

для изучения памятников черной металлургии в Приольхонье требует своего дальнейшего изучения.

Таким образом, многолетние комплексные исследования памятников черной металлургии в Приольхонье показывают, что использование геофизических методов позволяет не только обнаруживать местонахождение памятников, но и проводить их первоначальную реконструкцию. В результате, геофизические исследования позволяют более рационально спроектировать проведение археологических раскопок.

Литература

Снопков С.В. Поиск и изучение памятников древней металлургии и рудопоявлений железа методами геофизической разведки (на примере археологических и геологических объектов Прибайкалья). // Геоархеология и археологическая минералогия–2015. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 109–114.

Снопков С.В. Использование геофизических и геохимических методов при изучении памятников древней металлургии Приольхонья. // Вопросы естествознания. № 4 (12), 2016. С. 99–102.

Снопков С.В. Опыт использования магниторазведки при поиске и изучении памятников древней металлургии железа в Приольхонье (западное побережье Байкала). // Малышевские чтения. Мат. III Всерос. научн. конф. (Старый Оскол, 18–19 мая 2017 г.). Старый Оскол: Изд-во РОСА, 2017а. С. 46–56.

Снопков С.В. Особенности технологии получения железа в Прибайкалье по результатам исследования древних железосиликатных шлаков. // Геоархеология и археологическая минералогия-2017. Миасс: ИМин УрО РАН, 2017б. С. 154–157.

Снопков С.В., Снопков П.С. Реконструкция металлургических центров по производству железа по магниторазведочным данным (Приольхонье, западный берег Байкала) // Интеграция археологических и этнографических исследований. Иркутск: ИрГТУ, 2013. С. 123–126.

Снопков С.В., Харинский А.В. Металлургические горны Приольхонья // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири: Материалы III Международной научной конференции (Улан-Батор, 5–9 сентября 2012 г.). Улан-Батор: Изд-во Монг. гос. ун-та, 2012. Вып. 3. С. 241–246.

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Snopkov S.V. Geophysical prospection and archaeological excavation of ancient iron smelting sites in the Barun-Khal valley on the western shore of Lake Baikal (Olkhon region, Siberia) // Archaeological Prospection. 2018. P. 1–17.

А.М. Назин

*ГАОУ ДО ИО «Центр развития дополнительного образования детей»,
МБОУ СОШ № 18, г. Иркутск,
mail@detirk.ru*

Магнитная восприимчивость шлаков железвосстановительных горнов Приольхонья (Западное Прибайкалье)

(научные руководители *С.В. Снопков, В.Э. Данилевская*)

Приольхонье – западное побережье пролива Малое море озера Байкал – территория, на которой в древности происходило массовое получение железа [Харинский и др., 2004]. Следы черной металлургии прошлого встречаются в виде многочисленных россыпей железосиликатных шлаков. Железосиликатные шлаки – это отходы процесса получения железа. Шлаки, в силу их высокой устойчивости процессам разрушения, служат признаком при поиске памятников древней металлургии железа. Как правило, скопления шлаков располагаются на территории технологических площадок древних металлургов либо вблизи них. Для получе-

ния информации о том, в какой период происходило получение железа и какой технологией для этого пользовались, необходимо проведение археологических раскопок на, как правило, большой площади. Но представление об особенностях технологии получения железа может дать анализ шлаков, даже в том случае, когда железовосстановительные горны не сохранились [Снопков, 2017].

Одним из методов изучения шлаков является измерение магнитной восприимчивости. Магнитная восприимчивость – это физическая величина, характеризующая связь между намагничивающим магнитным полем и возникающей под его действием намагниченностью вещества. Для измерения магнитной восприимчивости используется специальный геофизический прибор – каппаметр. С помощью него производится измерение магнитного потока датчика при внесении исследуемого образца в его рабочее пространство [Снопков, 2016].

В сыродутных горнах получение железа из руды происходит путем восстановления зерен металла под воздействием угарного газа. При температурах, превышающих 1000 °С, в горнах начинается плавление примесей и образование жидкого железосиликатного шлака, представленного, в основном, фаялитом. Часть железа также переходит в шлак. Фаялит является практически немагнитным минералом, а вот зерна восстановленного железа и магнетита, часть которых оказываются в массе шлака, магнитны. Измерение магнитной восприимчивости позволяет оценивать долю чистого железа (и/или магнетита) в шлаках и тем самым делать выводы о технологических особенностях металлургического процесса.

Многолетние результаты измерения магнитной восприимчивости шлаков с металлургических центров Приольхонья показывают, что значения изменяются в широком диапазоне – от 0.5 до 50 млрд. СИ. Причем выпущенные (из горна) шлаки имеют значения, как правило, ниже, чем те, которые остывали в горне (горновые или донные). Кроме того, магнитная восприимчивость шлаков существенно отличается, в зависимости от технологии получения железа. Шлаки из горнов раннего железного века существенно ниже по магнитной восприимчивости, чем шлаки средневековых и более поздних горнов. Это свидетельствует о том, что в более древних шлаках меньше включений железа и магнетита [Снопков, 2017]. Эта зависимость магнитной восприимчивости, обнаруженная в процессе анализа петрофизических данных, позволяет использовать данный петрофизический метод для экспресс-определения типа горна.

В 2017 и 2018 гг. силами детской краеведческой экспедиции обследовались фланги металлургического центра раннего железного века Курминское озеро 1 [Данилевская, 2018]. По результатам работ были открыты новые памятники черной металлургии вблизи уже известных. Кроме того, на новых памятниках проводился сбор образцов шлаков, измерение магнитной восприимчивости и сравнение её с данными полученными ранее.

Всего были изучены шлаки с трех участков. Первый участок находится в 50 м восточнее памятника Курминское озеро 1, второй и третий – в 150 м севернее. Всего были проведены измерения на 42 образцах (первый участок – 8, второй – 16, третий – 17). Измерения проводились с помощью каппаметра КТ-5. По результатам измерений на каждом из участков построены гистограммы распределения магнитной восприимчивости и сравнивались с уже известными.

Проведенные измерения показали, что распределение магнитности шлаков на первом и втором участках подобно распределению магнитной восприимчивости шлаков из горнов раннего железного века. Распределение значений магнитной восприимчивости шлаков с третьего участка оказалось ближе к шлакам из средневековых горнов.

Таким образом, проведенные исследования магнитной восприимчивости шлаков, обнаруженных на новых участках на флангах металлургического центра Курминское озеро 1, по-

казали что два объекта имеют магнитные характеристики подобные горнам раннего железного века, а третий по свойствам ближе к шлакам из средневековых горнов.

Литература

Данилевская В.Э. Обнаружение нового железовосстановительного горна на памятнике «Курминское озеро – 1» (Приольхонье, западное Прибайкалье) // Геоархеология и археологическая минералогия-2018. Миасс: ИМин УрО РАН, 2018. С. 138–140.

Снопков С.В. Использование петрофизических методов в археологических исследованиях. // Геоархеология и археологическая минералогия-2016. Миасс: ИМин УрО РАН. 2016. С. 50–56.

Снопков С.В. Особенности технологии получения железа в Прибайкалье по результатам исследования древних железосиликатных шлаков. // Геоархеология и археологическая минералогия-2017. Миасс: ИМин УрО РАН, 2017. С. 154–157.

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

Д.А. Скрыпниченко¹, Ю.А. Давыденко¹, С.В. Снопков^{2,3}, А.В. Харинский¹

¹ФГУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет

²ГАУ ДО Иркутской области «Центр развития дополнительного образования детей»,

³ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

d.skrypnichenko@mail.ru

Опыт применения электромагнитных зондирований при исследовании средневековой стоянки «Черноруд-2» в урочище Бул-Дурун (Западное Прибайкалье)

Целью данного исследования являлась апробация электромагнитного сканера «Nemfis» на археологических объектах Приольхонья (Западное Прибайкалье). Метод электромагнитного индукционного частотного зондирования (ЧЭМЗ), реализованный в сканере Nemfis, предназначен для изучения пространственного распределения удельного электрического сопротивления (УЭС) до глубины 10 м. [Крылов, 2004] Опытные работы должны были оценить применимость частотного электромагнитного зондирования для картирования верхней части разреза при решении археологических задач в условиях высокоомного геологического разреза. Основной целью эксперимента было выделение эффекта от тонкого приповерхностного слоя четвертичных отложений на фоне низкопроводящих коренных пород.

Электромагнитный сканер «Nemfis» представляет собой трехкатушечный зонд. Генераторный контур излучает электромагнитное поле на 14 частотах в диапазоне от 2.5 кГц до 250 кГц. Сканер «Nemfis» является автономным устройством с внутренним источником питания и постоянным запоминающим устройством. Общая длина зонда в рабочем состоянии 2.75 м. Масса прибора не превышает 10 кг. Управление осуществляется с переносного компьютера или смартфона. Среднее время одного зондирования на всех 14 частотах составляет около 2 сек. Каждое измерение происходит в два этапа: сначала производится измерение прямого поля от генератора (для определения тока), затем измеряется вторичное поле. Максимальная чувствительность зонда сканера находится в области низкого УЭС (0.01–1 Ом*м), что позволяет эффективно выделять проводящие объекты в высокоомной вмещающей среде. Несмотря на то, что данный метод (по заявлению разработчиков) предназначен для исследования геологического разреза на глубину до 10 м, опыт использования сканера на высоко-