

УДК 902/904+ 902.21+ 902.22+902.652
DOI: 10.17223/2312461X/28/9

ДРЕВНЕЙШИЕ ПАМЯТНИКИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ГОРНОМ АЛТАЕ: НОВЫЕ ДАННЫЕ ИЗ ДОЛИНЫ РЕКИ ЮСТЫД*

Евгений Вячеславович Водясов,
Ольга Викторовна Зайцева

Аннотация. Статья посвящена древнейшим памятникам черной металлургии Горного Алтая. Публикуются новые радиоуглеродные даты из долины р. Юстыд, доказывающие существование железоплавильных технологий в I в. до н. э. – I в. н. э. Проведенные исследования позволили предположить синхронность крупных хуннских керамических и железоплавильных печей в долине р. Юстыд. Делается вывод о том, что генезис черной металлургии в Горном Алтае связан с расширением Хуннской державы, в результате чего юго-восточные районы Алтая были включены в центрально-азиатский ареал распространения хуннских металлургических традиций.

Ключевые слова: металлургия железа, эпоха раннего железа, Горный Алтай, хунну, хунно-сяньбийское время, радиоуглеродное датирование

Введение. Проблемы исследования памятников черной металлургии Горного Алтая

В настоящее время в науке господствует точка зрения о том, что открытие сыродутного способа получения железа связано с тысячелетними бронзолитейными традициями и произошло во многом случайно благодаря экспериментам древних мастеров с различными типами руд. Таким образом, открытие железоделательных технологий было возможно лишь там, где уже был накоплен большой опыт по добыче и переработке медных руд и где имелись железорудные месторождения (Pleiner 2000; Erb-Satullo 2019: 575). Трансферт технологии получения железа также происходил быстрее в те регионы, которые уже были хорошо знакомы с цветной металлургией. Исходя из этих представлений, богатый медными и железными рудами Горный Алтай гипотетически мог бы являться одним из ранних очагов черной металлургии. Однако проблема генезиса алтайской черной металлургии еще далека от своего решения, поскольку до сих пор в этой области имеется множество белых пятен и весьма спорных истин.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-78-10076).

История железа в Горном Алтае начинается более 4 000 лет назад задолго до наступления собственно железного века. На нескольких памятниках афанасьевской культуры (Усть-Куюм, Кор-Кобы-1, Урускин Лог-1) были обнаружены уникальные предметы, сделанные из метеоритного железа (Хаврин 2008; Вадецкая, Поляков, Степанова 2014). Разумеется, ни о каком производстве железа из руд в эту эпоху речь не идет.

Начало широкого распространения железных изделий связано с пазырыкской культурой. Железные орудия труда, элементы сбруи и оружие начинают повсеместно встречаться в погребальных комплексах V–III вв. до н. э. (Грязнов 1950; Кирюшин, Степанова, Тишкин 2003: 70–78; Кубарев, Шульга 2007). Однако полного вытеснения бронзы в это время не произошло, поскольку бронзовые изделия всех указанных выше категорий продолжали существовать и никуда не исчезли. Несмотря на достаточно массовое распространение железных предметов в Горном Алтае в скифское время, сегодня нет никаких оснований объяснять появление железных изделий формированием здесь собственно металлургического очага, связанного с открытием и освоением местных железорудных источников и развитием местных железоплавильных технологий.

Как показывает современный анализ моделей распространения железных технологий, их невозможно уложить ни в какие универсальные линейные схемы из трех или четырех этапов, предлагаемых ранее (Childe 1944; Pleiner 2000; Erb-Satullo 2019). Импортные железные изделия, являясь предметом обмена, торговли, дани или военного грабежа, могли бытовать в культуре веками и не приводить к освоению железоделательных технологий. На территории Сибири существовали также коллективы, которые успешно осваивали кузнечные технологии, используя импортные крицы, но не переходили к собственной выплавке железа из местных руд (Водясов, Зайцева 2017; Vodyasov 2018).

Для доказательства появления железоделательного производства необходимо обнаружение его хорошо задокументированных и надежно датированных следов: наличие в культурных слоях плавильных и кузнечных шлаков, остатки плавильных горнов, а также свидетельства добычи и обработки местных железных руд.

Начало исследований памятников черной металлургии в Горном Алтае приходится на конец 1970-х гг. В ходе масштабных археологических разведок и раскопок, проведенных Н.М. Зиняковым в 1976–1980 гг., было открыто и обследовано около 30 памятников железоделательного производства (Зиняков 1977, 1978, 1988). В обобщающей монографии Н.М. Зиняковым (1988) опубликованы только железоплавильные печи кош-агачского типа, датированные им тюркским временем. Печи иных типов, обнаруженных Н.М. Зиняковым в 1977–1978 гг.

на памятниках Балыктуюль и Юстыд-2, никогда полноценно не публиковались. Не стала исключением и недавно вышедшая монография по черной металлургии Н.М. Зинякова (2019), где этим материалам опять не нашлось места.

Другая проблема связана с тем, что ни на одном из изученных алтайских памятников черной металлургии в XX в. не были отобраны образцы для радиоуглеродного датирования. При этом датировка объектов традиционными археологическими методами затруднена тем, что металлургические площадки вынесены за пределы поселений, и нахождение на них датирующих предметов – огромная редкость.

Начало XXI в. ознаменовалось активным отбором проб для радиоуглеродного датирования как из отвалов старых раскопок 1970-х гг., так и из новых объектов, но без проведения раскопок (Гутак, Русанова 2013; Агатова и др. 2018; Мураками и др. 2019). В итоге сегодня сделано уже 40 радиоуглеродных дат с различных памятников черной металлургии Горного Алтая (26 радиометрических дат и 14 AMS-дат). Из этой общей серии 29 радиоуглеродных дат получено в ходе наших работ. В настоящей статье впервые публикуются семь дат, проливающих свет на хронологию разнотипных железоплавильных печей долины р. Юстыд.

В 2018 г., после 40-летнего перерыва были возобновлены раскопки памятников черной металлургии в Республике Алтай двумя группами ученых: в Улаганском районе на памятнике Балыктуюль и в Кош-Агачском районе на памятнике Куяхтанар (Богданов и др. 2018; Водясов, Зайцева, Константинов 2019). Итоги раскопок на Куяхтанаре уже опубликованы и позволили пересмотреть предложенную ранее датировку для печей кош-агачского типа и отнести время их появления к «предтюркской» эпохе (Vodyasov et al. 2020).

В 2019 г. нами были проведены обширные геоархеологические исследования памятников черной металлургии – металлургических площадок и древних рудных выработок в Кош-Агачском районе. Настоящая статья посвящена металлургическим печам долины р. Юстыд, где получены самые ранние даты по черной металлургии.

Горный Алтай долгое время оставался белым пятном на фоне открытий в Южной Сибири и Центральной Азии памятников черной металлургии рубежа эр. Именно в это время фиксируется появление железоделательных технологий в соседних регионах – Хакасии (Сунчугашев 1979; Амзараков 2014; Amzarakov 2015), Монголии (Sasada, Chunag 2014; Ishtseren 2015) и, вероятно, Туве (Сунчугашев 1969). По крайней мере, более ранних радиоуглеродных дат, доказывающих существование в Южной Сибири металлургии железа, пока не опубликовано и отмечается, что «остатки железоделательного производства сюннуского и сяньбийского периодов, т.е. II в. до н. э. – первой половины III в. н. э.

пока на Алтае не удалось идентифицировать. Хотя в сопредельных регионах сыродутные печи этой поры известны хорошо» (Мураками и др. 2019).

Правда, имеется лаконичная публикация предварительных результатов раскопок комплекса железоплавильных печей у с. Балыктуоль в Улаганском районе. В ней указана одна AMS-дата с учетом калибровки, укладываемая в интервал 395–425 гг. н. э., что совпадает с периодом существования местной булан-кобинской археологической культуры. Однако авторы сочли возможным предположить, «что наиболее древние печи у с. Балыктуоль по морфологическим характеристикам, вероятнее всего, относятся к позднему периоду пазырыкской культуры (приблизительно III – конец II в. до н. э.), другие (с установленными вертикально “дровами”) – к гуннскому времени (III–V в. н. э.), а третьи – к средневековой» (Богданов и др. 2018). Что это за морфологические характеристики железоплавильных печей, позволяющие отнести их к пазырыкскому времени, остается непонятным. Авторы не привели никаких аналогий выявленным ими на Балыктуоле «пазырыкским» печам. Типологии железоплавильных печей раннего железного века, подтвержденной серией радиоуглеродных дат для Горного Алтая, не существует, этого пока просто не позволяет сделать состояние источниковой базы. Остается надеяться на продолжение исследований на этом интереснейшем памятнике черной металлургии, а также на скорейшую публикацию итогов, верифицированных серией радиоуглеродных дат.

Методика датировки памятников черной металлургии Горного Алтая

Самым надежным методом датировки металлургической деятельности является радиоуглеродный анализ угля, находящегося внутри железного шлака. Такая методика более точна, чем датировка угля, обнаруженного в слое, так как уголь внутри шлака не перемещался, он был «законсервирован» и не подвергался загрязнению более молодым углеродом (Hendrickson, Hua, Pryce, 2013). Однако и в этой методике скрыта потенциальная серьезная проблема, связанная с эффектом «старого дерева».

Суть эффекта заключается в том, что сердцевина долгоживущего дерева может быть значительно *старше* его внешних колец. Это происходит в случае отмирания части сердцевины еще при жизни дерева. **Радиоуглеродный анализ в этом случае показывает не возраст археологического объекта или время рубки дерева, а дату смерти той части дерева, откуда был взят образец для датирования.** Это явление и носит название «эффект “старого дерева”» (Schiffer, 1986; Cook, Comstock 2014; Wright, 2017; Kim et al. 2019), который часто приводит к ложному удревнению археологического объекта. Иногда даты внут-

ренных колец алтайских лиственниц удревяняют памятник на 300–400 лет, что уже отмечалось в литературе, посвященной проблемам датирования черной металлургии Алтая (Агатова и др., 2018). Это необходимо учитывать при датировке как железного шлака в частности, так и любых других археологических объектов в целом.

Если не известна точная привязка образца угля к годичным кольцам дерева, то необходима серия радиоуглеродных дат из одного и того же археологического объекта. Наиболее поздняя из них будет ближе всего к истинному календарному возрасту датируемого объекта.

Минимизировать возможный эффект «старого дерева» можно также отбирая пробы из внешних колец дерева и используя для датировки молодые деревья и ветки. Именно такой методикой мы руководствовались при отборе проб и анализе полученной серии радиоуглеродных дат.

Комплекс железоплавильных печей на р. Юстыд (левый берег)

Самое крупное из известных в Горном Алтае скопление разнотипных железоплавильных печей находится именно в долине р. Юстыд. Возможно, насыщенность этого района памятниками черной металлургии объясняется близостью месторождения гематитовой руды «Рудный лог», находящегося в 22 км к юго-западу от памятника.

Ландшафтные особенности долины р. Юстыд предопределили хорошую сохранность и выраженность в современном рельефе свидетельств древней черной металлургии. Остатки печей фиксируются в форме западин различных форм и размеров. Иногда в рельефе также читаются предгорновые ямы. Практически у каждой печи фиксируется «шлаковый шлейф» – выгребные шлаки, находящиеся непосредственно на современной поверхности на склоне и у подножия террасы. Столь заметные следы древней металлургии всегда привлекали внимание местного населения, о чем красноречиво свидетельствует топонимика – расположенная рядом гора называется «Печи Чингисхана».

В.Д. Кубарев был первым археологом, отметившим наличие древних железоплавильных печей в долине р. Юстыд в 1976 г. (Кубарев 1988). Через два года Н.М. Зиняков провел раскопки печей (рис. 1), расположенных на левом берегу Юстыда в 8 км к северо-востоку от с. Ташанта (Зиняков 1978).

В 4 раскопах (Юстыд-2, -3, -4, -5) Н.М. Зиняковым было исследовано 7 сыродутных печей двух типов (Зиняков 1988: 31–49).

В 2019 г. мы детально обследовали этот участок левобережной террасы р. Юстыд и обнаружили еще 13 не известных ранее остатков металлургических объектов. На плане видно, что здесь существовали печи различных типов и размеров (рис. 2). Они были объединены в рамках одного объекта археологического наследия «Комплекс железоплавильных печей на р. Юстыд (левый берег)».



Рис. 1. Карта Республики Алтай с указанием памятников черной металлургии в долине р. Юстыд: 1 – комплекс железоплавильных печей на р. Юстыд (левый берег); 2 – комплекс железоплавильных печей на р. Юстыд (правый берег)

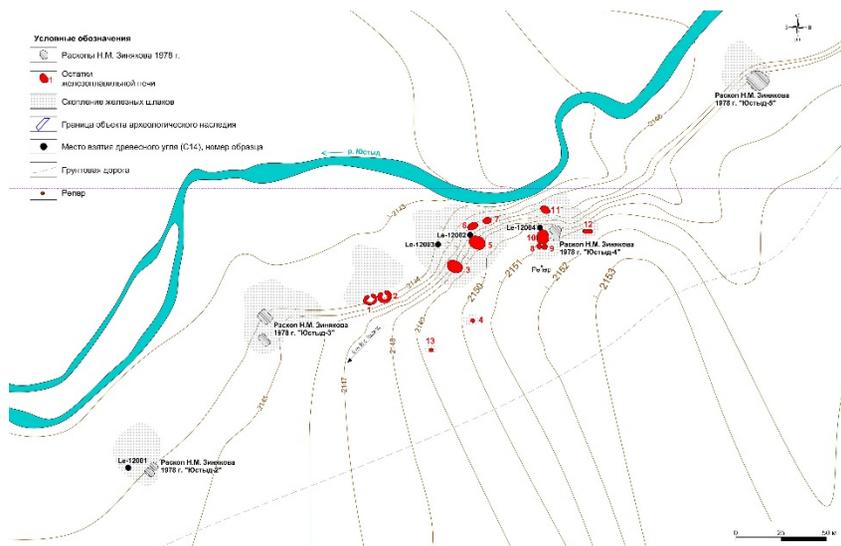


Рис. 2. Комплекс железоплавильных печей на р. Юстыд (левый берег).
Топографический план

Железоплавильные печи, отнесенные Н.М. Зиняковым к горнам кош-агачского типа, опубликованы в отдельной монографии (Зиняков 1988: 38–42). Печи этого типа на Юстыде сооружались в склоне террасы под небольшим углом для удобного выпуска жидкого шлака в большую яму, которая соединялась с плавильной камерой специальным каналом. Печи имели подпрямоугольную вытянутую форму. Верхняя часть возводилась из глиняных стен, подземная часть выкладывалась плитами и напоминала каменный ящик (рис. 3). Размеры плавильных камер составляли 110–130 см в длину, 50–70 см в ширину. Высота сохранившихся частей плавильных камер варьировалась от 135 до 180 см. По бокам печи имели от 11 до 12 отверстий на каждой глиняной стенке для воздухоподводящих устройств (Зиняков 1978).

В ходе раскопок печи на участке Юстыд-5 обнаружилась очень интересная деталь – на задней каменной стенке нанесены петроглифы, изображающие группу животных (рис. 3, 3, 4).

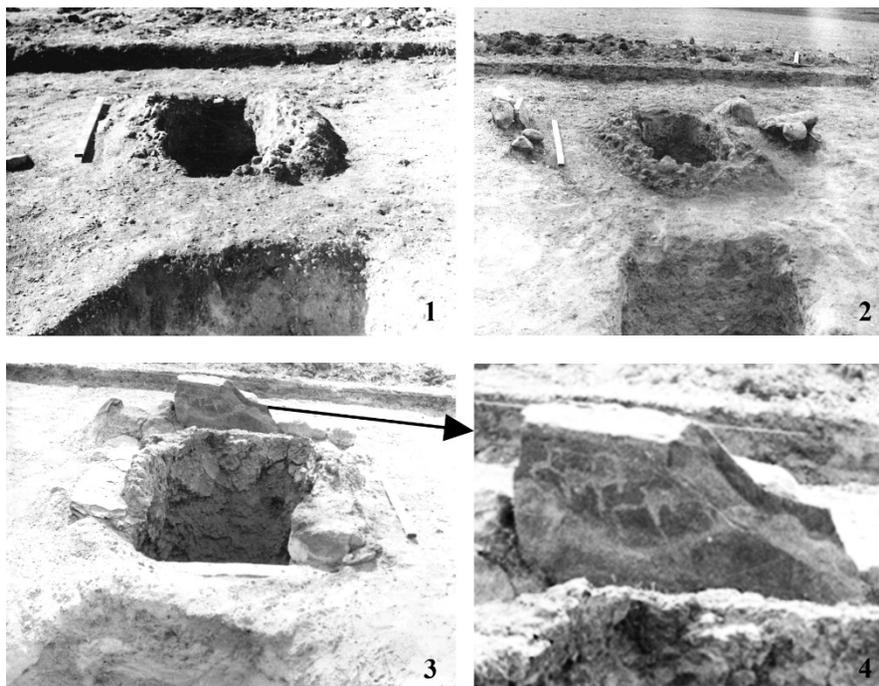


Рис. 3. Железоплавильные печи кош-агачского типа в долине р. Юстыд.
Раскопки 1978 г.: 1 – Юстыд-3; 2 – Юстыд-4; 3 – Юстыд-5;
4 – петроглифы на каменной плите (Юстыд-5) (по: Зиняков 1978)

Не меньший интерес представляют не введенные в научный оборот материалы раскопок участка Юстыд-2, где Н.М. Зиняковым исследованы 4 печи, отличные по конструкции от печей кош-агачского типа (Зи-

няков 1978). Пока они известны исключительно в долине р. Юстыд, поэтому предварительно их можно обозначить юстыдским типом (рис. 4).

Они имеют в плане полукруглую форму диаметром 60–65 см с загнутой С-видной задней стенкой. Глубина плавильной камеры варьируется в пределах 63–78 см. В ходе раскопок печи № 4 зафиксировано углубление длиной 90 см, служащее для установки воздуходувных мехов. Н.М. Зиняков в своем отчете предположил, что остальные печи также имели подобные углубления, проследить которые не удалось. Об их наличии свидетельствуют глиняные сопла, обнаруженные в каждой печи на глубине около 30 см как раз в том месте, где должно было располагаться воздуходувное устройство в специальном углублении, отделенном от плавильной камеры передней стенкой печи. По этим причинам на плане (рис. 4) мы изобразили примерные границы имевшихся, но не раскопанных углублений для печей № 1–3.

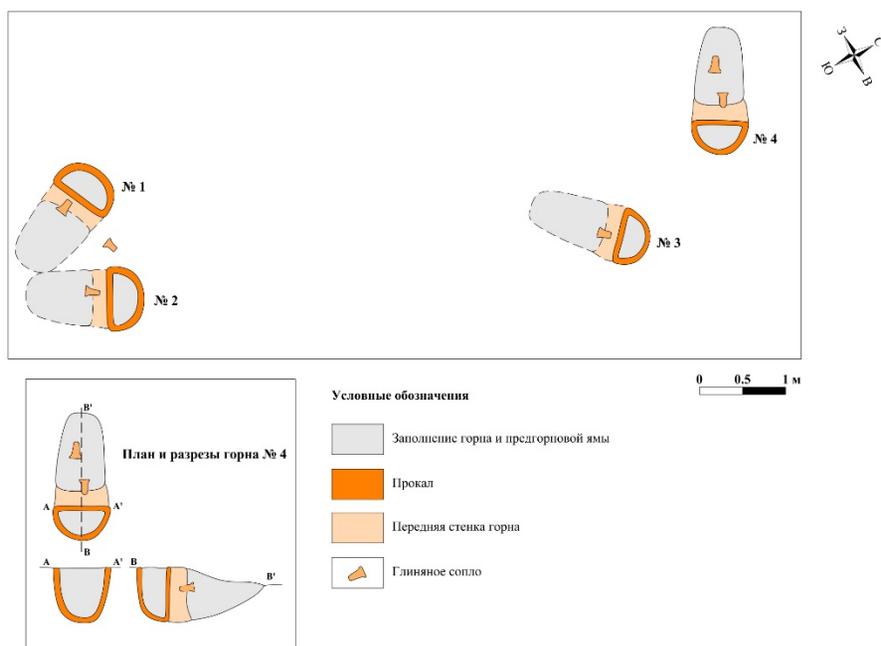


Рис. 4. Железоплавильные печи юстыдского типа в долине р. Юстыд (по: Зиняков 1978)

Диаметр воздуходувных каналов составляет 3–4,5 см. Максимальная длина фрагментов сохранившихся сопел – 11 см. Н.М. Зиняков указал в отчете, что в каждой печи находилось по одному соплу, однако на плане в заполнении углубления печи № 4 изображена пара сопел (Зиняков, 1978). Еще одно «второе» сопло найдено между печами № 1 и 2. Интересно и то, что все изображенные на планах сопла, зафиксирован-

ные *in situ*, смещены от центра передней стенки и не симметричны относительно ее середины. Такое расположение не обеспечивало бы равномерный прогрев внутри печи. Возможно, дутье осуществлялось в печах этого типа одновременно через два сопла.

Заполнение печей состояло из монолитных кусков шлака, в пустотах которых находились куски древесного угля (рис. 5). Судя по конструкции и наличию шлаковых блоков в плавильной камере, исследованные печи работали без шлаковывпуска и, вероятно, являлись одноразовыми.

Точные аналоги на сопредельных территориях печам юстыдского типа пока не найдены. Единственными похожими сооружениями являются близкие по размерам, но сильно отдаленные географически печи с такой же С-видной выгнутой задней стенкой из Шри-Ланки, датированные IV в. до н.э. – I в. н.э. (Juleff 2009: fig. 3).



Рис. 5. Расколотый шлаковый блок из печи юстыдского типа

Результаты радиоуглеродного датирования

Долгое время раскопанные печи на участке Юстыд-2 оставались не датированными. В 2019 г. мы обследовали скопление шлаков из раскопа Н.М. Зинякова 1978 г. В итоге нам удалось найти шлаковый блок с углями внутри, характерный по размерам и морфологии для печей данного типа (рис. 5). Мы отобрали образец молодого обугленного ствола (диаметром менее 5 см), чтобы минимизировать возможный эффект «старого дерева», рассмотренный выше.

В Лаборатории археологической технологии ИИМК РАН для шлака (Le-12001) получена дата 1630 ± 50 ВР без поправки на изотопное фракционирование. С учетом калибровки дата укладывается в 354 AD – 534 AD для 68,2% вероятности (1σ).

В целях определения времени функционирования железоплавильных печей в центральной части памятника были отобраны еще три образца древесного угля по той же методике.

Все образцы шлаков приурочены к западинам, маркирующим металлургические объекты. Шлаки, как уже говорилось, рассыпаны «шлейфом» от западин, маркирующих печи, по склону и у подножия террасы прямо на современной дневной поверхности.



Рис. 6. Остатки археометаллургического объекта № 3

Шлак, из которого взят образец Le-12003, находился в 8 м от объекта № 3 ниже по склону среди других скоплений шлаков (рис. 6). Объект 3 представлял собой овальную западину размером $8,5 \times 6$ м и глубиной 0,55 м. Для шлака (образец Le-12003) получена дата 2230 ± 80 ВР. С учетом калибровки дата укладывается в 385 BC – 204 BC для 68,2% вероятности (1σ). Отметим, что сегодня это самая древняя дата для черной металлургии не только Горного Алтая, но и всей Южной Сибири. Подробнее вопросы хронологии будут рассмотрены в следующем разделе.

Вторая дата получена из шлака, обнаруженного *in situ* у нижнего края крупной западины (объект 5). Объект 5 находится в 10 м к северо-востоку от объекта 3 и по своим размерам и особенностям сооружения

в склоне террасы полностью повторяет очертания объекта 3 (рис. 7). Для шлака (образец Le-12002) из объекта 5 получена дата 1860 ± 125 ВР. С учетом калибровки дата укладывается в 20 AD – 329 AD для 68,2% вероятности (1σ).

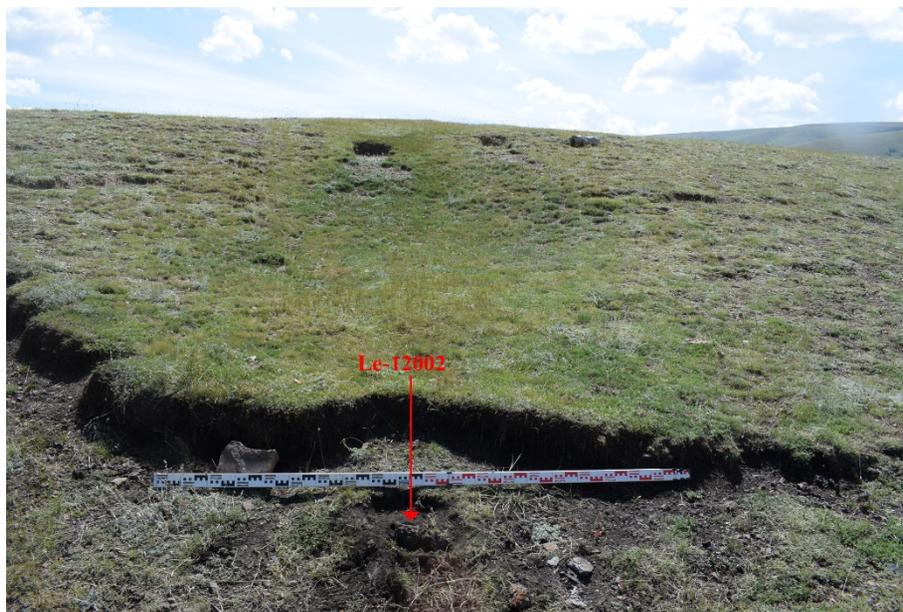


Рис. 7. Остатки археометаллургического объекта № 5 и контекст взятия пробы Le-12002

Образец Le-12004 происходит из шлака, находящегося *in situ* у нижнего края крупной западины (объект 10), вкопанной в склон берега. Размер ямы $7 \times 6,5$ м, глубина 0,5 м. Сверху на краю террасы расположены еще две округлые западины (объекты 8–9) диаметром около 2 м, симметрично примыкающие к объекту 10 с южной стороны (рис. 8). Возможно, объекты 8–10 являются остатками единого производственного сооружения. Вокруг найдены многочисленные шлаки и фрагменты колотой гематитовой руды.

Для шлака (образец Le-12004) из объекта 10 получена дата 1910 ± 110 ВР. С учетом калибровки дата укладывается в 38 BC – 234 AD для 68,2% вероятности (1σ).

Добавим здесь, что еще две AMS-даты с этого памятника опубликованы нашими коллегами в 2019 г. К сожалению, точный контекст и местонахождение образцов в статье не указаны, однако важно, что авторы использовали ту же методику отбора образцов для радиоуглеродного анализа с таким расчетом, чтобы быть уверенными в их принадлежности к конкретному процессу выплавки: отбирались куски шлака с

включениями угля (Мураками и др. 2019). Для первого образца (IAAA–171074) получена дата 1510 ± 20 BP. С учетом калибровки дата укладывается в 542 AD – 585 AD для 68,2% вероятности (1σ). Для второго образца (IAAA–171075) получена дата 1540 ± 20 BP. С учетом калибровки дата укладывается в 433 AD – 559 AD для 68,2% вероятности (1σ).



Рис. 8. Остатки археометаллургических объектов № 8–10

Несмотря на то что большинство объектов не раскопано, уже сейчас можно говорить о существовании железоплавильных печей в долине р. Юстыд в эпоху раннего железа и раннего средневековья.

Комплекс железоплавильных печей на р. Юстыд (правый берег)

Памятник расположен на правом берегу р. Юстыд, в 3 км к северо-востоку от рассмотренного выше комплекса. Свидетельства древней металлургии приурочены к западному и восточному берегу небольшого пересохшего озера, где встречаются шлаки и остатки наземных конструкций (Мураками и др. 2019). Данное место интересно тем, что на этом же берегу озера В.Д. Кубаревым в 1979 г. были раскопаны крупные хуннские гончарные печи (Кубарев 1980). Это единственные исследованные гончарные печи во всей Южной Сибири. При раскопках обнаружено более 5 000 фрагментов керамических сосудов различных типов, уверенно соотносимых авторами с хуннскими керамическими традициями и датируемых II в. до н. э. – I в. н. э. (Кубарев, Журавлева 1986).

В ходе обследования этого озера в 2019 г. нами найдены остатки хорошо сохранившейся железоплавильной печи, построенной в склоне берега всего в 70 м от хуннских гончарных печей. На поверхности зафиксированы выступающие глиняные стенки печи, ошлакованные с внутренней стороны. Ширина плавильной камеры составляет 50 см. По ее размерам, а также наличию глиняных стен и сооружению печи в склоне она хорошо соотносится с печами кош-агачского типа, исследованными на противоположном берегу р. Юстыд. Хотя этот вывод, естественно, предварительный, так как печь не раскопана.

Рядом с выявленной печью были отобраны два железных шлака горнового типа, внутри которых взят уголь для AMS-датирования. Анализ проводился в AMS-Лаборатории Национального Тайваньского университета.

Для первого шлака (образец NTUAMS-5804-1) получена AMS-дата 1792 ± 61 BP. С учетом калибровки дата укладывается в 136 AD – 325 AD для 68,2% вероятности (1σ). Для второго шлака (образец NTUAMS-5805-1) получена AMS-дата 1731 ± 59 BP. С учетом калибровки дата укладывается в 246 AD – 382 AD для 68,2% вероятности (1σ). Как видно, полученные даты из разных шлаков весьма близки и сходятся в пределах II–IV вв. н.э.

Алтай в системе железоплавильных технологий Центральной Азии на рубеже эр

Сегодня мы можем говорить о бытовании как минимум двух типов железоплавильных печей в долине р. Юстыд. Первый, самый распространенный в Горном Алтае, представлен печами кош-агачского типа. Второй тип (юстыдский) объединяет полукруглые в плане печи с изогнутой задней стенкой «С-видной» формы. Судя по радиоуглеродным анализам, два этих типа могли сосуществовать на Юстыде в пределах IV–VI вв.

Визуальный анализ сохранившихся металлургических объектов на левом берегу Юстыда, конечно, позволяет предполагать еще большее разнообразие типов печей в этой долине. Однако точные выводы могут быть получены только после проведения масштабных раскопок.

Отдельный вопрос вызывает хронологическая атрибуция обнаруженных комплексов. Как видно из приведенных выше результатов радиоуглеродного анализа, комплекс железоплавильных печей на левом берегу р. Юстыд в целом укладывается в очень широкие рамки IV в. до н. э. – VI в. н. э. (рис. 9).

Принимая во внимание эффект «старого дерева», который иногда дает погрешность для алтайских лиственниц в 300–400 лет (Агатова и др. 2018), мы не можем исключать, что самая ранняя дата для черной

металлургии Алтая (Le-12003), укладываемая в IV–III вв. до н. э., является следствием этого эффекта. К сожалению, мы не знаем возраста сгоревшего дерева, из которого получена дата. Мы также не знаем, «сработал» ли вообще эффект «старого дерева» в этом конкретном случае. Таким образом, указанный промежуток времени следует рассматривать как нижнюю хронологическую границу. Несмотря на это, даже если теоретически предположить наличие возможной погрешности в 300–400 лет, тогда мы получим календарный возраст в пределах I в. до н. э. – I в. н. э. Такая интерпретация все равно дает нам самую древнюю дату для черной металлургии всего Алтая.

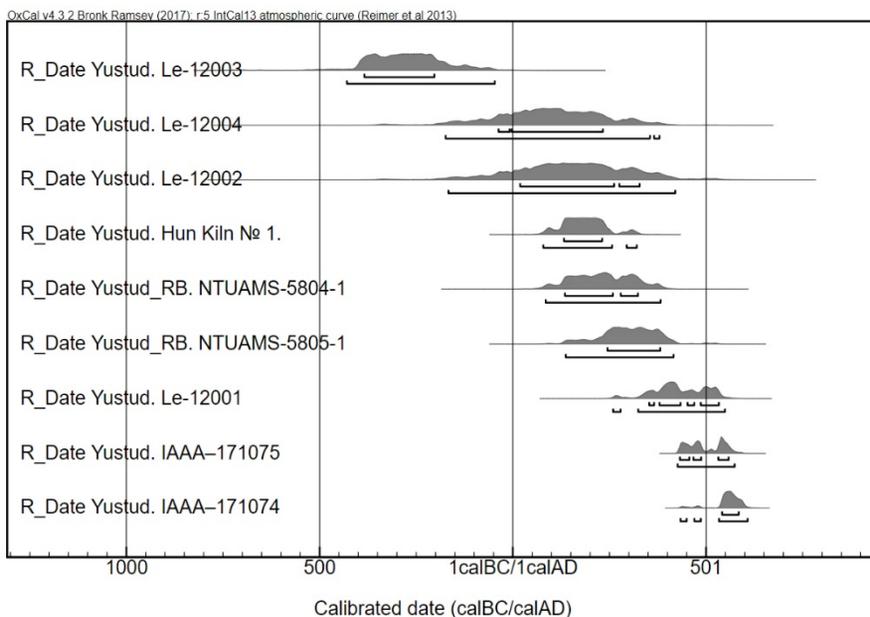


Рис. 9. Результаты радиоуглеродного датирования железоплавильных печей и хуннской гончарной печи № 1 в долине р. Юстыд

Наличие эффекта «старого дерева» косвенно подтверждается двумя радиоуглеродными анализами из других однотипных расположенных рядом объектов, даты которых лежат в пределах I–IV вв. н. э. и I в. до н. э. – III в. н. э. соответственно (рис. 9). Таким образом, наиболее вероятное время возникновения черной металлургии в долине Юстыда следует определить в промежутке I в. до н. э. – I в. н. э. С другой стороны, все же нельзя полностью исключать и то, что ранняя дата (IV–III вв. до н. э.) для одного из исследованных шлаков может являться истинной. Если новые полевые исследования подтвердят такую датировку, то выявленную железоплавильную печь можно будет назвать древнейшей не только на Алтае, но и во всей Западной и Южной Сибири.

Отдельное внимание заслуживает датировка железоплавильной печи на правом берегу р. Юстыд, сооруженной рядом с хуннскими керамическими печами. Нами получены две очень близкие друг к другу AMS-даты (рис. 9), что позволяет предполагать отсутствие сильного эффекта «старого дерева» и датировать еще не раскопанную печь в пределах II–IV вв. Если мы правы, говоря о ее принадлежности к кош-агачскому типу, то эта коробчатая печь является самой древней среди всех известных в Горном Алтае.

Работая с архивными отчетами по раскопкам хуннских печей на правом берегу р. Юстыд, мы не могли не задаться вопросом о возможной связи керамического и железоплавильного комплексов на правом берегу Юстыда. Печи расположены настолько «подозрительно» компактно и имеют настолько похожий принцип строения (в склоне под углом) и близкие размеры подземных камер (рис. 10), что все это давало большой соблазн назвать древнейшие металлургические печи кош-агачского типа хуннскими.



Рис. 10. Процесс исследования хуннской керамической печи в раскопе 2.
Раскопки 1979 г. (по: Кубарев 1980)

Неоценимой помощью в вопросе о связи хуннской керамики и металлургии железа на Юстыде стала публикация в 1986 г. радиоуглеродной даты из хуннской гончарной печи № 1 – $1\ 830 \pm 40$ BP (Кубарев, Журавлева 1986). Авторы предложили датировать печь 112 г. н. э. То есть они отсчитали от 1950 г. 1830 лет и получили абсолютную дату. Однако, как мы видим, дата не откалибрована. В этой связи мы провели ее калибровку в программе OxCal 4.3 с использованием калибровочной кривой IntCal 13 (Reimer et al. 2013) и получили для хуннской керамической печи № 1 интервал 133 AD – 232 AD для 68,2% вероятности (1σ). Все три даты (две даты для металлургической печи и одна дата для керамической печи) для этого, возможно, единого производственного комплекса хорошо коррелируются в промежутке II–III вв. н. э. (см. рис. 9), что доказывает сосуществование плавильных и гончарных печей.

Связь ранней металлургии железа с традициями хунну в Южной Сибири и Монголии подтверждается не только сериями радиоуглеродных дат, опубликованных в последнее время (Амзараков 2014; Amzarakov 2015; Ishtseren 2015), но и данными металлографических анализов. В.И. Завьялов и Н.Н. Терехова делают важный вывод о том, что индустрия железа появляется в Минусинской котловине уже в сложившемся виде и связана с экспансией хунну. В качестве источника инновационного технологического импульса авторы обращаются к территории Восточного Туркестана (Синьцзян), откуда на рубеже III–II вв. до н. э. китайцам удалось вытеснить хуннов (Завьялов, Терехова 2017). Это предположение подкрепляется многочисленными китайскими источниками о развитой металлургии хунну, контролировавших в свое время Синьцзян (Wensuo 2016). Д.Г. Савинов в качестве важнейших культурных инноваций для Центральной Азии рубежа эр называет изобретение и распространение железоделательных традиций, носителями которых являлись именно хунну (Савинов 2009: 70–71).

Появление хунну в различных регионах Южной Сибири и Монголии в I в. до н. э. – I в. н. э. четко совпадает с возникновением там же древнейших памятников железоделательного производства и массового распространения железной продукции. Таким образом, археологические материалы из долины р. Юстыд подтверждают высказанные ранее гипотезы о роли хунну в сложении высокотехнологичных производственных комплексов Южной Сибири.

Заключение

Проведенные исследования доказали существование в Горном Алтае черной металлургии в хунно-сяньбийское время. Учитывая богатейшие железорудные запасы Алтая, открытие здесь ранних памятников железоделательного производства было ожидаемым, а тот факт, что архео-

логам не удавалось их обнаружить ранее, являлось следствием слабой изученности.

Археологические материалы и радиоуглеродные даты из долины Юстыда дают весомые основания полагать, что юго-восточные районы Алтая были включены в центрально-азиатский ареал распространения и развития хуннских металлургических технологий. Можно согласиться с выводом о том, что в I в. до н. э. хунну сумели наладить полноценное железоплавильное производство на всей территории империи, и это производство продолжало существовать на протяжении 200 лет, а может быть, и дольше (Ishtseren 2015: 110).

При этом, если в соседней Монголии с хуннскими традициями ученые связывают определенные типы печей (Ishtseren 2015), то в Горном Алтае такие печи пока не раскопаны, и все наши доказательства о существовании здесь металлургии на рубеже эр построены только на серии радиоуглеродных дат из железных шлаков, лежащих рядом с разнотипными объектами. Как отмечалось выше, несмотря на малую вероятность, одна «выпавшая» радиоуглеродная дата, указывающая на пазырыкское время (IV–III вв. до н. э.), все-таки может быть не связана с эффектом «старого дерева» и показывать верный календарный возраст. В любом случае железоплавильные печи в долине Юстыда являются опорными и ключевыми памятниками для изучения генезиса черной металлургии в Южной Сибири.

Вопрос о происхождении крупных прямоугольных печей кош-агачского типа до сих пор не решен, так как аналогов им в металлургических памятниках Евразии первой половины – середины I тыс. н. э. так и не найдено (Vodyasov et al 2020). Однако не исключено, что прототипом крупных прямоугольных сооружений кош-агачского типа могли служить похожие по форме хуннские гончарные печи. О возможной связи больших железоплавильных печей с древними керамическими печами Западной Европы высказывался в свое время Радомир Плейнер (Pleiner 2000: 170). Вероятно, нечто подобное имело место быть и в долине р. Юстыд. Именно здесь мы археологически фиксируем материальное воплощение уникальной инженерной идеи о создании крупных теплотехнических сооружений прямоугольной формы, что нашло отражение как в железоделательном, так и керамическом производствах.

Сосуществование в Южной Сибири разительно отличающихся друг от друга железоплавильных технологий в самом начале I тыс. н. э. не случайно и вызвано сложными переплетениями различных металлургических традиций на заре Великого переселения народов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Сергею Арцемовичу и Андрею Пушкареву за помощь в работе с археологическими отчетами в архиве ИА РАН (Москва).

Авторы также выражают отдельную благодарность Альбине Тобоквне Бойдоевой за радушное гостеприимство, проявленное к нам в ходе экспедиции в долине р. Юстыд.

Литература

- Агатов А.Р., Ненон Р.К., Слюсаренко И.Ю., Панов В.С. Новые данные комплексных исследований памятников железоплавильного производства в долинах рек Куектанар и Тюргун (Юго-Восточный Алтай) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2018. Т. 46, № 2. С. 90–99.
- Амзараков П.Б. Раскопки древнего металлургического комплекса таштыкского времени в районе села Трошкино Ширинского района Республики Хакасия // Народы и культуры Южной Сибири и сопредельных территорий: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию Хакасского науч.-исслед. ин-та языка, литературы и истории (24–26 сентября 2014 г.). Абакан: Хакас. кн. изд-во, 2014. С. 26–38.
- Богданов Е.С., Мураками Я., Соловьев А.И., Гришин А.Е., Соловьева Е.А., Гнездилова И.С. Исследование сыродутных печей около села Балыктуюль (Республика Алтай) в 2018 г. // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. 2018. Т. 24. С. 224–228.
- Вадецкая Э.Б., Поляков А.В., Степанова Н.Ф. Свод памятников афанасьевской культуры / под ред. В.И. Молодина. Барнаул: АЗБУКА, 2014.
- Водясов Е.В., Зайцева О.В. Тернистый путь черной металлургии в таежном Обь-Иртышье // Stratum Plus. 2017. № 6. С. 237–250.
- Водясов Е.В., Зайцева О.В., Константинов Н.А. Феномен железоплавильных печей кош-агачского типа в Горном Алтае // Кочевые империи Евразии в свете археологических и междисциплинарных исследований: материалы IV междунар. конгр. средневековой археологии евразийских степей, посвящ. 100-летию российской академической археологии / отв. ред. Б.В. Базаров, Н.Н. Крадин. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2019. С. 130–132.
- Грязнов М.П. Первый Пазырыкский курган. Л.: Гос. Эрмитаж, 1950.
- Гутак Я.М., Русанов Г.Г. О возрасте железоплавильных печей урочища Куяхтанар (Горный Алтай) // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2013. № 2(4). С. 18–20.
- Завьялов В.И., Терехова Н.Н. Железо в культуре ранних кочевников (технологический аспект) // Актуальные вопросы археологии и этнологии Центральной Азии: материалы II междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию д-ра ист. наук, проф. П.Б. Коновалова (г. Улан-Удэ, 4–6 декабря 2017 г.) / отв. ред. акад. РАН Б.В. Базаров, чл.-кор. РАН Н.Н. Крадин. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. С. 135–139.
- Зиняков Н.М. История черной металлургии и кузнечного ремесла древнего Алтая. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988.
- Зиняков Н.М. Отчет о разведках и раскопках в Горном Алтае в 1977 г. // Архив ИА РАН. 1977. Р-1. № 6741.
- Зиняков Н.М. Отчет о разведках и раскопках в Горном Алтае в 1978 г. // Архив ИА РАН. 1978. Р-1. № 7302.
- Зиняков Н.М. Черная металлургия и металлообработка Западной Сибири эпохи раннего железного века и средневековья. Кемерово: КРИПО, 2019.
- Кирюшин Ю.Ф., Степанова Н.Ф., Тишкин А.А. Скифская эпоха Горного Алтая. Ч. II: Погребально-поминальные комплексы пазырыкской культуры. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003.
- Кубарев В.Д. Научный отчет об археологических исследованиях в Горно-Алтайской автономной области в 1979 году // Архив СОАН СССР. Институт истории, филологии и философии. № Р-1 7444. Новосибирск, 1980.

- Кубарев В.Д. Археологические памятники истоков Чуи // Проблемы изучения древней культуры населения Горного Алтая. Горно-Алтайск: Горно-Алтайский научно-исследовательский институт истории, языка и литературы, 1988. С. 107–145.
- Кубарев В.Д., Журавлева А.Д. Керамическое производство хуннов Алтая // Палеоэкономика Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. С. 101–119.
- Кубарев В.Д., Шульга П.И. Пазырыкская культура (курганы Чуи и Урсула). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007.
- Мураками Я., Соенов В.И., Трифанова С.В., Эбель А.В., Богданов Е.С., Соловьев А.И. Изучение памятников черной металлургии на Алтае в 2017 году // Вестник Томского государственного университета. История. 2019. № 60. С. 167–174.
- Савинов Д.Г. Минусинская провинция хунну. СПб.: ИИМК РАН, 2009.
- Сунчугашев Я.И. Горное дело и выплавка металлов в древней Туве. М.: Наука, 1969.
- Сунчугашев Я.И. Древняя металлургия Хакасии (эпоха железа). Новосибирск: Наука, 1979.
- Хаврин С.В. Древнейший металл Саяно-Алтая (энеолит – ранняя бронза) // Известия Алтайского государственного университета. 2008. № 4-2 (60). С. 210–216.
- Amzarakov P.V. Preliminary results of research of iron metallurgy site “Tolcheya” of the Tashtyk period // Ancient Metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia / ed. by Ya. Murakami, Yu. Esin. Abakan; Ehime: Ehime University Press, 2015. Vol. 1. P. 95–106.
- Childe V.G. The story of tools. London: Cobbett Publishing, 1944.
- Cook R.A., Comstock A.R. Evaluating the old wood problem in a temperate climate: a fort ancient case study // American Antiquity. 2014. Vol. 79. P. 763–775.
- Erb-Satullo N.L. The Innovation and Adoption of Iron in the Ancient Near East // Journal of Archaeological Research. 2019. № 27. P. 557–607.
- Hendrickson M., Hua Q., Pryce T.O. Using in-slag charcoal as an indicator of ‘terminal’ iron production within the Angkorian Period (10th–13th centuries AD) center of Preah Khan of Kompong Svay, Cambodia // Radiocarbon. 2013. Vol. 55 (1). P. 31–47.
- Ishteren L. Xiongnu iron production sites in Mongolia // Ancient Metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia / ed. by Ya. Murakami and Yu. Esin. Abakan; Ehime: Ehime University Press, 2015. Vol. 1. P. 107–116.
- Juleff G. Technology and evolution: a root and branch view of Asian iron from first-millennium BC Sri Lanka to Japanese steel // World Archaeology. 2009. Vol. 41 (4). P. 557–577.
- Kim J., Wright D.K., Hwang J., Kim J., Oh Y. The old wood effect revisited: a comparison of radiocarbon dates of wood charcoal and short-lived taxa from Korea // Archaeological and Anthropological Sciences. 2019. Vol. 11 (7). P. 3435–3448.
- Pleiner R. Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters. Archeologický ústav AVČR, 2000.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haflidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Krome, B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP // Radiocarbon. 2013. Vol. 55 (4). P. 1869–1887.
- Sasada T., Chunag A. Iron Smelting in the Nomadic Empire of Xiongnu in Ancient Mongolia // ISIJ International. 2014. Vol. 54, № 5. P. 1017–1023.
- Schiffer M.B. Radiocarbon dating and the old wood problem: The case of the Hohokam chronology // Journal of Archaeological Science. 1986. Vol. 13 (1). P. 13–30.
- Vodyasov E.V. Ethnoarchaeological research on Indigenous iron smelting in Siberia // Sibirskie istoricheskie issledovaniia. 2018. № 2. P. 164–180.
- Vodyasov E.V., Zaitceva O.V., Vavulin M.V., Pushkarev A.A. The earliest box-shaped iron smelting furnaces in Asia: New data from Southern Siberia // Journal of Archaeological Science: Reports. 2020. Vol. 31. 102383.

Wensuo L. On iron metallurgy and related questions in ancient Xinjiang during the Xiongnu and Turks Periods // *Historical Ethnology*. 2016. № 1 (1). P. 219–235.

Wright D.K. Accuracy vs. Precision: Understanding Potential Errors from Radiocarbon Dating on African Landscapes // *African Archaeological Review*. 2017. Vol. 34 (3). P. 303–319.

Статья поступила в редакцию 08 июня 2020 г.

Vodyasov Evgeny V. and Zaitceva Olga V.

THE EARLIEST IRON SMELTING SITES IN THE ALTAI REPUBLIC: NEW DATA FROM THE YUSTYD RIVER VALLEY*

DOI: 10.17223/2312461X/28/9

Abstract. The article presents new data on the earliest black metallurgy sites in the region of Gornyy Altai, and specifically, new radiocarbon dates obtained from archaeological samples collected in the Yustyd River valley. These dates prove that iron smelting existed as early as in the first century BC to the first century AD. The research results suggest that large Xiongnu ceramic furnaces and iron smelting furnaces coexisted in the Yustyd River valley and allow concluding that the genesis of black metallurgy in Gornyy Altai was associated with the expansion of the Xiongnu Empire, as a result of which south-eastern parts of Altai were incorporated into the Central Asian area already under the influence of Xiongnu metallurgy traditions.

Keywords: black metallurgy, Early Iron Age, Gornyy Altai, Xiongnu, Xiongnu-Xianbei era, radiocarbon dating

* The research was supported by the Russian Science Foundation (RNF), project No. 18-78-10076.

References

- Agatova A.R., Nepop R.K., Sliusarenko I.Iu., Panov V.S. Novye dannye kompleksnykh issledovaniy pamiatnikov zhelezoplavil'nogo proizvodstva v dolinakh rek Kuektanar i Tiurgun (Iugo-Vostochnyi Altai) [New data on iron-smelting sites in the Kuektanar and Turgun Valleys, Southeastern Altai], *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii*, 2018, Vol. 46, no. 2, pp. 90–99.
- Amzarakov P.B. Raskopki drevnego metallurgicheskogo kompleksa tashtykskogo vremeni v raione sela Troshkino Shirinskogo raiona Respubliki Khakassiya [Excavating the ancient metallurgical complex of the Tashtyk period near the village of Troshkino, Shirinskiy area, Republic of Khakassia]. In: *Narody i kul'tury Iuzhnoi Sibiri i sopredel'nykh territorii: Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posviashchennoi 70-letiiu Khakasskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta iazyka, literatury i istorii (24–26 sentyabrya 2014 g.)* [The peoples and cultures of South Siberia and adjacent territories: Proceedings of the International research conference dedicated to the 70th Anniversary of Khakassia Research Institute of Language, Literature and History (24 to 26 September 2014)]. Abakan: Khakasskoe knizhnoe izdatel'stvo, 2014, pp. 26-38.
- Bogdanov E.S., Murakami Ia., Solov'ev A.I., Grishin A.E., Solov'eva E.A., Gnezdilova I.S. Issledovanie syrodutnykh pechei okolo sela Balyktuiul' (Respublika Altai) v 2018 g. [Research on of the furnaces near Balyktuyul village (Republic of Altai) in 2018]. *Problemy arkheologii, etnografii, antropologii Sibiri i sopredel'nykh territorii*, 2018, Vol. 24, pp. 224-228.
- Vadetskaia E.B., Poliakov A.V., Stepanova N.F. *Svod pamiatnikov afanas'evskoi kul'tury: monografiya* [Monuments of the Afanasevo culture: A monograph]. Ed. by V.I. Molodin. Barnaul: AZBUKA, 2014.

- Vodiasov E.V., Zaitseva O.V. Ternisty put' chernoi metallurgii v taezhnom Ob-Irtysh'e [The treacherous path of ironmaking in the taiga zone of the Ob-Irtysh river region], *Stratum Plus*, 2017, no. 6, pp. 237-250.
- Vodiasov E.V., Zaitseva O.V., Konstantinov N.A. Fenomen zhelezoplavil'nykh pechei kosh-agachskogo tipa v Gornom Altae [The phenomenon of iron-smelting furnaces of the Kosh-Agach type in Gornyy Altai]. In: *Kochevye imperii Evrazii v svete arkhelogicheskikh i mezhdistsiplinarykh issledovaniy*. IV mezhdunarodnyi kongress srednevekovoi arkhelogii evraziiskikh stepei, posviashchennyi 100-letiiu rossiiskoi akademicheskoi arkhelogii [The nomad empires of Eurasia in light of archaeological and interdisciplinary research]. Eds. B.V. Bazarov, N.N. Kradin. Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 2019, pp. 130-132.
- Griaznov M.P. *Pervyi Pazyrykskii kurgan* [The first Pazyryk burial mound]. Leningrad: Gos. Ermitazh, 1950.
- Gutak Ia.M., Rusanov G.G. O vozraste zhelezoplavil'nykh pechei urochishcha Kuiakhtanar (Gornyy Altai) [On the age of iron-smelting furnaces at the Kuyahtanar site (Gornyy Altai)], *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta*, 2013, no. 2(4), pp. 18-20.
- Zav'ialov V.I., Terekhova N.N. Zhelezo v kul'ture rannikh kochevnikov (tekhnologicheskii aspekt) [Iron in the culture of early nomads: A technological aspect]. In: *Aktual'nye voprosy arkhelogii i etnologii Tsentral'noi Azii*: mat-ly II mezhdunar. nauch. konf., posviashch. 80-letiiu d.i.n., prof. P.B. Konovalova (g. Ulan-Ude, 4-6 dekabria 2017 g.) [Topical issues in the archaeology and ethnology of Central Asia: Proceedings of the 2nd International research conference dedicated to the 80th Anniversary of Professor P.B. Konovalov (Ulan-Ude, 4 to 6 December 2017)]. Eds. B.V. Bazarov, N.N. Kradin. Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 2017, pp. 135-139.
- Ziniakov N.M. *Istoriia chernoi metallurgii i kuznechnogo remesla drevnego Altaia* [The history of black metallurgy and blacksmithing in ancient Altai]. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 1988.
- Ziniakov N.M. *Otchet o razvedkakh i raskopkakh v Gornom Altae v 1977 g.* [Report on archaeological surveys and excavations in Gornyy Altai in 1977]. Archive of the Institute of Archeology, Russian Academy of Sciences. 1977. R-1. № 6741.
- Ziniakov N.M. *Otchet o razvedkakh i raskopkakh v Gornom Altae v 1978 g.* [Report on archaeological surveys and excavations in Gornyy Altai in 1978]. Archive of the Institute of Archeology, Russian Academy of Sciences. 1978. R-1. № 7302.
- Ziniakov N.M. *Chernaia metallurgii i metalloobrabotka Zapadnoi Sibiri epokhi rannego zheleznogo veka i srednevekov'ia: monografiia* [Black metallurgy and processing of metals in Western Siberia in the Early Iron Age and Middle Ages: A monograph]. Kemerovo: GBU DPO «KRIRPO», 2019.
- Kiriushin Iu.F., Stepanova N.F., Tishkin A.A. *Skifskaiia epokha Gornogo Altaia. Ch. II: Pogrebal'no-pominal'nye komplekсы pazyrykskoi kul'tury* [Gornyy Altai in the Scythian period. Part 2: Burial-memorial complexes of the Pazyryk culture]. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2003.
- Kubarev V.D. *Nauchnyi otchet ob arkhelogicheskikh issledovaniakh v gorno-altaiskoi avtonomnoi oblasti v 1979 godu* [Research report on the archaeological studies of the autonomous region of Gornyy Altai in 1979]. Novosibirsk, 1980. Archive of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. Institute of History, Philology and Philosophy. № R-1 7444.
- Kubarev V.D. Arkheologicheskie pamiatniki istokov Chui [Archaeological monuments in the headwater area of the river Chuya]. In: *Problemy izucheniia drevnei kul'tury naseleniia Gornogo Altaia* [Issues in the research on the ancient culture of the population of Gornyy Altai]. Gorno-Altaysk: Gorno-Altayskii nauchno-issledovatel'skii institut istorii, iazyka i literatury, 1988, pp. 107-145.

- Kubarev V.D., Zhuravleva A.D. Keramicheskoe proizvodstvo khunnov Altaia [Ceramic production as practiced by the Xiongnu of Altai]. In: *Paleoekonomika Sibiri* [The paleo-economy of Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1986, pp. 101-119.
- Kubarev V.D., Shul'ga P.I. *Pazyrykskaia kul'tura (kurgany Chui i Ursula)* [The Pazyryk culture: Burial mounds of Chuya and Ursul]. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2007.
- Murakami Ya., Soenov V.I., Trifanova S.V., Ebel A.V., Bogdanov E.S., Solovyev A.I. Izuchenie pamiatnikov chernoii metallurgii na Altae v 2017 godu [The exploration of the ferrous metallurgy sites in Altai in 2017], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istorii*, 2019, no. 60, pp. 167–174.
- Savinov D.G. *Minusinskaia provintsiiia khunnu* [The Xiongnu' s Minusinsk province]. St. Petersburg: IIMK RAN, 2009.
- Sunchugashev Ia.I. *Gornoe delo i vyplavka metallov v drevnei Tuve* [Mining and smelting in ancient Tuva]. Moscow: Nauka, 1969.
- Sunchugashev Ia.I. *Drevniaia metallurgiiia Khakasii (epokha zheleza)* [The ancient metallurgy of Khakassia (Iron Age)]. Novosibirsk: «Nauka», 1979.
- Khavrin S.V. Drevneishii metall Saiano-Altaia (eneolit – ranniaia bronza) [The earliest metal in the Sayan-Altai region (Eneolith - Early Bronze Age)], *Izvestiia Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2008, no. 4-2 (60), pp. 210-216.
- Amzarakov P.B. Preliminary results of research on the iron metallurgy site “Tolcheya” of the Tashtyk period. In: *Ancient Metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia*. Vol. 1. Ed. by Ya. Murakami and Yu. Esin. Abakan – Ehime: Ehime University Press, 2015, pp. 95-106.
- Childe V.G. *The story of tools*. London: Cobbett Publishing, 1944.
- Cook R.A., Comstock A.R. Evaluating the old wood problem in a temperate climate: a fort ancient case study, *American Antiquity*, 2014, Vol. 79, pp. 763–775.
- Erb□Satullo N.L. The Innovation and Adoption of Iron in the Ancient Near East, *Journal of Archaeological Research*, 2019, no. 27, pp. 557–607.
- Hendrickson M., Hua Q., Pryce T.O. Using in-slag charcoal as an indicator of ‘terminal’ iron production within the Angkorian Period (10th–13th centuries AD) center of Preah Khan of Kompong Svay, Cambodia, *Radiocarbon*, 2013, Vol. 55 (1), pp. 31–47.
- Ishseren L. Xiongnu iron production sites in Mongolia. In: *Ancient Metallurgy of the Sayan-Altai and East Asia*. Vol. 1. Ed. by Ya. Murakami and Yu. Esin. Abakan – Ehime: Ehime University Press, 2015, pp. 107-116.
- Juleff G. Technology and evolution: a root and branch view of Asian iron from first-millennium BC Sri Lanka to Japanese steel, *World Archaeology*, 2009, Vol. 41 (4), pp. 557-577.
- Kim J., Wright D.K., Hwang J., Kim J., Oh Y. The old wood effect revisited: a comparison of radiocarbon dates of wood charcoal and short-lived taxa from Korea, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2019, Vol. 11 (7), pp. 3435–3448.
- Pleiner R. *Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters*. Archeologický ústav AVČR, 2000.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk, Ramsey C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff R.A., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP, *Radiocarbon*, 2013, Vol. 55 (4), pp. 1869–1887.
- Sasada T., Chunag A. Iron Smelting in the Nomadic Empire of Xiongnu in Ancient Mongolia, *ISIJ International*, 2014, Vol. 54, no. 5, pp. 1017–1023.
- Schiffer M.B. Radiocarbon dating and the old wood problem: The case of the Hohokam chronology, *Journal of Archaeological Science*, 1986, Vol. 13 (1), pp. 13–30.
- Vodyasov E.V. Ethnoarchaeological research on Indigenous iron smelting in Siberia, *Sibirskie istoricheskie issledovaniia*, 2018, no. 2, pp. 164-180.

-
- Vodyasov E.V., Zaitceva O.V., Vavulin M.V., Pushkarev A.A. The earliest box-shaped iron smelting furnaces in Asia: New data from Southern Siberia, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2020, Vol. 31, Art. no. 102383.
- Wensuo L. On iron metallurgy and related questions in ancient Xinjiang during the Xiong-nu and Turks Periods, *Historical Ethnology*, 2016, no. 1 (1), pp. 219-235.
- Wright D.K. Accuracy vs. Precision: Understanding Potential Errors from Radiocarbon Dating on African Landscapes, *African Archaeological Review*, 2017, Vol. 34 (3), pp. 303-319.