

Материалы региональной научно-практической конференции. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. С. 111–113.

*Снопков С.В., Харинский А.В.* Metallургические горны Приольхонья // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири: Материалы III Международной научной конференции. Улан-Батор: Изд-во Монг. гос. ун-та, 2012. Вып. 3. С. 241–246.

*Харинский А.В., Снопков С.В.* Производство железа населением Приольхонья в елгинское время. // Известия Лаборатории древних технологий. Вып. 2. Иркутск, 2004. С. 167–187.

**О.П. Зарицкий**

*Центр развития дополнительного образования детей,  
г. Иркутск, zaritskyp@yandex.ru*

**Опыт реконструкции технологии получения железа,  
используемой древними жителями Прибайкалья**  
(научный руководитель С.В. Снопков)

Цель данной работы – реконструкция металлургического процесса, использованного древними жителями Прибайкалья, путем эксперимента по практическому получению железа с помощью ямного сыродутного горна.

*Изготовление сыродутного железовосстановительного горна.* Форма и размеры горна были выбраны по подобию с горнами, обнаруженными археологами в Приольхонье. [Снопков и др., 2012] В плотном суглинке была выкопана предгорновья яма, глубиной 1.5 м. В стенке ямы был выкопан воронкообразный горн, верхняя фурма (отверстие) которого выходила на поверхность грунта, а нижняя – в предгорновую яму. Горн сделан в виде перевернутой наклонной треугольной пирамиды с закругленными ребрами. Верхняя фурма имеет форму равнобедренного треугольника с основанием 50 см и высотой 65 см. Нижняя фурма выходит в предгорновую яму на глубине 80 см и имеет изометричную форму. Объем горна составил 0.05 м<sup>3</sup>. Для повышения температуры в рабочей камере горна при сгорании древесного угля, стенки горна были футерованы. Толщина обмазки составила 1–2 см.

Верхняя фурма частично была перекрыта каменно-глиняной кладкой. Нижняя фурма была закрыта каменным затвором «пробкой», в верхней части которой было оставлено отверстие сечением 40–50 см<sup>2</sup> для поступления воздуха в рабочую камеру горна.

**Эксперимент № 1** проводился с целью выяснить:

А) Возможно ли получить железо, не используя принудительный поддув воздуха в рабочую камеру горна, а только благодаря естественному поступлению? Во многих литературных источниках сообщается, что древние сыродутные горны работали на естественной тяге, для этого их сооружали на открытых проветриваемых местах (полянах, склонах холмов и др).

Б) В какой пропорции в горн нужно загружать руду и древесный уголь? В литературе, посвященной проблемам черной металлургии, указывается пропорция 1 : 1, или близкая к этому значению.

Ход эксперимента: в горн было послойно загружено 10 кг древесного угля, 1 кг известняковой крошки (флюс) и 6 кг измельченной руды. В качестве руды был использован лимонит. Затем уголь был подожжен и горение продолжалось около 3.5 часа.

Результат эксперимента: в процессе горения угля без использования поддува, температура в горне оказалась ниже уровня, необходимого для образования шлака (ниже 800 °С). Процесс химического восстановления железа шел не очень активно. Из 5.5 кг шихты (совокупность материалов в горне, используемого в металлургическом процессе), извлеченной из горна после окончания горения угля, доля зерен чистого железа составляла не более 30–40 %. Это было определено путем измерения магнитной восприимчивости шихты с помощью каппометра. Если магнитная восприимчивость руды, засыпаемой в горн, составляла 0.003 мЕд.СИ – чистого железа нет, то у шихты она имела значения – 40–50 мЕдСИ. Для сравнения чистое железо достигает – 120–200 мЕдСИ.

По результатам эксперимента № 1 можно сделать следующие выводы:

1) При закладке в горн угля и руды в пропорции 1 : 1 (или близкой к этому значению) не достигается химическое восстановление железа из всего объема руды. Угля должно быть в несколько раз больше, чем руды.

2) Без использования принудительного поддува воздуха в горн, температура в рабочей камере горна небольшого размера не достигает уровня образования шлака и не образуется крица (сгусток губчатого железа).

**Эксперимент № 2** был проведен с целью выяснить:

А) Какой объем воздуха необходимо нагнетать в рабочую камеру горна, чтобы продуктивно шел металлургический процесс?

Б) Что происходит с кусочками руды в горне, если ее мелко не дробить?

Ход эксперимента: в горн было послойно загружено 16 кг древесного угля, 1 кг известняковой крошки (флюс) и 4 кг измельченной и кусковой руды. Уголь был подожжен, и для его горения в горн нагнетался воздух. Для этого использовался бытовой насос, благодаря которому нагнетался воздух в объеме 0.1–0.2 м<sup>3</sup>/мин. Горение угля продолжалось около 5 часов.

Результат эксперимента: после окончания процесса горения, была вскрыта нижняя фурма рабочей камеры горна, но шлак из нее не вытек. Затем из горна была извлечена шихта, которая представляла собой спекшуюся массу из древесного угля, шлака и зерен железа. Магнитная восприимчивость шихты составила 80–100 мЕд.СИ, что показывает большое содержание чистого железа. В шихте недробленные кусочки руды практически полностью восстановились до чистого железа.

По результатам эксперимента № 2 можно сделать следующие выводы:

1) Для того, чтобы температура в горне достигала 800–1000 °С, необходимо использовать более мощное нагнетательное устройство (мехи), чем то которое было использовано в эксперименте и, соответственно, процесс получения железа в подобном горне требует больших объемов используемых компонентов (угля, руды, флюса).

2) Для процесса восстановления железа руда не обязательно должна быть измельчена в порошок. Небольшие кусочки руды (2–3 см в поперечнике) также успешно подвергаются химическому восстановлению.

3) Использование принудительного нагнетания воздуха позволило в небольших объемах получить шлак. Эксперимент по получению железа с помощью железно-восстановительного горна необходимо продолжить.

## Литература

- Беккерт М.* Мир металла. М.: Мир, 1980. 152 с.
- Снопков С.В., Ретина И.А.* Использование кирпичей при сооружении железовосстановительных горнов в Прибайкалье // Социогенез Северной Азии: прошлое, настоящее, будущее. Материалы региональной научно-практической конференции. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. С. 111–113.
- Снопков С.В., Харинский А.В.* Металлургические горны Приольхонья // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири: Материалы III Международной научной конференции Улан-Батор: Изд-во Монг. гос. ун-та, 2012. Вып. 3. С. 241–246.
- Фримантл М.* Химия в действии в двух частях. Часть 2 М.: Мир, 1991. 622 с.
- Харинский А.В., Снопков С.В.* Производство железа населением Приольхонья в элгинское время // Известия Лаборатории древних технологий. Вып. 2. Иркутск, 2004. С. 167–187.

*М.А. Портнягин*

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск,  
matirk96@rambler.ru*

### **Результаты изучения остатков железовосстановительных горнов на реке Белая (Приангарье) (научный руководитель С.В. Снопков)**

В Прибайкалье обнаружены многочисленные следы деятельности древних металлургов (шлаки, куски обожженной обмазки). Территориями, где наблюдается наиболее высокая концентрация находок железовосстановительной и кузнечной деятельности, являются: Приольхонье (западное побережье Байкала); Кудинская долина (река Куда – левый приток Ангары); Тункинская долина (среднее течение реки Иркут) и берега Ангары. В целом, вопрос о древних технологиях получения и обработки железа является малоизученным для Прибайкалья [Снопков и др., 2005; Харинский и др., 2004].

Интересной находкой следов древнего железоделательного производства стало обнаружение металлургических шлаков на берегу реки Белой (левый приток Ангары). Россыпи шлаков были обнаружены школьниками п.Тайтурка (Усольский район, Иркутская обл.), которые предоставили образцы в Лабораторию археологии, палеоэкологии и систем жизнедеятельности Иркутского национального исследовательского технического университета.

Летом 2014 года на реке Белая работала детская краеведческая экспедиция «В поисках древних металлургов Приангарья», которая была организована Центром развития дополнительного образования детей Иркутской области и Тайтурской средней школой. Экспедиция была поддержана Иркутским областным отделением Русского географического общества и ОАО «Иркутскэнерго», выделившим грант на проведение детских краеведческих исследований. Научное руководство детским ис-