

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК903.05+903.23

Ю.Ф. Кирюшин, А.А. Тишкин, С.П. Грушин,
К.Ю. Кирюшин, В.М. Шайхутдинов

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ЕЛУНИНСКОЙ КУЛЬТУРЫ (по материалам изучения ошлакованной керамики с поселения Павловка-I)*

В статье рассматриваются фрагменты керамики, обнаруженные на поселении Павловка-I в Угловском районе Алтайского края. Специфика данной коллекции заключается в том, что на обломках глиняных сосудов фиксируется с одной стороны орнамент, а с другой – прикипевший шлак. Это дает уникальную возможность определить культурную принадлежность и датировку выявленных остатков металлургического комплекса. Для установления химического состава шлака указанные находки изучались в лаборатории кафедры археологии, этнографии и музеологии Алтайского государственного университета с помощью рентгенофлюоресцентного спектрометра ALPHA SERIES™ (модель Альфа-2000). Для этого использовалась горнорудная программа анализа, имеющая высокий предел обнаружения элементов. Орнамент на ошлакованной керамике с поселения Павловка-I позволяет связать эти артефакты с елунинской археологической культурой и датировать периодом ранней бронзы (концом III – I-й четвертью II тыс. до н.э.). Исходя из зафиксированного материала сделан вывод о том, что елунинские мастера могли использовать в качестве тиглей для выплавки металла обычную керамическую посуду. Полученные результаты позволяют продолжить изучение бронзолитейного производства, следы которого обнаружены на двух базовых поселениях: Березовая Лука и Колыванское-I.

Ключевые слова: поселение, керамика, орнамент, шлак, елунинская культура, ранняя бронза, металлургический комплекс, рентгенофлюоресцентный анализ.

DOI: 10.14258/tpai(2013)1(7).-06

В 1979 г. учителем местной школы Н.П. Нудных на песчаных выдувах у с. Павловка (Угловский район Алтайского края) были обнаружены каменные орудия и другие находки. Сборы подъемного материала осуществлялись на одной из разрушенных дюн. В том же году археологический объект осматривался сотрудником Алтайского государственного университета А.Б. Шамшиным. В начале 1980-х гг. окрестности с. Павловки обследовались экспедицией АлтГУ под руководством Ю.Ф. Кирюшина. Результатом стала фиксация нескольких археологических комплексов, которые интенсивно разрушались сильными юго-западными ветрами. На выдувах дюн были проведены сборы многочисленного подъемного материала [Кирюшин, Казаков, 1996, с. 217–218].

К настоящему времени в окрестностях рядом расположенных сел Павловка и Алексеевка зафиксированы археологические памятники (местонахождения, стоянки, поселения и могильники), датируемые от эпохи камня до средневековья [Кирюшин, Кунгурова, 1984]. Среди них своеобразным является поселение Павловка-I, которое расположено на песчаных дюнах в 1,5 км к северо-западу от одноименного села [Кирюшин, Казаков, 1996, с. 219]. Оно оказалось разрушенным. Лишь на некоторых участках имелся темный

* Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», проект «Алтай в трансграничном пространстве Северной Азии (древность, средневековье, современность)» (шифр №2012-1.1-12-000-3001-017).

культурный слой мощностью до 0,4 м. С поверхности дон собраны многочисленные фрагменты керамики, орудия из камня и бронзы, относящиеся к различным периодам истории [Кирюшин, Кунгурова, 1984, с. 26].

Каменные находки и часть керамики с поселения Павловка-I были введены в научный оборот Ю.Ф. Кирюшиным и Н.Ю. Кунгуровой [1984]. В ходе повторного обращения к археологической коллекции с поселения, которая в настоящее время хранится в Музее археологии и этнографии Алтая АлтГУ, одним из авторов данной статьи был выявлен своеобразный комплекс артефактов, связанный с металлургическим производством. В него входят несколько фрагментов ошлакованных стенок керамических сосудов и два кусочка шлака. Результатам изучения этих находок и будет посвящена публикуемая статья.

Как уже выше отмечено, поселение Павловка-I находилось в аварийном состоянии. Слагаемые памятник эоловые отложения в течение длительного времени подвергались интенсивным процессам выветривания. Историческая интерпретация перемещенных материалов может быть основана только на выделении культурно-хронологических комплексов и их всестороннем изучении. Специфика находок, рассматриваемых в статье, заключается в том, что обнаруженные части «тиглей» представляют собой орнаментированные фрагменты ошлакованной керамики (рис. 1–2). Это

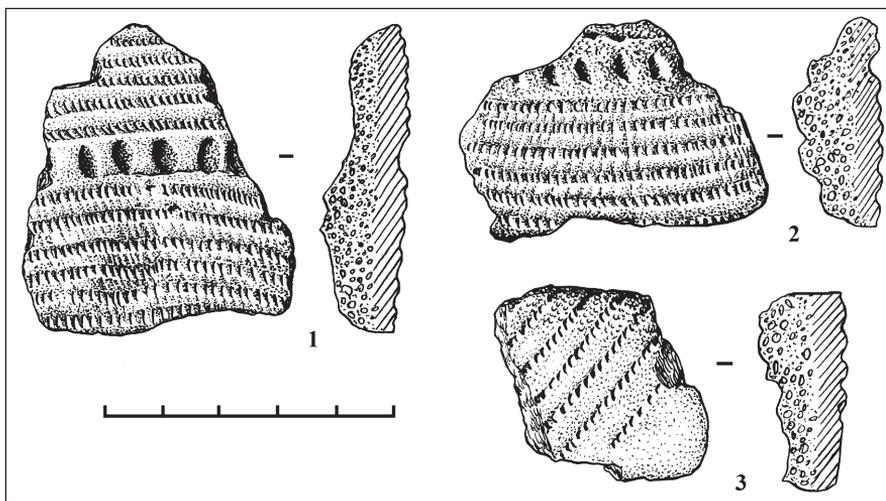


Рис. 1. Павловка-I. Орнаментированные фрагменты керамических сосудов с прикипевшим шлаком

дает возможность по технике нанесения орнамента определить культурную принадлежность и датировку коллекции, в которой присутствуют шесть таких обломков. На внутренней поверхности обломков хорошо виден слой прикипевшего ошлакованного материала мощностью 0,2–0,7 см. В некоторых случаях в нем фиксируются отдельные небольшие зеленые вкрапления металла. Внешняя сторона стенок керамики имеет яркий оранжевый цвет, местами переходящий в черный. У четырех фрагментов внешняя поверхность имеет схожий орнамент (рис. 2). Судя по технике нанесения орнамента, как минимум три из них относятся к одному сосуду. Данная керамика украшена параллельными рядами «отступающей палочки» (сочетание протаскивания и накола вы-



Рис. 2 (фото). Павловка-I. Коллекция ошлакованной керамики с орнаментом

полнено орнаментом в виде небольшой «палочки»). Характерным орнаментальным элементом на рассматриваемой керамике является наличие горизонтального пояса, состоящего из вдавлений вертикально поставленного орудия в виде небольшой плоской «лопаточки». Еще один фрагмент орнаментирован поясом из диагональных параллельных рядов отступящих отступящих рядов отступящих «отступающей палочки» или «ребенчатого штампа». Более точная диагностика техники нанесения орнамента затруднена по причине затертости орнаментированной поверхности.

Керамика, украшенная в технике «отступающей палочки», находит ближайшие аналогии в керамических комплексах елунинской культуры, зафиксированных на па-

мятниках Березовая Лука, Колыванское-I, Телеутский Взвоз-I, Чудацкая Гора и др. Эти комплексы объединяет не только техника орнаментации, но и орнаментальные мотивы в виде горизонтального пояса, выполненного вертикально поставленными отпечатками гладкой «лопаточки». Подобный орнамент, например, встречается на посуде поселения Березовая Лука [Кирюшин, Малолетко, Тишкин, 2005, рис. 96.-5–8], а также на памятнике Чудацкая Гора [Кирюшин, Тишкин, Грушин, 2000, рис. 3.-2]. Керамика, украшенная в технике «отступающей палочки», связывается с отступающе-накольчатой традицией в елунинском керамическом производстве [Грушин, 2003]. Таким образом, особенности орнамента ошлакованной керамики с поселения Павловка-I позволяют связать находки с елунинской культурой и датировать периодом в рамках ранней бронзы (концом III – 1-й четвертью II тыс. до н.э.). Исходя из зафиксированного материала можно сделать вывод о том, что елунинские мастера могли использовать в качестве тиглей для выплавки металла керамическую посуду, которая была орнаментирована таким же способом, что и ритуальная (погребальная), и бытовая.

Для выяснения состава ошлакованных поверхностей, источников рудного сырья и особенностей металлургического производства, представленные артефакты изучались на кафедре археологии, этнографии и музеологии АлтГУ с помощью рентгенофлюоресцентного спектрометра ALPHA SERIES™ (модель Альфа-2000). Для этого применялась горнорудная программа анализа, имеющая высокий предел обнаружения химических элементов.

Прежде чем приступить к рассмотрению полученных результатов по исследованным образцам, необходимо остановиться на сравнении элементного состава ошлаковки стенок тиглей и имеющихся фрагментов шлака. Обращает на себя внимание факт отсутствия в шлаке ряда химических элементов, которые представлены в ошлаковке керамики. Так, олово (Sn), свинец (Pb), цинк (Zn), вольфрам (W) и медь (Cu) зафиксированы всего в одной пробе (№11), но в очень низкой концентрации. Только титан (Ti) и марганец (Mn) встречены в шлаке в концентрации, сходной с концентрацией в ошлаковке (табл. 1). В силу такой разницы в наборе микропримесей правомерным является постановка вопроса о единокультурности шлака и ошлаковки на стенках тигля. Разительное отличие демонстрирует неоднородность кусочков шлака и ошлаковки, что обусловлено различными технологиями получения металла, а возможно, и разными источниками использованного рудного сырья. В данном случае имеет место вероятность культурно-хронологического несоответствия. Это высказывание может подтверждаться тем, что поселение Павловка-I представляет собой многослойный и нестратифицированный памятник. Помимо елунинского материала, на площади поселения были обнаружены артефакты других исторических периодов.

Спектральный анализ ошлакованных керамических поверхностей показал, что медь (Cu) концентрируется в образцах неравномерно, но в достаточно большом количестве (до 35,04%). Лишь в одном фрагменте она не была зафиксирована. Выделяются два образца (№3 и 6), где медь находится в повышенной концентрации (24,3226 и 35,04% соответственно) (табл. I). Такое значительное количество меди в шлаке указывает на большие потери металла при тигельной плавке, который пригорал к стенкам емкости и, как видно, не использовался в дальнейшем производстве. В коллекции присутствуют фрагменты, где медь концентрируется слабо: образцы №9 и 11 – 0,5651 и 0,0857% соответственно.

Таблица I

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа шлаков
с поселения Павловка-I (в процентах)

№ п/п	Образец	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Co	Ti	Mn	W
1	шлак на керамике	9,67	0,37	0	1,03	7,96	0	0,25	0,14	0
2	шлак на керамике	9,06	3,09	0,61	0,85	10,46	0	0,33	0,19	0,12
3	шлак на керамике	24,3226	15,1	0,45	0,2966	6,718	0	1,05	0,17	2,84
4	шлак на керамике	11,82	0,4	0,04	1,3	9,25	0,07	0,39	0,17	0,12
5	шлак на керамике	10,48	4,93	0,58	0,61	10,49	0	0,79	0,22	0,36
6	шлак на керамике	35,04	36,7	0,55	0,43	19,58	0	1,91	0,48	5,25
7	шлак на керамике	4,0883	4,6	0,3244	0,2448	4,9979	0	0,876	0,3027	0,3936
8	шлак на керамике	4,9055	4,4	0,4591	0,2889	2,9128	0	0,4853	0,1639	0,2467
9	шлак на керамике	0,5651	0	0,0183	0,0329	5,6032	0	0,7246	0,0832	0
10	фрагмент шлака	0	0	0	0	1,6204	0	0,23	0,0624	0
11	фрагмент шлака	0,0857	0	0	0	8,9489	0	0,1933	0,2714	0

Свинец (Pb) зафиксирован в восьми образцах (табл. I). Малая его доля (от 0,0183 до 0,61%) указывает на то, что данный элемент попал в шлак из руды, в которой он присутствовал в качестве естественной примеси. Наличие свинца характерно для рудно-алтайских полиметаллических залежей. Другим «спутником» меди в медно-свинцово-цинковых месторождениях Рудного Алтая является цинк. Его концентрация в исследованных образцах колеблется от 0,0329 до 1,3%. В двух фрагментах шлака (№10 и 11) цинк зафиксирован не был. Отмеченное небольшое количество рассматриваемого элемента также указывает на естественную примесь в месторождении, из которого бралась руда. В научной литературе уже сложилось представление о рудных источниках елуинской металлургии – это медно-свинцово-цинковые месторождения Рудного Алтая [Кирюшин, Малолетко, Тишкин, 2005, с. 121–123; Грушин, Папин, Позднякова и др., 2009, с. 47–48]. По наличию в ошлаковке примесей свинца и цинка можно локализовать группу использовавшихся месторождений в рамках Змеиногорской зоны – Стрижковское, Лазурское, Гольцовское и др. [Чекалин, 1999]. Относительно цинка необходимо отметить, что он характерен для сульфидных, неокисленных руд. При окислении цинк растворяется в образующемся соляном растворе и перетекает в более глубокие горизонты залегания [Росляков, 1970, с. 153]. Поэтому логично будет предположить, что металлургами елуинской культуры применялись и сульфидные руды. Но, вероятнее всего, следует указывать на использование и окисленных, и сульфидных (в меньшем количестве) руд.

В образцах шлака в достаточно большом количестве встречено железо. Оно концентрируется в пределах от 1,6204 до 19,58% (табл. I). Столь представительная концентрация данного элемента может указывать на окислительную атмосферу плавки. Существенное количество железа могло изначально присутствовать в руде.

Продолжая анализ рентгенофлуоресцентных определений шлака с поселения Павловка-I, необходимо указать на группу стабильно встречающихся элементов с довольно малой концентрацией. Они, согласно геологической литературе, являются постоянными спутниками первичных и окисленных руд западноалтайских месторож-

дений и присутствуют как в виде отдельных минералов, так и в виде вкраплений в рудные минералы [Росляков, 1970, с. 179–189]. Относительно малая концентрация в ошлаковке таких элементов, как титан (Ti), марганец (Mn) и вольфрам (W), может указывать на особенности использовавшихся месторождений. Данные элементы концентрируются в следующих интервалах. Титан стабильно встречается во всех образцах в интервале от 0,1933 до 1,91%. Невысокая концентрация данного элемента подтверждает, что в шлак он попал из руды. Марганец стабилен так же, как и титан. Он концентрируется во всех образцах шлака от 0,0624 до 0,48%. Такая низкая и стабильная концентрация подтверждает рудное (естественное) происхождение данного элемента в шлаке (табл. I). Вольфрам зафиксирован в пяти образцах (№2–6) в концентрации 0,12–5,25%. Имеющийся диссонанс в концентрациях элементов обусловлен, видимо, характером рудного сырья. Менее устойчивый кобальт (Co) обнаружен лишь в одном образце (№4) с показателем 0,07% (табл. I).

Важно отметить, что в 8 из 11 проанализированных образцов присутствует олово (Sn), концентрация которого колеблется в пределах 0,37–36,7% (табл. II). Повышенное его содержание фиксируется в образцах №3 (15,1%) и №6 (36,7%), менее высокое – в образцах №2 (3,09%) и №5 (4,93%), №7 (4,6%) и №8 (4,8%). В оставшихся образцах концентрация отражена в сотых долях одного процента (табл. I). Отмеченное количество олова может указывать на архаичный способ легирования меди, описанный С.С. Черниковым [1960, с. 129–130]. Суть его состоит в совместной плавке меди и олова, что снижало потери олова и оптимизировало сам процесс. В таком случае олово должно было обеспечивать более низкую температуру плавления медной руды [Черников, 1960, с. 129–130]. Но некоторые исследователи отвергают идею о таком способе плавки [Ситников, 2006, с. 153–154], указывая на несовместимую разницу в температурах плавления меди (1300 С°) и олова (231 С°).

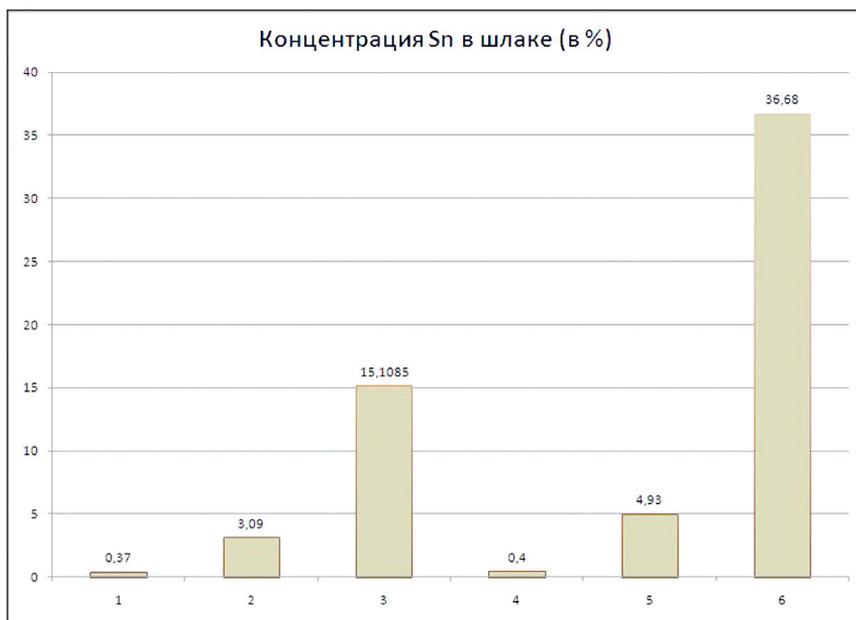


Таблица II. Концентрация олова в шлаке

На сегодняшний день уже имеется опыт спектрального анализа руды и шлаков елунинской культуры, полученный при изучении части материалов с поселения Березовая Лука [Кирюшин, Малолетко, Тишкин, 2005, с. 120–124, табл. 11–12; Кирюшин, Тишкин, Грушин, 2009; Григорьев, 2011, табл. 5]. В большинстве имеющихся заключений олово фиксируется на уровне предела обнаружения данного элемента или оно вообще отсутствует. Елунинскую культурную принадлежность представленной коллекции из поселения Павловка-I определяет орнамент стенок тигля. Из сравнительного анализа следует, что различия в технологии плавки металлургов Березовой Луки и Павловки-I могут объясняться не культурной спецификой, а различными региональными моделями легирования меди для получения бронзы. Возможно, в одном варианте медная руда и касситерит (оловянная руда) плавилась совместно, а в другом – сначала плавилась медная руда, формировался металл, а уже затем, при плавке готового металла, в него добавлялось олово. При этом олово в этой схеме плавилось также отдельно. Это обстоятельство подтверждает ранее высказанный тезис [Дегтярева, Грушин, Шайхутдинов, 2010, с. 33–34] о том, что елунинская металлургия находилась на стадии эксперимента, так как мастера искали оптимальные условия плавки металла. Также необходимо учитывать и то обстоятельство, что сравнению подлежали данные спектрального анализа, полученные разными методами и по различным материалам: поселение Березовая Лука – кусочки шлака, поселение Павловка-I – ошлакованная внутренняя поверхность стенок керамических емкостей, в которых производилась плавка. Такой аспект также мог стать причиной получения отличающихся показателей.

Продолжая сравнивать имеющиеся наборы химических элементов, отметим, что наличие микропримесей (марганец, вольфрам, титан) в проанализированных шлаках с Павловки-I и с Березовой Луки практически не различается [Грушин и др., 2009, с. 49–55, табл. III], что может указывать на одинаковые источники рудного сырья и близкую систему плавки.

Подводя итоги проведенных исследований, необходимо обозначить следующие результаты. Анализ орнамента на внешней поверхности найденных фрагментов керамики по технике исполнения позволяет связать металлургический комплекс с поселения Павловка-I с елунинской культурой лесостепного Обь-Иртышья и датировать его периодом ранней бронзы (конец III – 1-я четверть II тыс. до н.э.). В ходе рентгенофлюоресцентного анализа ошлакованных поверхностей на обнаруженной керамике удалось наметить две возможные модели получения оловянной бронзы, используемые елунинскими металлургами: совместную плавку меди и олова, а также легирование оловом расплава уже готовой меди. Данное заключение до сих пор остается дискуссионным в научных кругах. Его решение видится в дальнейшем сравнении спектроаналитических определений руды, шлака и металла, происходящих из разных памятников елунинской культуры. Важно также расширение базы естественно-научных методов, применяемых при исследовании шлака (металлографической, химической, минералогической и др.). Это позволит установить минералы, входящие в шлак, определить температуру плавления шлака, атмосферу плавки в металлургической печи или тигле. На основании зафиксированных в ошлаковке элементов-спутников, перешедших из рудного сырья, в качестве рудных источников выделяются традиционные для использования населением елунинской культуры полиметаллические (медно-свинцово-цинковые) месторождения Рудного Алтая (Змеиногорская зона), о которых уже не-

однократно отмечалось в научной литературе [Кирюшин, Малолетко, Тишкин, 2005, с. 122, 124; Грушин, Папин, Позднякова и др., 2009, с. 47–48]. Высказанный тезис об использовании елуническими металлургами сульфидных и окисленных руд на этом этапе исследования является рабочей гипотезой, требующей дальнейшего подтверждения при специальном геохимическом исследовании руды, найденной при раскопках памятников елунинской культуры.

К настоящему времени собрана достаточно представительная база данных, в которой отражены результаты спектрального анализа руды, металла и шлаков, обнаруженных на памятниках елунинской культуры (Березовая Лука, Телеутский Взвоз-I, Кольванское-I, Павловка-I, Елунинский грунтовый могильник, Цыганкова Сопка-II). Часть полученных результатов опубликована [Кирюшин, Малолетко, Тишкин, 2005, с. 120–130; Шайхутдинов, 2008, с. 117–118; Грушин, Папин, Позднякова и др., 2009, с. 49–56; Григорьев, 2011]. Работа в выбранном направлении продолжается. К моменту написания статьи коллекция шлаков с памятников елунинской культуры составляла 176 экз. Спектральный анализ проведен по 91 образцу. Имеющаяся база данных позволяет сравнивать вновь получаемые результаты анализов с предыдущими. Это очень важно при выявлении региональных особенностей елунинской металлургии.

В заключение необходимо отдельно отметить, что часть шлаков, обнаруженных при раскопках поселения Березовая Лука, была детально исследована С.А. Григорьевым [2011], который провел их комплексное изучение с применением химического, спектрального и минералогического анализов. Подход, реализованный С.А. Григорьевым, позволил подробно рассматривать процессы, происходившие в древней металлургической печи. Кроме этого, получены и другие сведения, которые можно рассматривать в качестве основы при реконструкции технологии плавки руды елунискими мастерами.

Библиографический список

Григорьев С.А. Шлаки с поселения Березовая Лука и проблемы металлургии елунинской культуры // Кирюшин Ю.Ф., Грушин С.П., Тишкин А.А. Березовая Лука – поселение эпохи бронзы в Алейской степи. Барнаул: Изд-во Алт ун-та, 2011. Т. 2. С. 149–169.

Грушин С.П., Папин Д.В., Позднякова О.А., Тюрина Е.А., Федорук А.С., Хаврин С.В. Алтай в системе металлургических провинций энеолита бронзового века. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. 160 с.

Дегтярева А.Д., Грушин С.П., Шайхутдинов В.М. Металлообработка населения елунинской культуры Верхней Оби (предварительные результаты металлографического исследования) // Вестник археологии, антропологии, этнографии. 2010. Вып. 13. С. 27–35.

Грушин С.П. Керамический комплекс поселения Березовая Лука как исторический источник по изучению орнаментальных традиций елунинской культуры // Источники по истории Западной Сибири. Сургут: Изд-во СурГПУ, 2003. Ч. 1. С. 54–60.

Кирюшин Ю.Ф., Казаков А.А. Угловский район. Памятники археологии // Памятники истории и культуры юго-западных районов Алтайского края. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1996. С. 215–224.

Кирюшин Ю.Ф., Кунгурова Н.Ю. О результатах изучения каменной индустрии поселения Павловка-I // Археология и этнография Южной Сибири. Барнаул, 1984. С. 25–40.

Кирюшин Ю.Ф., Малолетко А.М., Тишкин А.А. Березовая Лука – поселение эпохи бронзы в Алейской степи. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. Т. 1. 288 с.

Кирюшин Ю.Ф., Тишкин А.А., Грушин С.П. Памятники эпохи энеолита, ранней и развитой бронзы на территории Павловского района // Павловский район. История и культура. Барнаул; Павловск: Б.и., 2000. С. 23–35.

Кирюшин Ю.Ф., Тишкин А.А., Грушин С.П. Предварительные результаты рентгенофлюоресцентного анализа находок руды с памятника Березовая Лука // География – теория и практика: современные проблемы и перспективы. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. С. 108–110.

Росляков Н.А. Зоны окислений сульфидных месторождений Западного Алтая. Новосибирск: Наука, 1970. 254 с.

Ситников С.М. К вопросу о горном деле и металлургическом производстве саргаринско-алексеевского населения Алтая // Алтай в системе металлургических провинций бронзового века. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. С. 150–157.

Чекалин В.М. Роль Змеиногорского месторождения золото-серебро-барито-полиметаллических руд в истории основания и развития города Змеиногорска // Серебряный венец России: очерки истории Змеиногорска). Барнаул: Б.и., 1999. С. 6–16.

Черников С.С. Восточный Казахстан в эпоху бронзы. М.; Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. 285 с. (Материалы и исследования по археологии СССР, №88).

Шайхутдинов В.М. Металлопроизводство населения елунинской культуры Верхней Оби // Этнокультурная история Евразии: современные исследования и опыт реконструкций. Барнаул: Азбука, 2008. С. 117–118.

Yu.F. Kiryushin, A.A. Tishkin, S.P. Grushin, K.Yu. Kiryushin, V.M. Shaikhutdinov
CHARACTERISTICS OF METALLURGICAL
PRODUCTION OF ELUNIN CULTURE
(based on the study of slag pottery from the settlement of Pavlivka-I)

This article deals with fragments of pottery found at the Pavlivka-I Uglovsky settlement area in the Altai Territory. The specifics of this collection are that broken earthenware pottery has been discovered where ornamentation is fixed on one side, while on the other side slag has become attached. This provides a unique possibility to determine cultural identity and date the identified residues of the metallurgical complex. To establish the chemical composition of the slag these findings were studied in the laboratory of the department of archeology, ethnography and museology of Altai State University using an X-ray fluorescence spectrometer ALPHA SERIES™ (Alpha model 2000). For this, a mining analysis program with a high limit of detection elements was used. The ornamentation on pottery with attached slag, from the settlement Pavlivka-I, allows association of these artifacts with the Elunin archaeological culture and the early Bronze Age date (end 3rd to 1st quarter of the second millennium BC).

Based on the recorded material, the conclusion is that, the Elunin masters used ordinary pottery as crucibles for smelting. The results obtained allow us to continue to study the production of bronze, traces of which were found in two basic settlements: Berezovaya Luka and Kolyvan-I.

Keywords: settlement, pottery, ornament, slag, the Elunin culture, early bronze smelting complex, X-ray fluorescence analysis.