

Коновалов А.А., Ениосова Н.В., Митоян Р.А., Сарачева Т.Г. Цветные и драгоценные металлы и их сплавы на территории Восточной Европы в эпоху средневековья. М.: Восточная литература, 2008. 191 с.

Гузбеков А.И., Григорьева И.М., Рослякова Н.В. Результаты археозоологического исследования остеологического материала из раскопок селища Подымалово-1 в башкирском Приуралье // Проблемы истории, филологии, культуры. 2022. № 3(77). С. 37–50.

А.М. Мuryгин¹, И.С. Астахова²

A.M. Murygin, I.S. Astakhova

*¹Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар,
alek-murygin@yandex.ru*

²Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Минералого-геохимические исследования артефактов из раскопок поселения Денисовский Шар (Республика Коми)

Mineralogical and geochemical studies of artifacts from the excavations of the Denisovsky Shar settlement (Komi Republic)

Приводятся результаты исследований шлаков и изделия из раскопок археологического памятника поселения Денисовский Шар. Аналитические исследования проводились с помощью оптического и сканирующего электронного микроскопа, рентгеновскими и спектроскопическими методами. В результате проведения минералого-химического исследования был установлен кремнисто-железистый состав шлаков с примесями Al, Ca, P и K. По химическому составу проведены оценки вязкости и основности расплава. Показатель вязкости указывает на разную степень жидкотекучести расплава. Большая часть коллекции представлена шлаками основного и среднего состава. Микронзондовые исследования установили преобладание фаялита, вюстита, железо-кремнистого стекла и восстановленного железа. Рентгенофазовым анализом установлены модификации кремнезема, которые позволяют говорить о высокотемпературном режиме плавления. Плавка осуществлялась в печи при высоких температурах в пределах 1200–1400 °С и использованием флюсов. Шлак остывал медленно и непосредственно в печи. Вероятно, плавка продолжалась длительное время. Можно предположить использование окисных легко добываемых железных руд.

The results of studies of slags and products from the excavations of the archaeological monument of the Denisovsky Shar settlement are presented. The analytical studies were based on using optical and scanning electron microscopes, X-ray and spectroscopic methods. As a result of a mineralogical and chemical study, the siliceous-ferruginous composition of slags with impurities of aluminum, calcium, phosphorus and potassium was established. According to the chemical composition, the viscosity and basicity of the melt were evaluated. The viscosity index indicates a different degree of fluidity of the melt. Most of the collection is represented by slags of the main and medium composition. Microprobe studies have established the predominance of fayalite, wustite, iron-siliceous glass and reduced iron. X-ray phase analysis has established modifications of silica, which allow us to talk about a high-temperature melting mode. Melting was carried out in a furnace at fairly high temperatures in the range of 1200–1400 °C and using fluxes. The slag cooled down rather slowly and directly in the furnace. Probably, the melting lasted for a long time. It is possible to assume the use of oxide easily mined iron ores.

Несмотря на открытие и изучение десятков стоянок и поселений эпохи средневековья на Европейском Северо-Востоке, в археологии Припечорья вопрос

развития металлургии в I – первой пол. II тыс. н.э. остается слабоизученным. К проблеме происхождения источников черных металлов в Печорском крае обратились в 2001–2005 гг. В.И. Завьяловым и А.В. Бирюковым были проведены археометаллографические исследования средневекового кузнечного производства на Европейском Северо-Востоке [Бирюков и др., 2009]. Сегодня рассмотрены вопросы металлургии на городище Кобылиха и поселение Югорская сопка в Большеземельской тундре [Мурыгин, Астахова, 2022; Астахова, Мурыгин, 2022; Murugin, Astakhova, 2023].

Археологические и археометаллургические исследования способствуют выяснению исторических межэтнических связей и дополняют картину быта населения Европейского Севера. Материальным свидетельством древней металлургии являются непосредственно исходное сырье, остатки железодельных печей, отходы производства. Изучение артефактов свидетельствует об исходной руде, этапах производства, процессах получения и обработки металла, тем самым позволяет выявить уровень развития металлургии и масштабы производства.

Поселение Денисовский Шар расположено за Полярным кругом, в районе пос. Новый Бор (Усть-Цилемский р-он Республики Коми). Здесь известно еще четыре археологических памятника первой пол. II тыс. н. э. – городища Новый Бор I, II, III, IV, датированные XII–XIII или XIV вв. н.э. [Плюснин, 1991, 1992; Plusnin, 1992].

Поселение Денисовский Шар, примыкая непосредственно к городищу Новый Бор III с юга, не имеет внешних признаков и, скорее всего, образует с городищем единый одновременный археологический объект [Мурыгин, Кленов, 2015]. Было открыто и исследовано И.О. Васкулом раскопом 16 м² в 1988 г. [Васкул, 1988]. Памятник датирован эпохой средневековья, отмечено своеобразие керамики на фоне известной средневековой глиняной посуды Европейского Северо-Востока. Краткие упоминания о нем, как о безымянном исследованном участке у городища Новый Бор III, появились в 1991–1992 гг. [Плюснин, 1991].

В 2014 г. А.М. Мурыгиным были проведены раскопки на городище Новый Бор III и поселении Денисовский Шар, входящих в объект археологического наследия «Комплекс Новый Бор III». Они расположены примерно в 1.8 км южнее пос. Новый Бор на протоке Денисовский (Гавриловский) Шар (левый берег р. Печора). Терраса с памятниками отделена от русла р. Печора широкой поймой, имеющей в этом месте ширину около 1.7 км. Одним раскопом изучена площадь 56 м², из которых 44 м² приходится на площадь поселения Денисовский Шар. Северными квадратами раскопа были разрезаны земляные сооружения (траншея и насыпь), отделяющие городище Новый Бор III от поселения Денисовский Шар.

Культурные остатки на площади раскопа, как правило, были приурочены к верхам почвенных супесчаных отложений террасы, существенно поврежденные дорогой, непосредственно от основания перегнойно-аккумулятивного (дернового) и почвенно-растительного гумусированного слоя до глубины 26 см от поверхности почвы. Большая часть находок была сосредоточена в крайних южных и северных квадратах раскопа.

В северной части раскопа был расчищен участок траншеи, имеющей по дневной поверхности размеры: ширина – 210 см, длина – 140 см. Ее максимальная глубина оставила 90 см от поверхности почвы. Далее на протяжении около 2 м признаки выемки грунта отсутствовали, а затем она прослеживалась вплоть до бровки террасы, слегка опускаясь по ее склону. В процессе расчистки траншеи установлено, что перемычка не является результатом современной засыпки, а была сделана, видимо, в период функционирования памятника (вероятно, что при сооружении траншеи в данном месте был предусмотрен проход).

Заполнением траншеи служила размытая желто-коричневая супесь, смешанная с темно-серыми включениями гумуса и редкими пятнами слабовыраженного подзола. В ней были сосредоточены находки (шлак, керамика), залегавшие до глубины до 60 см от поверхности почвы. Остатков каких-либо конструкций не обнаружено.

При раскопках найдено 303 предмета, из них 273 экз. представлено фрагментами керамических сосудов. Кроме того, в коллекции представлены: отходы металлургии и металлообработки (в виде шлаков), кремневые осколки и обломки, обломок керамического изделия неясного назначения и одна кость животного.

Поселение Денисовский Шар входит в состав локальной группы средневековых археологических памятников *новоборского (нижнепечорского) культурного типа* [Мурыгин, Кленов, 2015; Мурыгин, 2017]. Они были локализованы в облесенной долине Заполярной Печоры и располагались по обе стороны Нижней Печоры, начиная от Северного полярного круга и вплоть до её устья: поселение Югорская сопка (четв. четверть IV – третья четверть VII вв. н.э.), городища Ортинское (VI – нач. XI вв. н.э.), Кобылиха (вторая пол. I – первая пол. II тыс. н. э.), городище VI–X вв. н.э. и святилище VI–XIII вв. н.э. Гнилка, поселение Коткино I (перв. четверть II тыс. н.э.), а также городища Новый Бор I, II, III, IV.

Исследование отходов металлургии проводилось в ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Фазовый состав образцов определялся по дифрактограммам неориентированных образцов. Съемка проводилась на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-6000, излучение $\text{CuK}\alpha$, Ni фильтр, 30 kV, 20 mA, область сканирования $2-65^\circ 2\theta$ (аналитик Ю. Симакова). Химический состав изучался с помощью приближенно-количественного рентгенофлуоресцентного анализа методом фундаментальных параметров (аналитик С. Неверов). Минеральный состав изучался с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega3 LMN, оборудованного EDS-системой микроанализа INCAX-MAX 50 mm фирмы «OxfordInstruments» (напряжение – 20 кВ, сила тока – 15 нА, вакуум – 0,05 Па, диаметр пучка – 2 мкм). Эталоны; погрешность (мас. %): Fe (Fe); 0.37, Bi (Bi); 1.04, Cu (Cu); 0.36, Si, O (SiO_2); 0.14, Pb (PbTe); 0.27, As (InAs); 0.41, Sb (Sb); 0.25, Ni (Ni); 0.24; Ag (Ag); 0.69 (аналитик Е. Тропников).

Для археометаллургических исследований были отобраны 8 образцов шлаков и 1 металлическое изделие. Цвет шлаков – от темно-коричневого с участками ржавчины, серого до черного. Относительная пористость устанавливалась визуально. Большая часть (30 %) исследуемых шлаков отнесены к группе с высокой степенью пористости, в которой установлено на 1 см^2 присутствие до 30 % пор с размером 0.1–0.5 см. Чуть меньше (20 %) шлаков имеют среднюю пористость, где на 1 см^2 установлено до 10 % пор с размером менее 0.3 см. В центральной части образца № К/6 установлена низкая пористость, которая к краям шлака увеличивается. Подавляющее большинство образцов представлено легкими уплощенными кусками шлака лепешковидной формы. Несколько образцов шлаков являются отдельными фрагментами или имеют извилистую форму или аморфны (рис. 1).

Форма шлаков позволяет говорить о жидкотекучести расплава. Некоторые образцы (К/6, И/6, И/1, К/8, К/7) имеют вогнутую округлую нижнюю ровную поверхность с гладкими участками с металлическим блеском. Верхняя поверхность чаще всего на всех шлаках бугристая мелкозернистая с шарообразными или червякообразными образованиями шлака. На верхней поверхности образцов (К/6) обнаружены костные остатки. Край большей части коллекции шлаков оплавлены, иногда неровные. Образец И/2 имеет уплощенный внешний облик красно-коричневого цвета, легкий, на сколе

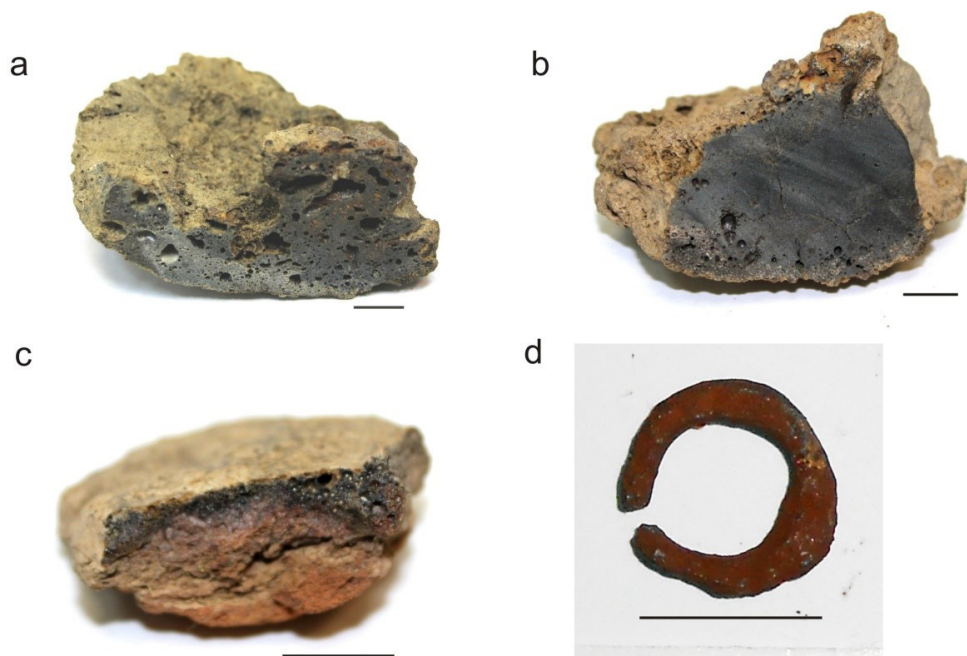


Рис. 1. Артефакты из раскопок поселения Денисовский Шар. а – шлак с высокой пористостью вогнутой лепешковидной формы с оплавленными краями, И/1; б – шлак с увеличением степени пористости от центральной зоны к лепешковидной формы с неровными краями, К/6; с – обломок шлака с глиняной обмазкой, И/2; d – железное изделие.

прослежена граница пористых участков черного цвета и глинистой составляющей, предположительно, являющейся обмазкой печи. Железосодержащее изделие представляет собой разьединенное кольцо размером в радиусе 1 см (рис. 1d).

Для петрографического изучения были отобраны образцы, наиболее характеризующие минеральный состав и структурно-текстурные особенности. Минеральный состав исследуемых шлаков однообразен, но содержание того или иного минерала варьирует. Установлено, что структура во всех образцах шлаков сферолито-обломочная. Размеры сферолитов варьируют от 0.2 до 1 мм. Имеют округлую форму, не содержат включений. Основная масса шлаков сложена стеклообразным веществом (30–60 %). В обломках обнаружено большое содержание кварца (до 30 %), оливин (10–20 %) и вюстит (до 10 %), единичные зерна плагиоклаза и хромшпинелиды (0–1 %). Обнаружены ожелезненные участки.

Рентгендифракционные исследования позволили уточнить минеральный состав шлаков. Во всех образцах присутствуют как рентгеноаморфные соединения железа, так и различные модификации оксидов железа (вюстит, магнетит), а также обнаружены оливин, полевые шпаты и кварц. В образце К/6 установлен диопсид и шпинель(?) до первых процентов. В этом же образце обнаружен кремнезем разных модификаций. Превращение низкотемпературного кварца в кварц высокотемпературный протекает в интервале температур от 825 до 850 °С. Однако нахождение кристобалита указывает на то, что выплавка достигала высоких температур. При затвердевании кремнезем кристаллизуется в той форме, которая устойчива при данной температуре. Кристобалит

устойчив в пределах от 870° до 1470 °С [Ходаков, 1959]. Таким образом, температуры выплавки достигали 800–1470 °С.

В археометаллургии для оценки температурного режима металлургического процесса используют особенности химического состава шлаков, применяется построение термальных диаграмм на основе химических анализов. Для исследуемых шлаков широко варьируют содержания оксидов железа и кремнезема. Соотношение главных компонентов $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ варьирует в пределах 0.46–12.89. Колебание содержаний глинозема (6–14 %) может быть связано как с исходными рудами, так и могло перейти из глиносодержащей обмазки печи. Обращают на себя внимание содержания Са, Р и К. Содержание Са в шлаках варьирует от 2.84 до 11.59 %, К – 1.92–4.47, Р – 1.03–3.31. Количества этих элементов объясняются переходом их из золы, использованием кальцита или костей в качестве флюса [Pleiner, 2000]. Наиболее информативными для выявления железной рудной базы являются трудновосстановимые элементы такие как Ti, Mo, V, Co, Cr, Mn и др. Оксиды этих элементов практически полностью, в течение сыродутного процесса, переходят в шлак [Pleiner, 2000]. Содержания Mn и Mg варьируют от 0.68 до 3.32 мас. %. Содержание Ti незначительное (0.14–0.66 %). В малых количествах присутствуют Cr и Ni (до первых сотых процента). Медь установлена только в одном образце с содержанием 0.05 мас. %. Остальные микропримеси содержатся в сотых долях процентов в отдельных образцах шлаков или полностью отсутствуют.

По химическому составу шлака рассчитывают приблизительную вязкость расплава. Расчеты произведены по формуле, учитывающей соотношение оксидов, снижающих вязкость к таковым, повышающим ее, при температуре 1400 °С, предложенной U.A. Bachmann [1987]. В исследуемых шлаках данный показатель указывает на жидкотекучесть расплава, который объясняется поступлением компонентов, влияющих на снижение вязкости. Соответственно, коэффициенты основности в этих шлаках позволяют отнести к группе кислых шлаков (показатель вязкости 15–20 Pa·s), в которых обнаруживается большое содержание стекла. Один образец шлака (И/6) отнесен к средним, остальные шлаки относятся к основным. Вязкость основного шлака незначительна, всего 2–4 Pa·s, что чуть ниже вязкости средних шлаков с более низкими показателями. Тем не менее, шлак был явно жидкотекучим. Данный факт подтверждается особенностями минерального состава (кристобалит), характеризующими высокие температуры, а с повышением температуры расплава снижается вязкость и соответственно жидкотекучесть его повышается.

Используя общий химический состав, оценен температурный режим металлургического процесса с помощью построения фазовой диаграммы системы FeO-SiO₂-CaO. Из диаграммы видно, что выплавка осуществлялась в печи при высоких температурах в пределах 1100–1400 °С [Мальшева, Павлов, 2012].

Таким образом, исследованные шлаки формировались в различных температурных условиях, влияющих на условия выплавки и кристаллизацию минералов, и представляют собой разные зоны древней металлургической печи. Также на химический состав шлака оказывает воздействие использование различных флюсов, шихта из различной руды, обмазка печи, металлургические процессы.

Микрозондовые исследования выявили сходство минерального состава шлаков, однако некоторые минералы, установленные РФА, не были обнаружены. Во всех шлаках преобладает фаялит $\text{Fe}_{0.84-0.92}$ в виде зерен извилистой формы состава $(\text{Fe}_{1.50-1.71}\text{Mg}_{0.15-0.29}\text{Mn}_{0.06})_{1.97}\text{Si}_{0.96-1.05}\text{O}_4$ и слагают общую массу (рис. 2а). В них присутствуют незначительные примеси Р до 0.71 мас. %, Са – до 7 мас. % и Al – до 0.1 мас. %. При этом игольчатые и более мелкие выделения по границам фаялитовых зерен создают

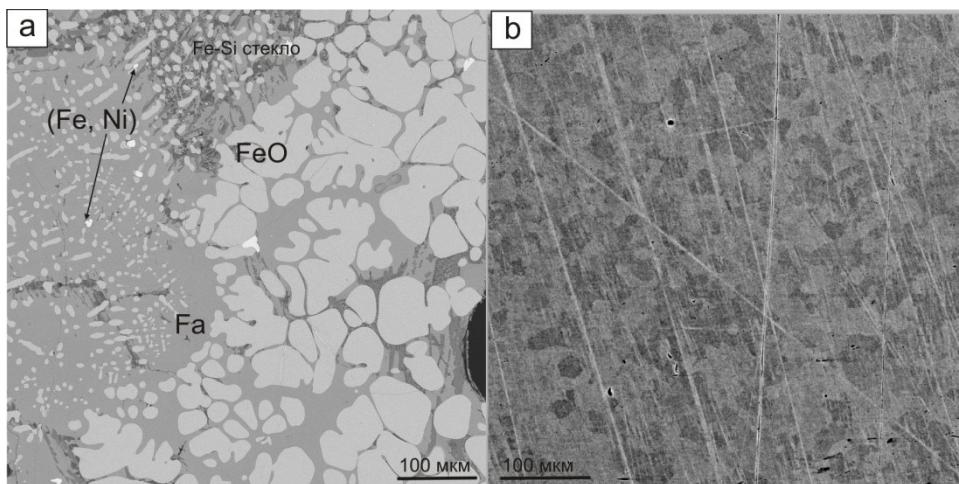


Рис. 2. Особенности минерального состава шлаков и изделий (СЭМ-фото): а – шлак (И/1), б – колючко (срез). Обозначение: FeO-вюстит; Fa-фаялит; Fe-Si стекло – железо-кремнистое стекло.

дендритовые и решетчатые структуры. Пространство между фаялитовыми зернами или часть шлака на 10–20 % сложены железо-кремнистым стеклом. Во всех шлаках стекло неоднородно по структуре. Состав основной массы соответствует (мас. %): SiO_2 30.46–30.48; FeO 45.61–46.47; CaO 16.55–18.12; MgO 1.8–1.83; Al_2O_3 0–0.33; K_2O 0–0.05; P_2O_5 1.28–2.08; Na_2O 0–0.35. (рис. 2а).

В стекле присутствуют единичные кварцевые зерна округлой формы до 0.5 мм, в одном из которых обнаружено включение округлого зерна циркона ($\text{Zr}_{0.99}\text{Hf}_{0.01}$) $\text{Si}_{0.99}\text{O}_4$. Вторым по распространенности минералом является вюстит в количестве до 30 %. Он образует скопления оплавленных выделений размером до 100 мкм или создает решетчатую и дендритовую структуру. Состав вюstitа непостоянен. В более крупных округлых выделениях установлена лишь микропримесь Mn до 0.42 мас. %. Дендритовые выделения вюstitа содержат (мас. %): FeO 93.97–95.23; MnO 0.53–0.91; MgO 0.61–0.75; Al_2O_3 0.46–0.80; SiO_2 0.29–0.36. По всему объему шлаков (до 5 %) выявлены восстановленные частицы железа размером до 20 мкм (рис. 2а). Содержание самородного железа достигает 99 мас. % с примесью Ni (0.83 %).

Для изучения состава и структурных особенностей сплава изделия был сделан поперечный срез. Металлографический анализ позволяет сделать вывод о том, что изделия цельнолитые из кричного железа или сырцово́й стали. Металл участками монолитен, однако встречены участки линейно расположенных с разной степенью пор и неметаллическими включениями (рис. 2б). Изделие состоит из чистого железа. По структуре сплава встречается феррит мелкого размера и феррито-перлит, что рассматривается как признак правильного выбранного температурного режима. Изделие медленно охлаждалось и какие-либо упрочняющие термообработки древними мастерами не проводились.

В силу немногочисленного исследованного археологического материала сложно говорить об уровне развития технологий выплавки железных руд и рудной базе на поселении Денисовский Шар. По результатам исследования шлаков можно предположить, что использовались окисные легко добываемые руды. В соответствии с ранее полученными результатами анализа отходов металлургического производства из раскопок поселения Югорская сопка и городища Кобылиха [Мурыгин, Астахова, 2022;

Астахова, Мурыгин, 2022; Murugin, Astakhova, 2023], можно говорить об аналогичных классических схемах металлургии железа, распространенных по всей территории обитания новоборских коллективов в эпоху средневековья. Температуры образования фаялитовых шлаков колеблются в пределах 1200–1400 °С. В большинстве образцов шлака хорошо оформились кристаллы оливина, что свидетельствует о медленном остывании непосредственно в печи. Благодаря добавлению флюса и высоким температурам расплав был жидкотекучим. Вероятно, выплавка продолжалась длительное время. В интервале кристаллизации фаялита и вюстита (1205–1360 °С) шлак остывал очень медленно в восстановительной атмосфере выплавки. При температурах выше 700 °С в присутствии углерода вюстит восстанавливался до железа [Кудрин, 2003]. Поскольку это только начало работ на данном памятнике, то в дальнейшем будет привлечен дополнительный материал и произведены исследования по уточнению температур по составу оливина.

Кузнечные изделия преимущественно состоят из железа. Сырьем для предметов являлись кричное железо и сырцовая сталь. Использовались наиболее простые технологические схемы – ковка из цельностальной стали без термической обработки изделия.

Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания по темам: «Особенности формирования населения севера Европейской части России в эпоху камня, раннего металла и средневековья по данным археологии» (№ гос. рег. 122040800168-4 (2022–2025 гг.)); «Развитие минерально-сырьевого комплекса Тимано-Североуральско-Баренцевоморского региона на основе эффективного прогноза, геологического моделирования, геолого-экономической оценки ресурсного потенциала и новых технологий переработки полезных ископаемых» (№ гос. рег. 0333-2022-0045 (2022–2026 гг.)).

Литература

Бирюков А.В., Завьялов В.И., Савельева Э.А. Технология кузнечного производства перми вычегодской // Российская археология. 2009. № 3. С. 42–49.

Васкул И.О. Отчет о полевых исследованиях Сысольского археологического отряда в 1988 г. Сыктывкар: НА КомиНЦ УрО РАН. Ф. 5. Оп. 2. № 405. 111 с.

Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов. М.: «Мир», ООО «АСТ», 2003. 528 с.

Мальшева Т.Я., Павлов Р.М. Влияние минералогического состава связок на прочностные свойства агломератов различной основности // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. М., 2012. № 11. С. 6–10.

Мурыгин А.М., Кленов М.В. Новые археологические исследования комплекса Новый Бор III в Печорском Заполярье / Известия Коми НЦ УрО РАН, № 3 (23). Сыктывкар, 2015. С. 119–131.

Мурыгин А.М. Керамическое производство населения Циркумпольной области Северного Приуралья эпохи железа – традиции и новации // I Междунар. конф. «Археология Арктики»: Тез. докл. Екатеринбург, 2017. С. 136–137.

Мурыгин А.А., Астахова И.С. Шлаки из раскопок археологического памятника городище Кобылиха (Ненецкий автономный округ) // Вестник геонаук. 2022. №3. С. 31–41.

Астахова И.С., Мурыгин А.М. Металлические предметы из раскопок городища Кобылиха (Ненецкий автономный округ) // Мат. IX Всерос. науч. конф. с междунар. участием им. проф. В.В. Зайкова «Геоархеология и археологическая минералогия-2022». Миасс-Челябинск: ЮУрГГПУ, 2022. С. 169–174.

Плюснин С.М. Городища Нового Бора // Тез. Межд. симпозиума «Проблемы историко-культурной среды Арктики». Сыктывкар. 1991. С. 115–116.

Плюснин С.М. Предыстория села Новый Бор // Духовная культура: история и тенденция развития: Тез. докл. Сыктывкар. 1992. Ч. 2. С. 27–29.

Ходаков Ю.В. Общая и неорганическая химия. Москва, 1959. 740 с.

Murygin A., Astakhova I. Experience of microprobe research of archaeological items from the excavations of the Yugorskaya Sopka settlement (Nenets Autonomous Area). In: Beskopylny, A., Shantsyan, M., Artiukh, V. (eds) XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022» Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 574. P. 2125–2133. Springer, Cham. 2023.

Pleiner R. Iron in archaeology: the European bloomery smelters. Praha: Archeologicky ustav AV CR. 2000. 400 p.

Plusnin S.M. Ringwalle aus Novyj Bor // Specimina Sibirica. T. V: The Arctic. Papers of an international conference. Savariae. 1992. P. 203–210.

А.Р. Смертин^{1, 2}

A.R. Smertin

¹*Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь*

²*Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь*

armertin@mail.ru

Кузнечное производство на группе средневековых памятников Телячий Брод в бассейне р. Чусовая в Пермском Предуралье

Blacksmithing at the group of medieval sites Telyachiy Brod in the basin of Chusovaya River in the Perm Cis-Urals

На группе памятников Телячий Брод родановской культуры в Пермском Предуралье в течение многолетних раскопок зафиксировано оборудование для полного цикла получения и обработки железа: углежогная яма, конусовидная металлургическая печь, каменный горн и многочисленные железные изделия. С помощью метода металлографии проанализированы разнообразные категории поковок. Полуфабрикаты изделий имели структуру кричного железа или сырцової стали. Зафиксированы непровары, образованные при формовке. Ножи ковались преимущественно в технологии варки и трёхслойного пакета, кресала – в технологии наварки. Общий уровень производства оценивается как высокий при наличии немногочисленных дефектов. В качестве сырья избирались кричное железо или сырцовая сталь. Наличие в изделиях как местных (трехслойный пакет), так и заимствованных (варка, наварка) технологических схем, свидетельствует о межкультурном обмене между соседями, в том числе в кузнечной традиции. Характер взаимодействия, вероятно, носил форму импорта изделий.

During many years of excavations, equipment for a full cycle of obtaining and processing iron was recorded at the group of sites of the Telyachiy Brod of the Rodanovskaya culture in the Perm Cis-Urals. Thanks to the excavations, objects are available for research: a coal-burning pit, a cone-shaped metallurgical furnace, a stone forge and numerous iron products. Various categories of forgings are analyzed using the metallography method. Semi-finished products had the structure of bloom iron or raw steel. Some plates were not finished when forming. Knives were forged mainly in the technology of welding and three-layer package, flints - in the technology of welding. The overall level of production is estimated as high. A few defects were recorded. Bloom iron or raw steel were chosen as raw materials. The presence of both local (three-layer package) and borrowed (welding) technological schemes in the products indicates an intercultural exchange between neighbors in the blacksmithing tradition. The nature of the interaction was probably import.