

УДК 902"637

DOI: 10.17223/19988613/49/5

А.А. Тишкин, А.А. Редников, Л. Чжан, Т. Шуй

РЕНТГЕНОФЛЮОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАХОДОК, ШЛАКА И РУДЫ С ПОСЕЛЕНИЯ ЭПОХИ БРОНЗЫ СОВЕТСКИЙ ПУТЬ-1 В ПРЕДГОРЬЯХ АЛТАЯ

Исследование частично выполнено в рамках гранта Правительства РФ (Постановление № 220), полученного ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», договор №14.Z50.31.0010, проект «Древнейшее заселение Сибири: формирование и динамика культур на территории Северной Азии», а также за счет финансирования проекта Нанкинским университетом (Китай).

В 2016 г. участники совместной российско-китайской археологической экспедиции в предгорьях Алтая продолжили раскопки известного поселения эпохи бронзы Советский Путь-1. В ходе полевых работ обнаружены многочисленные свидетельства бронзолитейного производства (руда, шлаки, сплески и др.) и металлические предметы. Представлены результаты рентгенофлюоресцентного анализа находок, которые в совокупности с другими материалами демонстрируют перспективность дальнейших исследований на памятнике.

Ключевые слова: эпоха бронзы; руда; шлак; металл; рентгенофлюоресцентный анализ.

В последние десятилетия комплексное изучение материалов, полученных в ходе раскопок археологических объектов, создает обширное информационное поле для объективных культурно-исторических реконструкций. Данный подход с применением различных современных естественнонаучных методов позволяет обратиться к уже известным памятникам, имеющим важные особенности. Для эпохи бронзы предгорно-степной зоны Алтая одним из них является поселение Советский Путь-1, где обнаружены многочисленные свидетельства бронзолитейного производства. Необходимость продолжения его исследований обусловлена возможностями реализации междисциплинарной программы, а также налаженным международным сотрудничеством.

Поселение Советский Путь-1 зафиксировано П.И. Шульгой и С.М. Ситниковым в 1994 г. в ходе археологического обследования Локтевского района Алтайского края [1. С. 60; 2. С. 71]. Оно находится на левом берегу Алея, в его верхнем течении), на краю сохранившегося участка второй надпойменной террасы, в 0,7 км к северо-востоку от одноименного села, к северу от бывшего совхозного сада и неподалеку от устья р. Золотушки [2. С. 71]. В 1995–1999 гг. С.М. Ситников проводил раскопки памятника, материалы которого в основном относятся к развитой и поздней бронзе. Результаты полевых работ и интерпретаций последовательно вводились в научный оборот [1–5 и др.] и обобщены в монографии, где особое значение имеет раздел «Горное дело и металлургическое производство», а также «Приложения» с иллюстрациями находок, в том числе металлических [6. С. 95–104. Рис. 42–69].

В 2016 г. раскопки важного археологического комплекса с остатками бронзолитейного производства, официально обозначенного как «Советский Путь-1, поселение и могильник», были возобновлены совместной экспедицией, организованной сотрудниками Ал-

тайского государственного университета (Барнаул, Россия) и Нанкинского университета (Нанкин, Китай). Основной задачей стало исследование предполагаемой центральной части территории памятника. Раскоп площадью 128 кв. м прилегал к северному краю участка, ранее вскрытого под руководством С.М. Ситникова. Удалось исследовать только верхние горизонты и часть котлована жилища. Кроме этого, изучен зольник, который, видимо, был сверху врезан в жилище. Материалы представлены большим количеством костей животных, фрагментами керамических сосудов, камнями, кусками шлака и руды, обломками глиняных «кирпичиков», а также медными, бронзовыми и другими изделиями. Всего зафиксировано 6 187 находок. Керамический материал насчитывает 315 фрагментов венчиков (197 из них орнаментированы), 540 обломков орнаментированных тулов, представлены также придонные части и днища. Обнаружены костяные изделия и орудия труда, заготовки из рога. Каменные артефакты – абразивы, ложила, часть наковаленки, каменная «фишка» и, возможно, фрагмент литейной формы. Получена небольшая, но весьма показательная коллекция металлических предметов: фрагменты изделий, шилья, слитки, различные сплески и др. (рис. 1). Именно результатам их изучения посвящена данная статья.

Главная цель исследований состояла в проведении рентгенофлюоресцентного анализа находок для дальнейшей объективной реконструкции одной из специализированных сфер деятельности населения предгорий Алтая в периоды развитой и поздней бронзы. Такой подход реализовывался впервые. Для этого использовался портативный спектрометр ALPHA SERIES™ (модель Альфа-2000, производство США) в комплекте с КПК (карманным переносным компьютером) и испытательным стендом. Данный приборный комплекс предназначен для количественного неразрушающего определения содержания химических элементов мето-

дом рентгенофлюоресцентной спектрометрии в образцах из цветных металлов и сплавов, а также для контроля химического состава руд и шлаков, жидких и порошковых образцов. Он позволяет проводить тестирование археологических находок с помощью двух компьютерных программ («Аналитическая» и «Горнорудная»). Первая программа обеспечила возможность получения количественных показателей о химическом составе 19 публикуемых в статье предметов из поселения Советский Путь-1. Вторая использовалась для выборочного изучения находок руды и шлака из того же памятника. Получена серия данных, необходимых для дальнейших емких интерпретаций.

Сначала изучался самый крупный металлический предмет (рис. 1, 1), обнаруженный в квадрате № 30 (слой 5). Это, видимо, отломанная часть серпа-косы, из которой позднее сделали нож (?) или другое приспособление в качестве орудия труда. Подобный предмет (серб-коса) ранее обнаружен в Кулунде, опубликован совсем недавно и датирован периодом поздней бронзы [7. С. 179–181. Рис. 3–4]. Отметим, что аналогичное изделие находится в экспозиции одного из музеев Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая (в городе Инине).

На начальном этапе тестировалась поверхность находки, покрытая окислами. Прибором зафиксирован набор показателей, отражающих существенное загрязнение предмета. Затем получена серия данных при изучении участка, на котором механическим путем удалялись окислы (данная процедура необходима для получения достоверных результатов, она обязательно применяется и при реставрации металлических предметов). Исследовались разные места. Получен набор схожих результатов: 1) Cu (медь) – 98,01%, Zn (цинк) – 1,26%, Fe (железо) – 0,55%, Pb (свинец) – 0,18%; 2) Cu – 98,04%, Zn – 1,24%, Fe – 0,54%, Pb – 0,18%; 3) Cu – 97,96%, Zn – 1,29%, Fe – 0,55%, Pb – 0,2%; 4) Cu – 97,84%, Zn – 1,35%, Fe – 0,55%, Pb – 0,26%. Данные указывают на сплав, основу которого составляет медь (Cu). Наличие существенного присутствия цинка, а также железа и свинца может свидетельствовать о переплавке местной полиметаллической руды. Представленный состав сравнивался с данными тестирования таким же прибором аналогичного изделия из Кулунды, хранящегося в музее с. Волчиха Алтайского края [7. С. 75]. Общим для обоих изделий является: медная основа, наличие цинка, железа, свинца в качестве примесей. Основное отличие заключается в присутствии совсем незначительного (символического) количества олова (Sn) в музейном экспонате, что в какой-то мере характерно для многих находок периода поздней бронзы из южной части Обь-Иртышского междуречья.

Фрагмент металлического изделия (рис. 1, 2) из квадрата № 17 (слой 4) пока не поддается функциональному определению. Исследование участка со снятыми окислами в двух разных местах дало следующие результаты: 1) Cu – 99,9%, Pb – 0,1%; 2) Cu – 99,84%,

Pb – 0,16%. Они свидетельствуют о том, что предмет медный.

Следующая изученная находка (рис. 1, 3), зафиксированная в квадрате № 20 (слой 2), также оказалась медной. Участок с удаленными окислами тестировался дважды в разных местах. Прибором зафиксированы такие показатели: 1) Cu – 99,72%, Fe – 0,28%; 2) Cu – 99,51%, Fe – 0,28%, Zn – 0,21%.

Анализ небольшого согнутого шила (рис. 1, 4) из квадрата № 29 (слой 4) показал бронзовый сплав. Исследования осуществлялись на двух разных участках, освобожденных от поверхностных окислов (один из них на изгибе). Отмечены схожие поэлементные ряды: 1) Cu – 97,46%, Sn – 2,16%, Pb – 0,38%; 2) Cu – 96,84%, Sn – 2,63%, Pb – 0,54%; 3) Cu – 97,13%, Sn – 2,4%, Pb – 0,47%.

В отличие от предыдущего изделия более длинное шило из квадрата № 5 (слой 5), сильно окисленное (рис. 1, 5), оказалось медным, что показывают результаты тестирования: 1) Cu – 99,74%, Fe – 0,26%; 2) Cu – 100%.

Фрагмент изделия неясного назначения (рис. 1, 6) из квадрата № 15 (слой 4) тоже является медным: 1) Cu – 99,81%, Fe – 0,19%; 2) Cu – 99,88%, Fe – 0,12%.

При изучении следующей находки возникли определенные трудности. На найденной в квадрате № 11 (слой 4) изогнутой «проволоке» (рис. 1, 7) до конца произвести нужное снятие окислов оказалось сложно. Поэтому демонстрируемые результаты, полученные в двух разных местах, отражают и местами попавший фон загрязнения: 1) Cu – 99%, Sn – 0,35%, Pb – 0,34%, Fe – 0,31%; 2) Cu – 99,38%, Sn – 0,4%, Fe – 0,12%, Pb – 0,1%. Однако данный набор элементов вполне соответствует уже отмеченной особенности для металлических изделий периода поздней бронзы, которые происходят из памятников рассматриваемой территории.

Обойма из квадрата № 29 (слой 5) (рис. 1, 8) имеет состав, схожий с предыдущим: Cu – 99,46%; Fe – 0,34%; Sn – 0,2%.

Фрагмент не вполне понятного изделия (рис. 1, 9) зафиксирован в квадрате № 2 (слой 4). Благодаря наличию слома удалось получить адекватный результат, указывающий на бронзовый сплав: Cu – 94,39%; Sn – 5,61%.

Предмет, условно обозначенный как пробойник, или фрагмент чекана (рис. 1, 10), из квадрата № 6 (слой 5) сильно покрыт окислами. Исследовался участок, освобожденный от них. В разных местах получены следующие результаты: 1) Cu – 85,35%, Sn – 14,1%, Fe – 0,43%, Pb – 0,12%; 2) Cu – 85,45%, Sn – 14,02%, Fe – 0,41%, Pb – 0,12%. Данные указывают на бронзовый сплав с существенным содержанием олова, что отличает исследованный предмет от всех предыдущих. Для сравнения приведем показатели, полученные при тестировании загрязненной и окисленной поверхности находки: Cu – 73,86%; Sn – 22,9%; Fe – 2,86%; Ti (титан ?) – 0,27%; Pb – 0,11%. Наблюдается существенная

разница в демонстрируемых показателях. Такая ситуация определяет необходимость аккуратного удаления

слоя окислов, образовавшихся в течение длительного пребывания в культурном слое поселения.

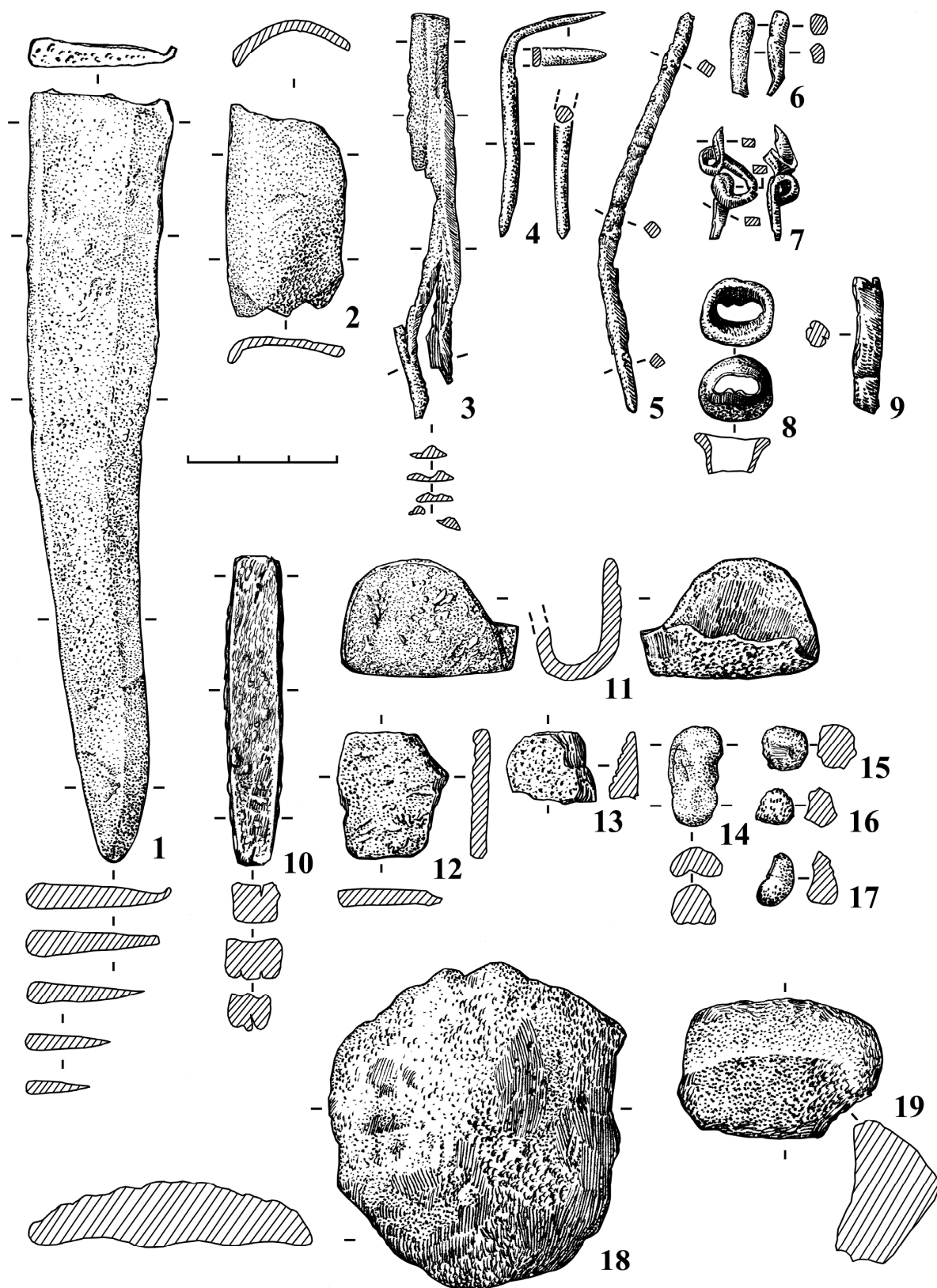


Рис. 1. Находки с поселения эпохи бронзы Советский Путь-1:
1 – часть серпа-косы; 2–3, 6–7, 9, 11–13, 16 – фрагменты изделий неясного назначения; 4, 5 – шилья; 8 – обойма; 10 – пробойник;
14–15, 17 – сплески; 18–19 – слитки

Изогнутый фрагмент от какого-то изделия (рис. 1, 11) из квадрата № 28 (слой 6) также имеет окислы, которые необходимо было удалить для определения состава металла. На зачищенном участке в двух разных местах зафиксированы схожие показатели: 1) Cu – 99,9%, Fe – 0,1%; 2) Cu – 99,85%, Fe – 0,15%. Они указывают на то, что находка медная. Присутствие железа отражает наличие рудной примеси либо остатки загрязнения окисленной поверхности.

Изучение плоского металлического предмета (рис. 1, 12) из квадрата № 20 (слой 6) продемонстрировало следующий сплав на медной основе: Cu – 98,37%, Pb – 0,95%, Sn – 0,68%.

Обломок металлического предмета (рис. 1, 13) из квадрата № 8 (слой 3) оказался бронзовым. Об этом свидетельствуют данные анализа участка, где также были удалены окислы: 1) Cu – 87,68%; Sn – 12,13%; Pb – 0,19%; 2) Cu – 87,82%; Sn – 11,98%; Pb – 0,2%.

Аморфный по форме кусочек металла (рис. 1, 14) из квадрата № 31 (слой 6), скорее всего, является выплеском при разливе горячего сплава. После снятия окислов получены следующие результаты в двух разных местах: 1) Cu – 99,65%, Sn – 0,31%, Pb – 0,04%; 2) Cu – 99,5%, Sn – 0,45%, Pb – 0,05%.

Еще один сплеск с округлыми очертаниями (рис. 1, 15) обнаружен в квадрате № 22 (слой 6). Удалить полностью окислы и загрязнения не удалось, что демонстрируют показатели с завышенным содержанием свинца и железа: 1) Cu – 98,45%, Pb – 1,1%, Fe – 0,45%; 2) Cu – 98%, Pb – 1,57%, Fe – 0,43%. При этом представленный набор элементов вполне характерен для переработки местной медно-свинцовой руды.

Предмет (рис. 1, 16) из квадрата № 7 (слой 5) сильно покрыт окислами. Из-за малых размеров их удаление не осуществлялось, что не давало возможности визуально убедиться в том, что это металл. Не исключено, что найден фрагмент руды или шлака. Поэлементный ряд (Cu – 86,57%, Zn – 10,21%, Fe – 2,41%, Pb – 0,81%) свидетельствует, на наш взгляд, о переплавке полиметаллической руды с существенным содержанием цинка.

Каплевидный сплеск (рис. 1, 17) из квадрата № 31 (слой 5) удалось с одной стороны освободить от окислов. Тестирование в двух разных местах обозначило идентичные результаты: 1) Cu – 99,68%, Pb – 0,27%, Fe – 0,05%; 2) Cu – 99,66%, Pb – 0,29%, Fe – 0,05%. Они демонстрируют неоднократно отмеченный набор элементов, основу которого составляет медь.

Схожие показатели дало изучение сплеска в виде крошки из квадрата № 5 (слой 3): Cu – 99,02%, Fe – 0,52%, Pb – 0,46%; 2) Cu – 98,68%, Pb – 0,69%, Fe – 0,63%. Они также указывают на переработку местной руды.

Наиболее важными находками являются два слитка. Один из них в виде лепешки (рис. 1, 18), размерами 6,7×5,7×1 см, происходит из квадрата № 31 (слой 5). С хорошо зачищенного участка получен такой результат: Cu – 80,96%; Sn – 16,55%; Pb – 2,49%. В другом

месте зафиксированы следующие показатели: Cu – 77,59%; Sn – 19,64%; Pb – 2,41%; Fe – 0,36%. Эти данные демонстрируют качественный бронзовый сплав.

Малый слиток (рис. 1, 19) из квадрата № 28 (слой 3) тоже оказался бронзовым: 1) Cu – 92,39%; Sn – 5,88%; Pb – 1,73%; 2) Cu – 90,55%; Sn – 6,61%; Pb – 2,84%. Но в нем существенно меньше олова.

Другая группа источников представляет собой куски руды и шлака. Как было отмечено, они изучались с использованием программы «Горнорудная», для которой были выставлены другие (большие) временные параметры для тестирования (от 90 до 120 с).

Крупный кусок шлака происходит из квадрата № 8 (слой 2). В имеющемся сколе видны вкрапления руды. Находка анализировалась трижды в разных местах:

1) гладкая сторона: LE (LE – легкие элементы, используемым прибором, поэлементно не определяются) – >35,5%, Fe – 51,8835%, Pb – 6,3985%, Cu – 4,2011%, Zn – 1,2713%, Mn (марганец) – 0,2525%, Ti (титан) – 0,4148%, Mo (молибден) – 0,0443%, Zr (цирконий) – 0,0217%;

2) скол с фрагментом руды: Cu – 48,5307%; LE – >24,2%; Fe – 20,5723%; Pb – 4,2940%; Zn – 1,9131%; Ti – 0,2090%; Mn – 0,1385%; Mo – 0,0094%.

3) сторона, обратная гладкой: LE – >43,4%; Fe – 33,8456%; Cu – 13,374%; Pb – 6,5680%; Zn – 1,888%; Ti – 0,3598%; Mn – 0,2505%; Co (кобальт) – 0,1756%; Mo – 0,0309%; Zr – 0,0228%.

Второй фрагмент шлака, найденный рядом с предыдущим, оказался меньшим по размерам. Он исследовался прибором один раз: LE – >56,2%; Cu – 16,7019%; Fe – 13,6874%; Pb – 12,3021%; Zn – 0,5066%; Ti – 0,3550%; Co – 0,1003%; Mn – 0,0863%; Zr – 0,022%; Mo – 0,0133%.

Кусок шлака, самый крупный из привлеченной серии, из квадрата № 3 (слой 3) также имеет вкрапления нерасплавившейся руды. Тестировалось именно это место. Прибором обозначен набор элементов с существенным содержанием меди и железа: LE – >71,2%; Cu – 18,2561%; Fe – 8,3184%; Hf (гафний) – 0,7875%; Pb – 0,7241%; Ti – 0,411%; Zr – 0,087%; Mn – 0,0577%.

Из того же места происходит кусок шлака поменьше. В нем при явном преобладании железа отмечены медь, свинец и цинк: LE – >50,7%; Fe – 30,8151%; Cu – 10,3291%; Pb – 5,9781%; Zn – 1,2766%; Ti – 0,2646%; Hf – 0,2533%; Co – 0,1344%; Mn – 0,1322%; Mo – 0,0293%; Zr – 0,0160%.

Исследовался предполагаемый кусочек шлака, похожий на камень. Полученные результаты не продемонстрировали каких-либо элементов, указывающих на присутствие в нем цветных металлов в заметном количестве. Явный кусочек шлака в виде запекшейся пены также тестировался прибором, который зафиксировал следующий состав: LE – >62,9%; Fe – 32,6793%; Pb – 1,6834%; Zn – 1,5106%; Ti – 0,4548%; Cu – 0,4231%; Co – 0,2189%; Mn – 0,0823%; Mo – 0,0287%; Zr – 0,0173%.

Самый маленький кусочек шлака, как и три предыдущие находки, происходит из квадрата № 3 (слой 3). Результаты его анализа: LE – >58,4%; Fe – 26,0207%; Cu – 11,4156%; Pb – 2,4766%; Ti – 0,6241%; Hf – 0,3696%; Zn – 0,2597%; Mn – 0,1331%; Mo – 0,0295%; Zr – 0,0288%.

Не до конца расплавленный металл из квадрата № 31 (слой 5) исследовался с помощью программы «Аналитическая». Результаты тестирования в центре основания (без снятия окислов) демонстрируют характерные показатели, среди которых важно отметить существенное присутствие олова: Cu – 53,81%; Sn – 35,95%; Pb – 0,99%; Ti – 0,78%; Fe – 8,42%; Zr – 0,05%. Тестирование находки в другом месте дало следующие результаты: Cu – 70,52%; Sn – 18,66%; Fe – 7,13%; Pb – 2,99%; Ti – 0,6%; Mn – 0,07%; Zr – 0,03%. Данные свидетельствуют о том, что плавка осуществлялась для получения бронзы.

В ходе аналитических работ получена серия данных, позволяющая наметить возможности реконструкции процесса металлургического производства. Исходное сырье добывалось на ближайших месторождениях в так называемой змеиногорской рудной зоне северо-западных предгорий Алтая [8], не исключено, что в непосредственной близости от исследуемого памятника. Об этом свидетельствует зафиксированный набор характерных элементов в руде, шлаке и изделиях. Остальная деятельность осуществлялась прямо на поселении. Найденные бронзовые заготовки («лепешка», слиток) предназначались для плавки и разлива в формы готового по рецептуре металла и могли использоваться в качестве обменного продукта. Из меди, полученной из местной руды, делали различные предметы, обломки которых найдены на исследуемом археологическом памятнике.

В заключение необходимо отметить, что изучение 10 металлических находок, а также одного фрагмента шлака и четырех кусочков руды с поселения Советский Путь-1 ранее уже предпринималось. В лаборатории минералогии и геохимии Томского государственного университета были получены результаты полуколичественного анализа (аналитик Е.Д. Агапова), которые полностью опубликованы [4. С. 157]. Кроме этого, спектральный анализ шлака осуществлялся в Лаборатории спектроскопии твердого тела Кемеровского го-

сударственного университета. Судя по этим данным, кроме меди зафиксированы свинец, железо и сурьма, а олово отсутствовало [Там же. С. 153]. В той же лаборатории исследовались кусочки руды, идентифицированные профессором Алтайского государственного университета Б.Н. Лугзиным [Там же. С. 152]. По мнению С.М. Ситникова [Там же. С. 152], опиравшегося на полученные материалы, бронзолитейная технология была близка к казахстанской.

К сожалению, на поселении пока не обнаружены остатки плавильных печей. Для выявления этих производственных и других сооружений на всей территории памятника планируется проведение геофизических изысканий, которые не только обеспечат понимание планиграфии комплекса, но и обозначат перспективные места исследований.

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа новых находок существенно дополняют ранее сделанные определения. Важным наблюдением является преобладание медных предметов при наличии бронзовых слитков, которые являлись заготовками и могли использоваться в качестве продукта обмена. Наличие ближайших месторождений меди, а также других благоприятных условий (река, лес, пастбища и т.д.) являлось причиной возникновения и существования поселения Советский Путь-1 на протяжении длительного периода. В связи с тем что некоторые исследованные участки дают смешанный материал, стоит задача разделения металлокомплексов развитой и поздней бронзы. В определенной мере этому способствует изучение слоев, нижние из которых относятся к андроновскому времени. Данное обстоятельство подтверждает не только обнаруженная керамика. По образцам из костей домашних животных, найденных в четвертом и пятом слоях раскопа, в Аналитическом центре изотопных исследований Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (Томск) получена серия из пяти радиоуглеродных датировок (ИМКЭС-14С – 1141, 1142, 1143, 1148, 1158). Судя по калиброванным показателям, эти результаты отражают андроновское время (аналитик – канд. техн. наук Г.В. Симонова). Это обстоятельство, а также многие другие данные свидетельствуют о несомненной перспективности дальнейшего изучения поселения Советский Путь-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ситников С.М., Шульга П.И. Работы на Юго-Западном Алтае // Проблемы охраны, изучения и использования культурного наследия Алтая. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 1995. С. 59–62.
2. Ситников С.М. Некоторые результаты исследования поселения Советский Путь-1 // Древние поселения Алтая. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 1998. С. 71–84.
3. Ситников С.М. Поселение Советский Путь-1 и некоторые вопросы происхождения и культурно-исторических контактов саргаринско-алексеевского населения // Аридная зона юга Западной Сибири в эпоху бронзы. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2004. С. 125–144.
4. 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.
5. Кунгурова Н.Ю., Ситников С.М. Материальная культура древних жителей поселения Советский Путь-1 // Древности Алтая. Известия лаборатории археологии № 4. Горно-Алтайск : ГАГУ, 1999. С. 46–53.
6. Ситников С.М. Культура саргаринско-алексеевского населения лесостепного и степного Алтая. Барнаул : АлтГПУ, 2015. 254 с.
7. Тишкин А.А., Фролов Я.В. Металлические орудия труда эпохи бронзы из археологического собрания МКУК «Районный историко-краеведческий музей им. В.М. Комарова» (с. Волчиха, Алтайский край) // Теория и практика археологических исследований. 2015. № 2. С. 171–180.

8. 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.

Tishkin Alexey A. Altai State University (Barnaul, Russia). E-mail: tishkin210@mail.ru; *Rednikov Anton A.* Altai State University (Barnaul, Russia). E-mail: ant-rednikov@yandex.ru; *Zhang Lianzhen* Nanjing University (Nanjing, China). E-mail: zhlr@nju.edu.cn; *Shui Tao* Nanjing University (Nanjing, China). E-mail: shuitaonj@126.com

X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS OF METAL FINDS, SLAG AND ORES FROM THE BRONZE AGE THE SOVIET WAY-1 SETTLEMENT IN THE FOOTHILLS OF ALTAI.

Keywords: Bronze epoch; ore; slag; metal; X-ray fluorescence analysis.

In August 2016, the participants of the Russian-Chinese archaeological expedition excavated the Soviet Way-1 settlement which is located near the village of the same name in the Loktevsky district of the Altai Territory. In the course of field works, besides the fragments of ceramics and osteological material, numerous evidence of bronze casting production (ore, slag, splashes, etc.) was found. In addition, metal objects supplementing information on the cultural layer of the ancient monument were found. The main purpose of the research was to conduct X-ray fluorescence analysis of the findings for further objective reconstruction of one of the specialized activities of the Altai foothills in the periods of Developed and Late Bronze. This approach was realized for the first time. A portable ALPHA SERIES™ spectrometer (model Alfa-2000, USA) was used for this purpose, along with the pocket portable computer and a test stand. This device is intended for quantitative non-destructive determination of the content of chemical elements by X-ray fluorescence spectrometry in samples of non-ferrous metals and alloys, as well as for monitoring of the chemical composition of ores and slags, liquid and powder samples. It allows testing of archaeological finds with the help of two computer programs ("Analytical" and "Mining"). The first program ensured the possibility to obtain quantitative indicators on the chemical composition of the twenty metal objects which were recorded in the Soviet Way-1 settlement. The second was used to study the finds of ore and slag from the same monument. As a result of the analytical work, a series of data has been generated this allows us to outline the possibilities to reconstruct the bronze casting process. The raw materials were extracted at the nearest deposits of the so-called snake-ore ore zone of the northwestern foothills of Altai. This is evidenced by a fixed set of characteristic elements in ore, slag and products. Melting was carried out directly at the settlement. The found billets ("cake", ingot) turned out to be bronze. They were intended for melting and pouring into molds already prepared according to the recipe of metal and could be used as an exchange product. From the copper obtained from local ore, various objects were made, the fragments of which were found in the settlement. Further excavations of the Soviet Way-1 monument have significant prospects. Such an archaeological complex with massive traces of bronze casting production, with remnants of dwellings and other buildings will provide a solution to the pressing problems of the ancient history of the population of the southern Ob-Irtysh interfluvium. The obtained set of indices of X-ray fluorescence analysis forms the basis for a comparative analysis of numerous finds from non-ferrous metals on the territory of Western Siberia and the nearest regions.

REFERENCES

1. Sitnikov, S.M. (1995) Shul'ga P.I. Raboty na Yugo-Zapadnom Altai [Shulga P.I. Works in the South-West Altai]. In: Kiryushin, Yu.F. & Shamshin, A.B. (eds) *Problemy okhrany, izucheniya i ispol'zovaniya kul'turnogo naslediya Altaya* [Problems of Protection, Study and Use of the Altai Cultural Heritage]. Barnaul: Altai State University. pp. 59–62.
2. Sitnikov, S.M. (1998) Nekotorye rezultaty issledovaniya poseleniya Sovetskiy Put'-1 [Some results of the study of the Sovetskiy Put'-1 Settlement]. In: Kiryushin, Yu.F. & Kungurov, K.L. (eds) *Drevnie poseleniya Altaya* [Ancient Settlements of Altai]. Barnaul: Altai State University. pp. 71–84.
3. Sitnikov, S.M. (2004) Poselenie Sovetskiy Put'-1 i nekotorye voprosy proiskhozhdeniya i kul'turno-istoricheskikh kontaktov sargarinsko-alekseevskogo naseleniya [Sovetskiy Put'-1 Settlement and some issues of origin and cultural and historical contacts of the Sargarin-Alekseev population]. In: Kiryushin, Yu.F. (ed.) *Aridnaya zona yuga Zapadnoy Sibiri v epokhu bronzy* [The Arid Zone of the south of Western Siberia in the Bronze Age]. Barnaul: Altai State University. pp. 125–144.
4. Sitnikov, S.M. (2006) K voprosu o gornom dele i metallurgicheskom proizvodstve sargarinsko-alekseevskogo naseleniya Altaya [On the mining and metallurgical production of the Sargarin-Alekseev population of Altai]. In: Grushin, S.P. (ed.) *Altay v sisteme metallurgicheskikh provintsiy bronzovogo veka* [Altai in the system of metallurgical provinces of the Bronze Age]. Barnaul: Altai State University. pp. 150–157.
5. Kungurova, N.Yu. & Sitnikov, S.M. (1999) Material'naya kul'tura drevnikh zhitel'ey poseleniya Sovetskiy Put'-1 [Material culture of the ancient inhabitants of Sovetskiy Put'-1 Settlement]. *Drevnosti Altaya. Izvestiya laboratorii arkheologii*. 4. pp. 46–53.
6. Sitnikov, S.M. (2015) *Kul'tura sargarinsko-alekseevskogo naseleniya lesostepnogo i stepnogo Altaya* [Culture of the Sargarin-Alekseev population of the forest-steppe and steppe Altai]. Barnaul: Altai State Pedagogical University.
7. Tishkin, A.A. & Frolov, Ya.V. (2015) Metallicheskie orudiya truda epokhi bronzy ikh arkheologicheskogo sobraniya MKUK "Rayonnyy istoriko-kraevedcheskiy muzey im. V.M. Komarova" (s. Volchikha, Altayskiy kray) [Metal tools of the Bronze Age in the archaeological collection "District Historical and Local Lore Museum. V.M. Komarova" (Volchikha, Altai Territory)]. *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy*. 2. pp. 171–180.
8. Chekalin, V.M. (1999) Rol' Zmeinogorskogo mestorozhdeniya zloto-serebro-barito-polimetallicheskikh rud v istorii osnovaniya i razvitiya goroda Zmeinogorsk [The role of the Zmeinogorsk gold-silver-barite-polymetallic ore deposit in the history of the foundation and development of Zmeinogorsk]. In: Moiseev, V.A. *Serebryanyy venets Rossii: Ocherki istorii Zmeinogorska* [The Silver Crown of Russia: Essays on the History of Zmeinogorsk]. Barnaul: [s.n.]. pp. 6–16.