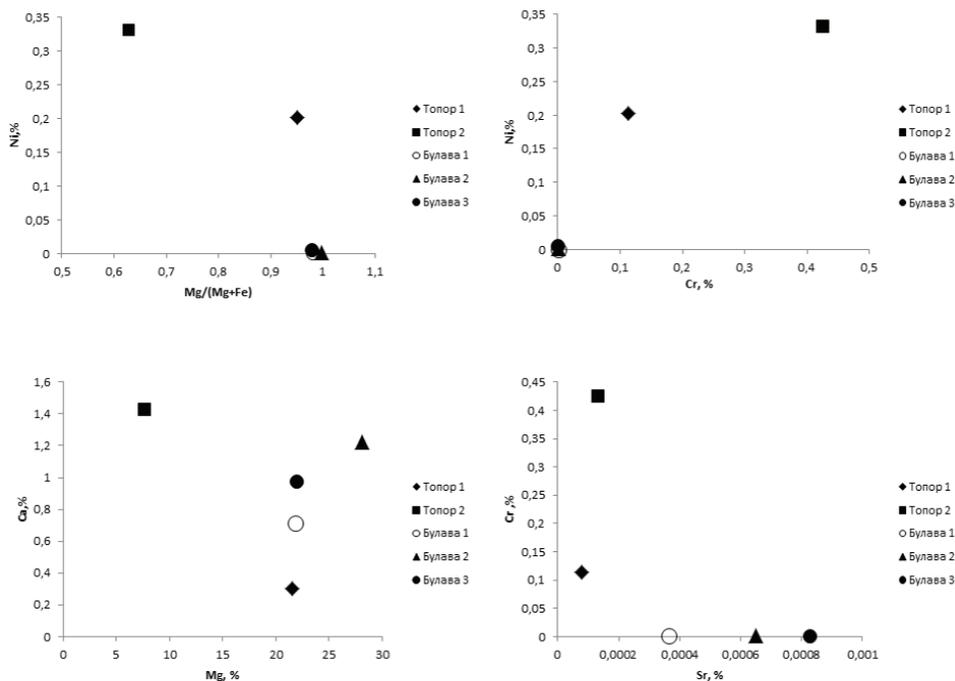


Рис. 2. Отношение рассчитанной по формуле $Mg/(Mg+Fe)$ форстеритовой составляющей в ряду оливина к содержанию Ni; отношения Ni-Cr, Ca-Mg и Cr-Sr, показывающие различный химический состав серпентинов.

Содержание форстеритовой составляющей значительно варьирует и является достаточно высоким для всех образцов [Menzel et al., 2019]. Максимальное значение показателя фиксируется в булавах и топоре 1, где оно превышает 0.9. Содержание Ni также колеблется в широких пределах. Концентрация Ni достигает 0.35 % в топорах, но в булавах он практически отсутствует.

Определить тип горной породы, по которой развивалась серпентинизация, можно с помощью отношений микроэлементов Sr-Cr и Ni-Cr (см. рис. 2). Высокие значения Sr характерны для карбонатных пород, Cr и Ni – для ультраосновных [Spandler et al., 2008]. Топоры Бородинского клада характеризуются низким содержанием Sr и высокими значениями Ni и Cr, что, с учетом достаточно высокой форстеритовой составляющей, указывает на формирование серпентина, из которого они сделаны, по ультраосновным породам.

Булавы клада характеризуются более сложным химизмом. Несмотря на высокую форстеритовую составляющую, низкие содержания Cr и Ni при повышенной концентрации Sr ставит под сомнение их ультраосновное происхождение. Такой химический состав может указывать на формирование серпентина в зоне контакта силикатных пород с известняками или доломитами. В свою очередь, относительно низкое содержание Ca говорит о том, что серпентин не связан с кальцитом, а сформировался при гидротермальном преобразовании доломитов в магнезиальных скарнах (см. рис. 2). Для таких пород также характерно высокое содержание форстерита и светлая окраска. Но жилы серпентинита, сформированного в результате изменения магнезиальных пород, являются более редкими рудными образованиями [Kodolanyi et al., 2012], что в перспективе может помочь в точном определении месторождения.

Таким образом, полученные данные указывают на то, что булавы и два топора Бородинского клада сделаны из серпентинита разных типов месторождений. Химический состав топоров говорит об их происхождении из пород ультраосновного состава. Подобный тип месторождений серпентинизированных ультраосновных пород широко распространен на Северном Кавказе. Здесь крупные массивы серпентинитов и мелкие линзовидные тела прослеживаются параллельно Кавказскому хребту от г. Казбек на востоке до р. Пшехи на западе [Газеев и др., 2018]. Серпентинит, из которого сделаны навершия булав, по всей вероятности, получен из магнезиальных скарнов. Подобные скарновые тела имеют локальное распространение и относительно небольшую мощность. Для Кавказского серпентинитового пояса характерна значительная карбонатизация по зонам разломов, что делает их вероятным источником как зеленого, так и белого серпентинита [Попов и др., 2021]. В частности, находки светлого антигорита зафиксированы в республике Кабардино-Балкарии. Здесь в Малкинском рудном поле встречается доломит и серпентин [Сердюченко, 1952].

Таким образом, на Северном Кавказе есть месторождения серпентина как зеленого, так и белого цветов, пригодного для изготовления изделий, подобных артефактам Бородинского клада. Уже с середины III тыс. до н.э. и зеленый, и светлый серпентин были основным сырьевым материалом для изготовления топоров кабардино-пятигорского типа [Калинин и др., 2022]. Близких по типу бородинским топоров и наверший булав на самом Северном Кавказе не найдено. Полученные результаты позволяют высказать предположение о том, что серпентинитовые изделия Бородинского клада – два топора и три навершия булав – могли быть изготовлены именно из кавказского сырья, поступавшего в восточно-причерноморские мастерские для дальнейшей обработки.

Работа поддержана грантом РНФ 21-18-00026 «Ресурсы и человек в эпоху бронзы-средневековья: динамика использования аридных регионов юга России».

Литература

Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Гурбанова О.А., Попов С.В. Коллекционные минералы и поделочные камни в ультрабазитах и базитах Северного Кавказа // Вестник Владикавказского научного центра. 2018. Т. 18. № 2. С. 29–35.

Калинин П.И., Велигжанин А.А., Преснякова Н.Н. // Н.И. Шишлина (отв. ред.). Бородинский клад героической эпохи бронзового века. Естественно-научный и исторический контекст. М.: ГИМ, 2019. С. 42–57.

Калинин П.И., Шишлина Н.И., Лобода А.Ю., Трунькин И.Н., Куликова Е.С., Светогоров Р.Д., Исмагулов А.М., Терещенко Е.Ю., Яцишина Е.Б. Каменные изделия эпохи Бронзы: анализ минерального состава и определение ресурсных ареалов // Российские нанотехнологии, 2022, № 5, в печати.

Попов Ю.В., Пустовит О.Е., Никулин А.Ю. Минеральный состав серпентинитов Кишинского массива (Большой Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2021. Т. 11. № 1. С. 38–51.

Сердюченко Д.П. Минералы коры выветривания на змеевиках реки Малки // Кора выветривания: геология, минералогия, процессы выветривания, минеральные месторождения. 1952. Вып. 1. С. 23–63.

Kodolanyi Janos, Pettko Thomas, Spandler Carl, Balz S, Gmeling Kamber and Katalin. Geochemistry of Ocean Floor and Fore-arc Serpentinites: Constraints on the Ultramafic Input to Subduction Zones // Journal of Petrology. 2012. V. 53. I. 2. P. 235–270.

Menzel M., Garrido C., Sánchez Vizcaino V.L., Károly Hidas, Claudio Marchesi. Subduction metamorphism of serpentinite-hosted carbonates beyond antigorite-serpentinite dehydration (Nevado-Filábride Complex, Spain) // Metamorphic Geology. 2019. V. 37. Is. 5. P. 681.

Niu Y. Bulk-rock major and trace element compositions of abyssal peridotites: Implications for mantle melting, melt extraction and post-melting processes beneath mid-ocean ridges // *J. Petrol.* 2004. Vol. 45. P. 2423–2458.

Spandler C., Hermann J., Faure K., Mavrogenes J.A., Arculus R.J. The importance of talc and chlorite «hybrid» rocks for volatile recycling through subduction zones; evidence from the high-pressure subduction mélange of New Caledonia // *Contributions to Mineralogy and Petrology.* 2008. V. 155. P. 181–198.

А.М. Юминов¹, Ф.Н. Петров^{2,3}

A.M. Yuminov, F.N. Petrov

¹*Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс, umin@mineralogy.ru*

²*Челябинский государственный университет, г. Челябинск*

³*Челябинский государственный историко-культурный заповедник «Аркаим», г. Челябинск*

Каменный сосуд с остатками краски бронзового века (поселение Левобережное)

Stone vessel with remnants of Bronze Age paint (Levoberezhnoe settlement)

В работе дано описание каменного сосуда, изготовленного из лимонитовой жеоды и предназначенного для хранения минеральной краски. По результатам минералогического исследования установлено, что основой красно-коричневого пигмента является гематит. В качестве наполнителя для краски были использованы кварц, полевой шпат, барит и, возможно, кальцит, серицит и каолинит. Краска изготовлена путем тщательного измельчения природного сырья. Минеральная смесь в порошке неоднородна по величине компонентов.

The paper described of a stone vessel made of limonite jode and intended for storage of mineral paint. According to the results of mineralogical study, we examined that the basis of the red-brown pigment is hematite. Quartz, feldspar, barite and possibly calcite, sericite and kaolinite were used as fillers for the paint. The paint was made by thoroughly grinding the natural raw materials. The mineral mixture in the powder is heterogeneous in terms of the size of the components.

В 2016 г. сотрудниками объединенного полевого отряда археологических экспедиций Челябинского государственного историко-культурного заповедника «Аркаим» и Челябинского государственного университета при раскопках укрепленного поселения бронзового века Левобережное (Синташта II) был обнаружен небольшой каменный артефакт, изготовленный из пустотелой жеоды бурого железняка (природного минерального агрегата, состоящего из смеси оксидов и гидроксидов железа). Наличие в полости жеоды порошковидного красно-коричневого пигмента дало основание предположить, что данный артефакт в древности мог использоваться в качестве своеобразного сосуда для хранения краски.

Поселение Левобережное находится на северной окраине поселка Комсомольский (Брединский район Челябинской области). Оно планомерно изучалось на протяжении 2015–2019 г. Данный памятник является многослойным. Согласно серии AMS-радиоуглеродных анализов, наиболее ранний слой был датирован XX–XIX вв. до н.э. (синташтинская культура), а поздний (межовский) – XIV–XII вв. до н.э. [Епимахов, Пет-