ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

С.В.Снопков[1], Г.Г.Матасова[2], А.Ю.Казанский[2], А.В.Харинский[3], Н.О.Кожевников[2]
[1]Центр детско-юношеского туризма и краеведения, Иркутск
E-mail: snopkov_serg@mail.ru
[2] Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск
E-mail: matasovagg@ ippg.nsc.ru; kazanskyayu@ippg.nsc.ru;
kozhevnikovno@ipgg.nsc.ru
[3]Иркутский государственный технический университет
E-mail: kharincky@mail.ru

ИСТОЧНИКИ РУДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗНА В ДРЕВНОСТИ: КУРМИНСКИЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ УЧАСТОК[1]

Введение

Конец I тыс. до н.э. характеризуется широким распространением в Предбайкалье изделий из железа. Большинство из них, вероятно, изготовлялось на месте, о чем свидетельствуют остатки металлургического производства, зафиксированные в разных частях региона. Одним из районов, в котором действовали сразу несколько сыродутных горнов по производству железа, находился на западном берегу пролива Малое море озера Байкал, к юго-западу от реки Курма (рис. 1). К настоящему времени здесь обнаружено три металлургических центра с остатками сыродутных горнов (рис. 2). На двух из них – Курма 18 и Курма 28 – проводились лишь рекогносцировочные работы. С помощью магниторазведки предварительно определено взаиморасположение и пропорции горнов и пригорновых ям. На третьем металлургическом центре Курминское озеро 1 в 1998–2001 гг. заложено два раскопа (Харинский, Снопков, 2004). Раскопом № 1 вскрыта площадь 67 кв.м, раскопом № 2–11 кв.м. В раскопе № 1 выявлены пригорновая яма и соединяющийся с ней канал. Вокруг них располагались горны, выкопанные в плотном желтом суглинке со щебнем. В раскопе № 2 обнаружена яма с несколькими кусками магнетита.

Благодаря результатам радиоуглеродного датирования, взаимному расположению различных конструкций и исследованиям, проведенным на других металлургических центрах Приольхонья (Кожевников, Харинский, 2003; 2005; Харинский, 2003; Кожевников, 2004) удалось установить последовательность сооружения отдельных объектов Курминского озера 1. Первые этап существования центра относится к концу I тыс. до н. э. Около овальной ямы размером 2,0 х 2,3 м в слое плотного суглинка вырывалось несколько воронкообразных горнов, соединявшихся с ней посредством фурм. В начале I тыс. н.э. для работы возле горнов вместо ямы стали использовать траншеи. При этом конструкция горнов практически не изменилась. Вероятно, в середине I тыс. наряду с воронкообразными горнами использовались дугообразные горны. Они были меньших размеров и их фурмы выходили не в специально вырытые ямы или траншеи, а в небольшие углубления.

[1] Исследования выполнялись при финансовой поддержке гранта 10-05-00263 «Исследование памятников древней металлургии железа в Приольхонье методами археогеофизики»

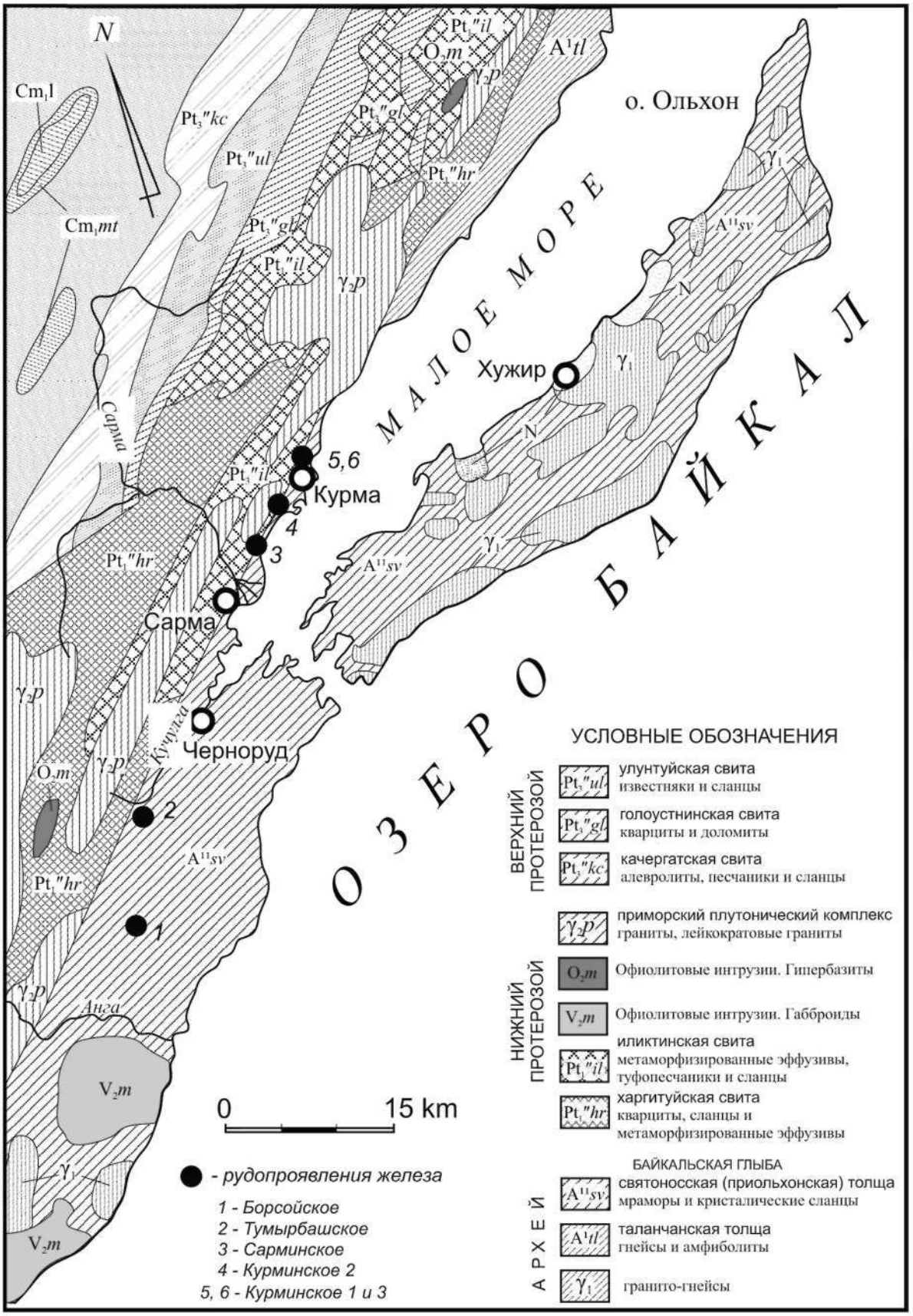

Рис. 1. Геология Приольхонья
Fig. 1. Geology of the Ol'khon region

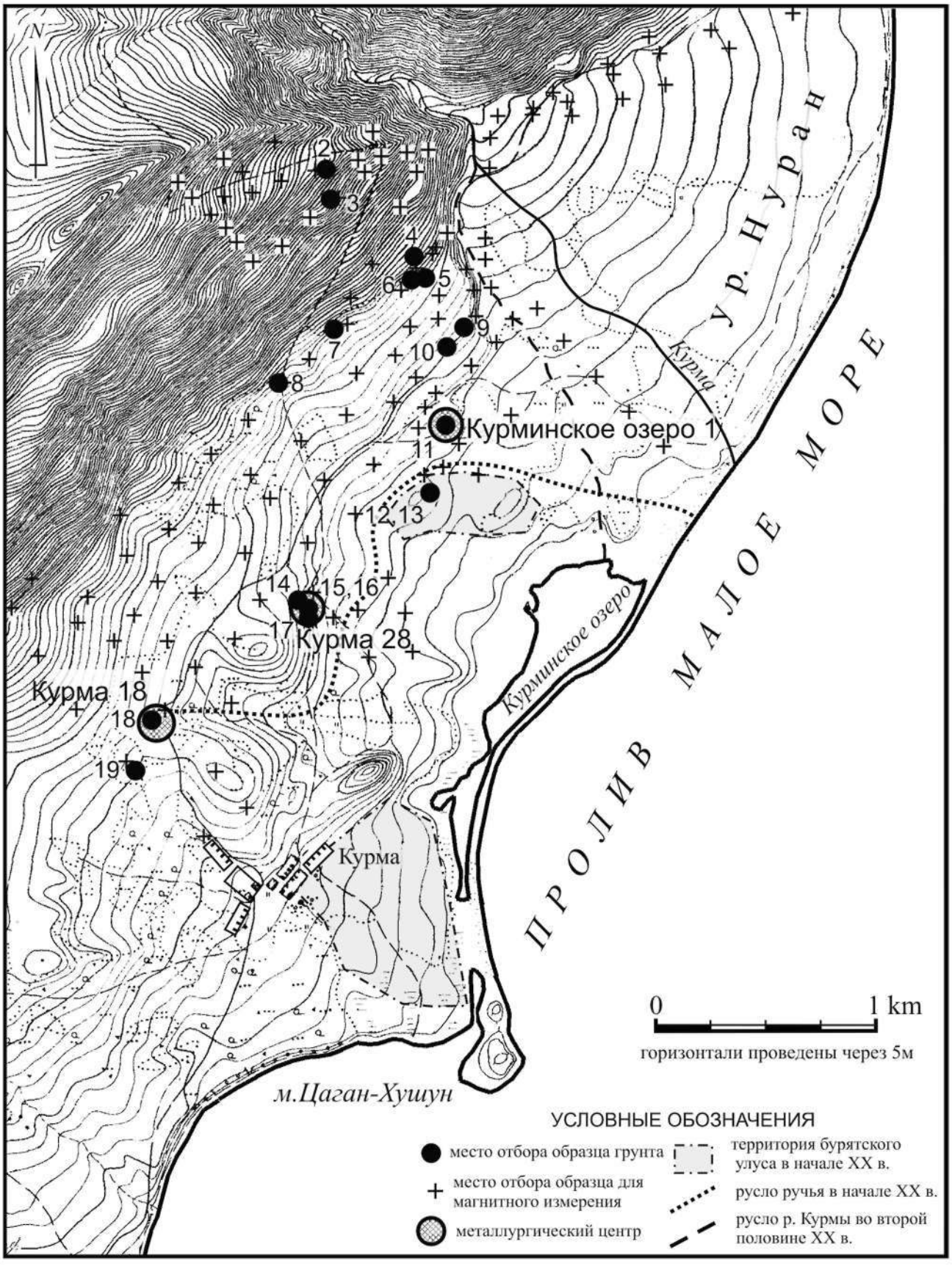

Рис. 2. Карта Курминского археологического участка
Fig. 2. Kurma, archaeological area map

И хотя к настоящему времени в Приольхонье уже исследовано несколько металлургических центров, до сих пор остается нерешённым целый ряд вопросов, связанных с производством железа в этой части Прибайкалья. Среди них важное место занимают аспекты, касающиеся сырья, использовавшегося для получения металла. До сих пор лишь на Курминском озере 1 найдены куски магнетита, которые были принесены сюда специально. Но использовались ли они для производства железа до сих пор не ясно. Возле других металлургических центров остатков железной руды не обнаружено, так же не найдено приспособлений для её размельчения.

Приольхонье не относится к тем районам, где имеются значительные рудопроявления железа. Но для производства этого металла в древности не требовалось такого количества сырья, как для современных промышленных гигантов. Поэтому для его получения могли использоваться и незначительные по объему железа источники. К их числу можно отнести лимонитовые и гематитовые конкреции, часто встречающиеся на поверхности земли в Приольхонье. Но их количества было явно недостаточно для стабильной работы металлургических центров, поэтому вопрос рудной базы древней металлургических центров долгое время оставался открытым.

Попытка приблизиться к решению вопроса об источниках сырья для древних металлургов Приольхонья была предпринята в 2011 г. Работа в этом направлении включала архивные, полевые и камеральные работы. Были изучены все геологические материалы, касающиеся рудопроявлений железа в окрестностях с. Курма. В ходе полевых исследований изучены магнитные свойства верхнего гумусового горизонта почвы, подпочвенного слоя и кристаллических пород на данной территории. Подобные исследования давно зарекомендовали себя как способ получения более полной, детальной, дополняющей традиционные археологические исследования, информации о центрах древнего металлургического производства Великобритании (Powell et al., 2002), Дании (Abrahamsen et al., 2003), Германии (Koppelt et al., 1997). Комплексный подход в решении вопросов, связанных с сырьевой базой производства железа в древности, позволил рассмотреть проблему с нескольких сторон и прийти к ряду выводов.

Геология Приольхонья

В геологическом отношении, Приольхонье относится к складчатому обрамлению Сибирской платформы. Западное побережье Байкала в районе пролива Малое море сложено глубоко метаморфизованными породами ольхонской серии, возраст формирования которой большинство специалистов относит к архею – раннему протерозою (рис. 1). Совокупность пород ольхонской серии и залегающих в них разновозрастных магматических образований, носит название ольхонского кристаллического комплекса. (Кочнев, 2007).

Многоэтапность тектогенеза, метаморфизма и магматизма в районе существенно «затушевали» первичную природу древнейших образований. Это предопределило сложность структуры древней толщи Приольхонья, весь процесс познания которой сопровождается постоянной дискуссией. Общепринятой схемы стратиграфии, тектоники, метаморфизма и магматизма района до сих пор не существует. (Шульга, 2010: 25; Геологические, 1993: 7).

Ольхонская серия сложена кристаллосланцами амфиболового, пироксен-амфиболового и биотит-амфиболового состава, биотитовыми, гранат-биотитовыми и пироксен-амфиболовыми гнейсами, кальцитовыми и доломитовыми мраморами, кварцитами. Для всех пород характерен высокотемпературный метаморфизм в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций, широко развита мигматизация пород. В истории геологического развития ольхонского кристаллического комплекса выявлена сложная, полистадийная метаморфическая эволюция, тесно связанная с деформационными и магматическими процессами региона. Общая мощность ольхонской серии не менее 6–7 км (Кочнев, 2007).

Рифей в Западном Прибайкалье представлен байкальским комплексом, сложенным доломитами, известняками и песчаниками с горизонтами сланцев, мергелей, гравелитов и конгломератов. Мощность комплекса достигает 3500 м (Геологические ..., 1993: 9).

В составе ольхонского кристаллического комплекса широко распространены магматические образования. Они представлены небольшими интрузиями гранитов, пегматитов, базитов и метаультрабазитов, а также крупными массивами гнейсо-гранитов. (Геологические ..., 1993: 11).

Отложения кайнозоя в Приольхонье непосредственно связаны с формированием котловины Байкала. Древнекайнозойские отложения (70–25 млн лет) представлены фрагментарно, установлена их связь с латерит-каолинитовой корой выветривания и появлением древних озер в контуре современной Байкальской котловины, существовавших в условиях жаркого влажного климата. Олигоцен-нижнеплиоценовый комплекс (25–5 млн лет) отражает развитие первичных озер, связанных с современным Байкалом. В это время климат менялся от жаркого влажного до умеренно теплого. Иногда он приобретал семиаридные черты, что сказывалось на составе отложений — появлении карбонатов и гипса. Верхнеплиоцен-эоплейстоценовый комплекс (3,5–0,75 млн лет) отражает эволюцию климата от умеренно теплого, иногда жаркого и сухого к умеренно холодному. С фазой активизации конца раннего – начала позднего плиоцена связан перерыв в накоплении осадков и деформации. Большая часть осадков комплекса имеет прибрежно-озерный, аллювиально-пролювиальный и пролювиально-делювиальный генезис. Мощность обнаженной части разреза более 150 м. Плейстоцен-голоценовый комплекс представлен разрезами речных и озерных террас (Геологические ..., 1993: 10).

Геотектоническая позиция Приольхонья определяется его принадлежностью к Байкальской рифтовой зоне, а также близостью к краевому шву Сибирской платформы и Байкальской горно складчатой области, что обусловило неоднократное проявление разновозрастных геологических процессов (седиментогенеза, магматизма, метаморфизма, тектонической активизации и складкообразования). Образование разрывных нарушений района связано с движениями по краевому шву платформы и формированием Байкальского рифта. Наиболее крупным разломом района является Приморский разлом, входящий в систему краевого шва Сибирской платформы. На территории Приольхонья выделяется три возрастных группы внутри региональных разрывных нарушений – докембрийского заложения, мезозойско-кайнозойской и неоген-четвертичной активизации. Региональное тектоническое районирование Прибайкалья позволяет выделить три геоморфологические области – Приморский хребет, Приольхонское плато и впадина оз. Байкал, разделенные региональными глубинными разломами (Приморским и Приольхонским) (Кочнев, 2007).

В настоящее время в истории геологического развития Приольхонья выявляется пять крупных этапов (Шульга, 2010: 50):

1. ***Седиментационный*** ($AR\text{-}PR_1$) – образование вулканогенно-терригенной ольхонской серии.

2. ***Главный метаморфический*** (PR_1^1) – преобразование пород ольхонской серии в условиях гранулитового метаморфизма, ранняя фаза складчатости, формирование базитов и ультрабазитов.

3. ***Наложенный ультраметаморфический*** (PR_1^2) – гранитизация и мигматизация пород, метаморфизм амфиболитовой фации, поздняя фаза складчатости, формирование гранитов.

4. ***Тектоно-магматическая активизация*** ($R\text{-}PR_2$) - внедрение габбро- диоритов, гранитов и сиенитов.

5. ***Неотектонический*** ($PZ_2\text{-}KZ$) – выход толщ на земную поверхность, формирование рельефа, заложение Байкальской рифтовой зоны.

Одним из главных элементов морфотектоники западного Приольхонья является уступ Приморского сброса, который разделяет рифтовую долину и Приморский хребет. Особенности геоморфологии борта рифтовой долины хорошо наблюдаются на северо-западном побережье Малого Моря. На уступе сброса наблюдаются расплывчатые понижения, плавно выходящие на уплощенную наклонную поверхность у основания склона. Эти понижения являются солифлюкционными долинами. Материал, вовлеченный в солифлюкционный поток, образует куполовидные скопления у подножья склона. Это связано с тем, что зона разлома поглощает грунтовые воды, и солифлюкционное течение грунтов прекращается. (Уфимцев, 1995: 91–92).

Приморский сброс осложнен многочисленными промежуточными тектоническими ступенями. Процесс возникновения, погружения и денудационно-тектонического разрушения этих ступеней обуславливает расширение днища рифта. Промежуточные ступени на склоне Приморского хребта ярко проявлены в районе рек Сарма и Курма и представляют собой систему небольших блоков в нижней части борта рифта (Уфимцев, 1995: 94-95).

Источники железной руды

На территории Приольхонья, в том числе на участке западного побережья Малого моря в районе рек Сарма и Курма, встречается несколько типов железных руд. В минерагеническом отношении участок относится к Тажеранской металлогенической зоне, в которой широко распространены магматогенные, метаморфогенные и полигенные полезные ископаемые, в том числе железные руды. (Кочнев, 2007; Шульга В.В., 2010: 58).

Магматогенные железные руды. К магматогенным проявлениям железных руд относится магнетит гранит-аплитовых, гранит-пегматитовых и кварцевых жил. Эти жильные тела несут преимущественно вкрапленные и гнездовые скопления магнетита – рассеянные зерна или кристаллы достигают величины до 3 см, реже 12 см в поперечнике. Магнетит в гранит-пегматитовых жилах встречается в Приольхонье достаточно часто. Указанные жильные тела, продолжительные по простиранию обычно не обладают большой мощностью и не содержат значительных концентраций магнетита (Кульчицкий, 1953: 16-20). Гнезда магнетита до 2 см в поперечнике встречаются недалеко от с. Курма – на мысе Хадарта.

Из-за незначительных концентраций магнетит пегматитовых жил если и использовался древними металлургами в качестве руды, то лишь как второстепенное сырье.

Метаморфогенные железные руды. К метаморфогенным железным рудам относятся, встречающиеся в составе пород Ольхонской серии, тонкополосчатые железистые кварциты (Шульга, 2010: 28). Макроскопически железистые кварциты представляют собой темносерую, с синеватым оттенком, плотную тяжелую породу тонкополосчатой текстуры. Порода сильномагнитная – воздействует на магнитную стрелку компаса. Рудные (темные) прослои сложены магнетитом и кварцем с преобладанием первого, «безрудные» (серые) прослои слагаются теми же минералами в обратном соотношении. Содержание железа в магнетитовых кварцитах изменяется от 20 до 48 % (Кульчицкий, 1953: 18).

Такие кварциты также встречаются во многих местах Приольхонья, в том числе и в окрестностях с. Курма. Анализ образца, отобранного близ с. Курма, проведенный доцентом ИрГТУ И.Н. Семейкиным, показал, что железистый кварцит имеет гранобластовую, мелкозернистую структуру и полосчатую текстуру. Состав: 70 % кварца и 30 % магнетита. Магнетит в мелких (0,01–0,05 мм) изометричных и уплощенных зернах равномерно рассеян в кварце. В крупных узорчатых удлиненных выделениях размером до 3,0 мм он образует линзовидно-полосчатые формы толщиной до 4,0 мм.

Высокая прочность кварцитов, осложняющая процесс их дробления, затрудняет использование этих минералов в металлургическом процессе.

Бурые железняки коры выветривания. К классу полигенных относятся месторождения и рудопроявления бурых железняков в коре выветривания. (Шульга, 2010: 58–61) Бурожелезняковые руды наиболее широко развиты в Приольхонье. По данным Б.А. Артемьева (Артемьев, 1926: 45–55) и А.С. Кульчицкого (Кульчицкий, 1953: 15–26), на западном побережье Байкала, между устьями р. Б. Голоустная и Онгурены, т.е. на протяжении приблизительно 165 км, имеются многочисленные (около 40) рудопроявления и месторождения бурого железняка. Здесь известно несколько месторождений: Тумырбашское, Нарын-Елгинское, Борсойский Тажеран, Борсойское и Петрово-Поповское (рис. 1). На базе этих месторождений в XVIII в. работал Ланинский железоделательный завод на р. Анге.

Чаще всего проявления бурых железняков представляют собой сильно вытянутую в направлении простирания коренных пород горизонтальную залежь. По описанию исследователей, такие залежи могут представлять россыпь бурожелезняковой гальки, состоящей либо из плотного чистого бурого железняка, либо из брекчиеобразных образований, в которых округлые мелкие зерна кварца скреплены плотным бурожелезняковым цементом. Также залежь может быть представлена порошковидными, комовидными, валунчатыми и конкреционными образованиями. В залежах бурожелезняковых руд наблюдаются определенные объемные соотношения между «твердой» и «рыхлой» массой рудного тела, колеблющиеся в пределах 1:1 до 1:6. Бурые железняки представлены лимонитом, гематитом и мартитом. Содержание железа в рудах изменяется от 11,7 до 61,1 % (Fe_2O_3 до 80%); в некоторых скоплениях присутствует до 3,9 % окиси марганца. Размеры залежей достигают в длину до 150–250 м, ширина (в редких случаях) – 60 м. Мощность залежей меняется в широком диапазоне от десятков сантиметров до нескольких метров. Высказывались предположения, что мощность может достигать 30 м. (Кульчицкий, 1953: 32)

Исследователи отмечали, что бурожелезняковые залежи, как правило, расположены рядом с выходами кристаллических известняков, и приурочены к контактам последних с гнейсами. Иногда наблюдается постепенный переход бурого железняка в известняк, покрытый тонкой коркой оруденения. (Артемьев, 1926: 45–55). А.С. Кульчицкий считал, что характерной особенностью скоплений бурого железняка является их приуроченность к древним долинам и котловинам, часто развивающихся по кристаллическим известнякам архея. (Кульчицкий, 1953: 45).

Образование бурожелезняковых руд исследователи объясняют инфильтрацией гидротермальных растворов непосредственно в коренные породы, зоны дробления и в остаточную кору выветриванияю (Артемьев, 1926: 46). Исследования последних лет позволили уточнить генезис этих руд. Согласно мнению А.П. Кочнева и В.В. Шульга, образование месторождений железа и марганца в Приольхонье является результатом многостадийного процесса минерагенеза (Шульга, 2010: 157–161).

1. На стадии осадконакопления и регионального метаморфизма в толще пород сформировалась минерализация рассеянного типа (железистые кварциты, обогащенные железом и марганцем минералы – пироксены и амфиболы);

2. На стадии ультраметаморфизма, гранитизации и мигматизации в купольные, линейно вытянутые структуры (антиклинальные ядра складок) происходил привнос тепла, SiO_2, K_2O. В результате произошло формирование массивов гранито-гнейсов и мигматитов. Мигматитовые массивы имеют линейно вытянутую форму, так же как и контролирующие их складчатые структуры. Эти процессы сопровождались миграцией *Fe, Mn, Mg, Ca* из областей мигматизации в обрамляющие их вмещающие породы (межкупольное пространство). На флангах мигматитовых массивов образовались участки с повышенными концентрациями железа, марганца и других элементов.

3. На стадии тектоно-магматической активизации за счет фильтрации постмагматических гидротермальных растворов происходило обогащение этими элементами проницаемых зон дробления и трещиноватости;

4. На стадии формирования поверхности выравнивания и коры выветривания происходила инфильтрация низкотемпературных растворов по зонам дробления, за счет чего образовались бурые железняки, окислы марганца и т. д.

Заключительная стадия процесса минерагенеза связана с формированием линейно-площадной латерит-каолинитовой коры выветривания в условиях влажного жаркого субтропического и тропического климата, в конце мела – среднего олигоцена (70–27 млн л. н.). В этот период Прибайкалье представляло собой слабо приподнятое денудационное плато и происходило активное денудационное выравнивание обширных территорий. К этому же времени относятся самые ранние проявления щелочно-базальтового вулканизма, с которым, по-видимому, связаны гидротермальные инфильтрационные процессы, наложенные на позднемел-палеогеновую кору выветривания (Мац, 2001).

Таким образом, залежи бурожелезняковых руд связаны с остаточными фрагментами позднемел-палеогеновой коры выветривания, измененной под действием инфильтрации низкотемпературных растворов, связанных с проявлением щелочно-базальтового вулканизма.

На участке западного побережья Малого моря, в районе рек Сарма и Курма, находки бурых железняков впервые были отмечены И.Д. Черским. (Черский, 1886). А.С. Кульчицкий в сводке данных по рудоностности «Прибайкальский железорудный район» (Кульчицкий, 1953) указал 4 бурожелезняковых проявления в этом районе: Сарминское, Курминское Первое, Курминское Второе, Курминское Третье (рис. 1). Эти рудопроявления представляют скопления бурожелезняковой гальки в окрестности деревни Курма и местности Сарминский летник. В «Журнале по поискам железных руд по берегам озера Байкал с ноября 1897 по март 1898 г.» И.А. Пономарёва (Кульчицкий, 1953: 50) указывается, что в районе улуса Курма Н.Е. Глотовым сделано три заявки на «Курминском месторождении». «*Первая заявка (заявочный столб) не больше полверсты от берега озера, вернее от улуса Курминского* (находился на берегу Курминского озера – авт.). *Второй явочный столб – по простиранию жилы две версты от столба первого, а от берега Малого моря озера Байкал в одной версте и от улуса – s версты. Третий столб находится на горе довольно высокой; от берега Малого моря версты две по прямому направлению и от хребта не более 200 или 300 саженей*». Месторождение, по описанию И.А. Пономарева, представляет собой пласт бурого железняка - «*по виду жилистое*», и по простиранию доходит до шести верст; «*толщины по наружному виду* (мощность пласта – авт.) *можно считать до полторы сажени, а по 3-ей заявке можно считать более двух саженей*».

Точное месторасположение этих скоплений приводится только для проявления Курминское (Курминское Второе, Заявка Н.Е. Глотова № 3). Это рудопроявление расположено в 1,3 км от берега Малого моря, в 2 км к северо-западу от мыса Хадарта и в 3.5 км к юго-западу от с. Курма. Результатом поисковых работ, проведённых в 1940 г. Иркутским геологическим управлением, стало обнаружение «трех жил железняка - одна бурая и две черные» (Мац, 1955: 72). Летом 1950 и 1951 года район Курмы был исследован геологами Сарминской партии Иркутского геологического управления. В результате была обнаружена старая заваленная горная выработка (размером 2 х 2 м), в отвалах которой встречены глыбы бурого железняка, обнаружены делювиальные свалы железных и марганцевых руд. Участок, где были обнаружены железные и марганцевые руды, расположен на юго-восточном склоне Приморского хребта (абсолютная высота – 680–700 м). По мнению исследователей, склон хребта на данном участке осложнен широкой сухой долиной, идущей параллельно склону. К этой древней долине приурочены рудопроявления железа и марганца. С северо-востока и юго-запада в эту долину врезаются крутые современные распадки рек, впадающих в Байкал (Мац, Бабкин, 1955: 72; Кульчицкий, 1950: 7).

Участок сложен преимущественно из гнейсов, среди которых встречаются горизонты кристаллических известняков большой мощности, линзовидные тела амфиболитов (чаще в

известняках) и мелкозернистые пегматиты (Кульчицкий, 1950: 7–8). По описанию В.Д. Маца, «*оруденение представлено серией тонких прожилков, образующих в сумме жилоподобные тела штокверкового типа. В зоне окисления образуются сплошные рудные «тела» типа «железной шляпы»*» (Мац, Бабкин, 1955: 74).

Бурожелезняковая галька в изобилии встречается вблизи д.Курма в районе выхода коренных пород (возможно, это и есть заявка Н.Е.Глотова № 1). Россыпь бурого железняка пространственно расположена на участке выхода кристаллических известняков, вблизи контакта последних с гнейсами. В самой толще гнейсов также встречается бурый железняк в виде корочек на поверхности, тонких прожилок внутри вмещающих пород.

Поверхностные залежи бурых железняков и россыпи рудной гальки являются наиболее вероятным сырьем для получения железа в древности, так как легко доступны для добычи и имеют высокое содержание железа (до 60 %).

Ожелезненные нижнепротерозойские породы. Кроме вышеуказанных типов железных руд встречающихся на территории распространения архейских и раннепротерозойским образований Ольхонской серии, следует отметить ожелезненные нижнепротерозойские породы Приморского хребта (амфиболиты, гнейсы и кристаллосланцы). Эти породы, имеющие повышенное содержание магнетита, нередко напоминают железистые кварциты (Кульчицкий, 1953: 48; Салоп, 1964: 138). Относятся они к иликтинской свите, сложенной различными метаморфизованными осадочно-вулканогенными отложениями (Салоп, 1964: 138). Во время геолого-поисковых работ на Приморском хребте обнаружены многочисленные проявления таких оруденелых пород (Кульчицкий, 1953: 48) .

В верховьях бассейна реки Иликты находятся Мало-Иликтинское и Еленинское рудопроявления (Мац, 1959: 90). Магнетитовые руды этих проявлений (похожие на железистые кварциты) приурочены к толще серицито-хлоритовых сланцев, где они образуют ряд пропластков, прослеженных на протяжении до 1 км. Мощность прослоев железистых кварцитов изменяется от 10 см до 3,25 м; чаще – 20–40 см. Рудные прослои неравномерны по простиранию, часто выклиниваются. Протяженность выхода железистых кварцитов по простиранию достигает 400 м. Руда часто полосчатая; полосчатость обусловлена чередованием слоев ожелезненного кварцита со слоями сплошного магнетита. Порода сильномагнитна. Химический анализ руды показал, что содержание в них железа составляет 25–43 %. Оруденелые сланцы также обнаружены на реке Нуган, левом притоке реки Сарма (Кульчицкий, 1953: 16).

В Приольхонье нижнепротерозойские породы иликтинской свиты обнажаются на склоне Приморского хребта от реки Харга до мыса Улан-Хан. Проведенное изучение магнитных свойств пород иликтинской свиты, в районе с. Курма, показало, что магнитная восприимчивость гнейсов и кристаллосланцев изменяется в широком диапазоне от 0,4 до 228 $x10^{-3}$ СИ. Высокие значения магнитной восприимчивости свидетельствуют о том, что в толще встречаются пропластки с высоким содержанием магнитных минералов (магнетит, маггемит). Результаты исследования рудопроявлений на Малой Иликте позволяют предположить, что на склоне Приморского хребта в районе Курмы, среди ожелезненных пород иликтинской свиты, могут встречаться сильно оруденелые породы – железистые кварциты. К таким породам относятся образцы магнетитовых кварцитов, обнаруженных при раскопках металлургического центра Курминское озеро 1 (Харинскй, Снопков, 2004).

Магнетит делювиальных отложений. Еще одним источником рудного материала, встречающимся в районе с.Курма является магнетит делювиальных отложений. Измерения магнитных свойств поверхностных грунтов у подножья и на склонах Приморского хребта показали, что концентрация магнитного материала в грунтах крайне неоднородна. Величина магнитной восприимчивости грунтов меняется на 2 порядка (в 100 раз) – от 0,24 до 37 x 10^{-3} СИ. Источником магнитного материала – магнетита, концентрируемого в отложениях предгорий хребта, являются ожелезненные гнейсы и кристаллосланцы иликтинской свиты.

Оруденелые породы, разрушаясь под действием факторов выветривания, дают обильный магнитный материал. Под действием гравитационного сползания и плоскостного смыва продукты выветривания перемещаются вниз по склону. Плоскостной смыв происходит более или менее равномерно по всей поверхности склона и увлекает за собой илистые, глинистые и песчаные частицы. Наиболее легко смывается мелкозем, заполняющий промежутки между глыбами в каменной россыпи. Смываемый со склона рыхлый материал отлагается у его основания, где скорость течения струек вод снижается. Причем тяжелый и легко впитывающий воду материал (песок, дресва) отлагается быстрее, чем легкий и водоупорный (глина, ил). Поэтому магнетитовый песок, имеющий высокую плотность, отлагается узкой полосой в зоне перехода склона Приморского хребта в предгорную равнину.

Для оценки характера распространения магнитного материала в делювиальных отложениях предгорной равнины был проведён отбор проб подпочвенных грунтов (всего 19 проб). Данные по отобранным образцам приводятся в табл. 1. Номера образцов в таблице соответствуют номерам на рис. 2.

Таблица 1

Результаты магнитной сепарации образцов грунта

№ образца[1]	Вес пробы, г	Вес магн. фракции, г	Содержание, %	Примечание
1	48,5	4,1	8,45	Подножие хребта, СВ оконечность урочища Нуран
2	55,3	5,4	9,77	Склон хребта
3	52,4	5,8	11,07	Склон хребта
4	51,7	5,5	10,64	Подножие хребта
5	56,7	3,2	5,64	Подножие хребта
6	51,1	5,4	10,57	Подножие хребта
7	55,3	1,9	3,44	Подножие хребта
8	50,4	2,3	4,56	Подножие хребта
9	53,9	4,9	9,09	Пологий склон
10	56,4	3,2	5,67	Пологий склон
11	52,4	1,3	2,48	Курминское озеро 1
12	49,4	0,8	1,62	Старый улус
13	50,4	0,8	1,59	Старый улус
14	104,9	3,0	2,86	К СЗ от Курмы 28
15	73,7	2,0	2,71	Курма 28, серая супесь
16	52,1	0,0	0,0	Курма 28, желтая супесь
17	51,9	1,3	2,5	К Ю от Курмы 28
18	49,7	1,3	2,62	Курма 18
19	52,7	1,3	2,47	К ЮЗ от Курмы 18

[1] Номер в таблице соответствует номеру на рис. 2.

Образцы отбирались с разных гипсометрических отметок в районе, где расположены металлургические центры, – от северо-восточной оконечности урочища Нуран (№ 1) до с. Курма (№ 19). Два образца (№ 2 и 3) взяты на юго-восточном склоне Приморского хребта, обращенном в сторону Курмы, на высоте 270–310 м от уровня Байкала (рис. 2). Шесть проб отобраны у подножия хребта на высоте 80–110 м от уровня Байкала. Одна из них взята у северо-восточной оконечности урочища Нуран (№ 1) и пять к юго-западу от р. Курма (№ 4–8). Два образца отобраны в нижней части пологого склона, примыкающего с юго-востока к Приморскому хребту, на высоте 55–60 м (№ 9, 10). Между пологим склоном шириной 400–

450 м и Байкалом располагается предгорная равнина. В её верхней части отобрано девять проб. Один образец взят возле металлургического центра Курминское озеро 1, в 750 м к юго-западу от р. Курма (№ 11). Два образца отобраны в западной части холма, на котором в начале XX в. располагался бурятский улус (№ 12, 13). Высота этих участков равнины над уровнем Байкала составляет 35–40 м. Четыре образца отобраны возле металлургического центра Курма 28, в 100 м к юго-западу от источника Серебряный ключ, на высоте50–60 м (№ 14–17). Ещё две пробы взяты возле металлургического центра Курма 18, на высоте 75–80 м (№ 18, 19).

Отбор проб грунтов проводился с глубины 5–10 см, в слое серой супеси. Именно на этой глубине зафиксирована наибольшая концентрация в земле магнетита. Для того чтобы проверить наличие магнетита в нижележащих слоях, несколько образцов было отобрано на глубине 20-25 см в слое желтой супеси. В них наличие магнетита не зафиксировано. Данные по одному из этих образцов приводятся в таблице 1 (№ 16).

После того как пробу извлекали из земли, ее сушили, просевали через сито (d отверстий – 2 мм) и взвешивали. Вес просеянных проб составлял около 50 г (табл. 1). Затем из пробы при помощи магнита извлекался магнитный материал.

Магнитная сепарация проб показала, что в грунтах из зоны перехода склона Приморского хребта в предгорную равнину содержится от 3 до 11 % магнитного материала (магнетит, маггемит) (№ 1–10). При удалении от склона хребта, концентрация магнитного материала в грунтах предгорной равнины заметно снижается – до 0–3 % (№ 11–19).

Возможно, древние металлурги могли использовать в качестве руды магнетит из предгорных делювиальных отложений. Магнетитовый песок является идеальным источником руды, не требующим сложной предварительной обработки. Сепарация магнетитового песка могла осуществляться путём отмывки грунта.

Методика петромагнитных исследований

Поиск возможных источников сырья для производства железа в окрестностях с. Курма в древности позволил определить несколько типов руд, пригодных для этого. Степень концентрации железа в каждой из них различна, и проверить ее можно с помощью химического анализа образцов. Для того, чтобы составить общую картину насыщенности района с. Курмы железными рудами, необходимо обработать значительное количество проб, отобранных в различных геоморфологических ситуациях. Трудоемкость этой процедуры предполагает использование более простых способов предварительного определения концентрации залежей железа. Хорошо фиксируемые магнитные свойства этого химического элемента позволяют определить его наличие с помощью петромагнитных исследований. Это не требует отбора большого количества образцов и их лабораторного изучения. Значительный объём работ выполняется в полевых условиях и позволяет достаточно быстро составить предварительную картину размещения железосодержащих отложений и минералов.

Участок для площадных петромагнитных исследований в окрестностях с. Курма составил ~ 3,5 х 4,5 км^2. Он располагался между 53,17 ° и 53,23 ° с.ш. и 106,94 ° и 107,01 ° в.д. (рис. 2). Отбор проб для лабораторных измерений производился в 140 точках на поверхности грунта на глубине от 5 до 17 см. Кроме проб грунта, для магнитных измерений в обнажениях и свалах отобраны типичные образцы кристаллических пород.

Магнитные свойства горных пород и рыхлых отложений определяются:
1) концентрацией магнитных минералов, 2) их составом и 3) размером магнитных частиц. Все эти параметры являются функцией среды образования и преобразования пород, т. е. зависят от генезиса пород, состава магмы, степени метаморфизма, интенсивности

выветривания, географических и климатических условий, для рыхлых отложений – от источника сноса обломочного материала, способа и дальности транспортировки. По набору значений различных магнитных характеристик, их сочетаниям и соотношениям можно восстанавливать с достаточной степенью достоверности физико-химические условия образования пород.

На всех образцах были измерены следующие магнитные параметры:

1. Концентрационно-чувствительные магнитные характеристики: общая объемная или массовая магнитная восприимчивость, измеренная на низкой частоте (X_{LF}) и высокой частоте поля (X_{HF}); намагниченность насыщения (Js) и остаточная намагниченность насыщения (Jr). Эти характеристики зависят, главным образом, от концентрации магнитного материала в породе.

2. Термомагнитные характеристики – температуры Кюри магнитных минералов при нагреве образцов до 700 °С – диагностический признак состава магнитных минералов.

3. Гистерезисные характеристики – коэрцитивная сила (Bc), остаточная коэрцитивная сила (Bcr). Эта группа параметров является структурно-чувствительной и одновременно характеризует соотношение магнитожестких и магнитомягких минералов в магнитной фракции.

Низкочастотная и высокочастотная магнитная восприимчивость измерялась на приборе Bartington MS2 с двухчастотным датчиком, гистерезисные характеристики получены на коэрцитивном спектрометре конструкции П.Г. Ясонова [Jasonov et al., 1998], термомагнитные измерения в модификации Js(T) проводились на анализаторе фракций (весах Кюри) конструкции Ю.К. Виноградова (ИФЗ РАН). Для детализации и уточнения магнитных свойств образцов грунта и пород использовались расчетные параметры: 1) характеризующие наличие и вклад суперпарамагнитных минералов – $FD=100\%*(X_{LF}-X_{HF})/X_{LF}$; $FD=X_{LF}-X_{HF}$; 2) оценивающие магнитную жесткость образцов – $S=Jrs_{(-300)}/Jrs$; Парамагнитная восприимчивость (Xp) и намагниченность парамагнетиков (Jp), ферромагнитная восприимчивость (Xfer) и намагниченность ферромагнетиков (Jfer) рассчитаны из параметров петли магнитного гистерезиса и характеризуют вклад парамагнетиков и ферромагнетиков в общие магнитные свойства пород. Все измерения выполнены по общепринятым методикам (Yoshida et al., 1994; Dunlop, Özdemir, 1997).

Результаты измерений магнитных характеристик

Концентрационно-чувствительные магнитные характеристики. На исследованной территории выделяется, как минимум, три типа почв:

– гидроморфные или полугидроморфные почвы чёрного цвета, сформировавшиеся на аллювиальных отложениях водотоков местного значения (р. Курма, ручей Серебряный источник и др.), впадающих в озеро Байкал. Эти почвы подвергаются частому и обильному переувлажнению в результате паводков рек, происходящих при таянии горных ледников, сильных ливнях;

– почвы предгорья, покрывающие холмистую поверхность водоразделов. Это степные почвы темно-коричневого цвета, песчаные, грубозернистые;

– почвы горных склонов, темно-серого цвета, содержащие большое количество дробленого материала от песчаной до крупнообломочной размерности.

Низкочастотная объёмная магнитная восприимчивость (X_{LF}) верхнего слоя почвы меняется на 2 порядка, от 40 до 4000 10^{-5} ед. СИ. Наиболее низкими значениями (40–400 10^{-5} ед. СИ) обладают почвы первого типа, сформировавшиеся на аллювиальных отложениях, это приблизительно 20 % изученной территории. Средние значения (400–1200 10^{-5} ед. СИ) характерны для открытых мест междуречий, предгорья и низких склонов. Такой разброс

значений магнитной восприимчивости покрывает 50 % изученных образцов. Почвы с высокими значениями магнитной восприимчивости (>1200 10^{-5} ед. СИ, ~30 % от общего количества образцов) расположены на крутом горном склоне вблизи выходов коренных пород и узкой полосой у подножья гор на высоте 600–1000 м над уровнем моря.

Измерения магнитной восприимчивости подпочвенного слоя (на глубине в среднем 10 см) показали приблизительно те же значения и не изменили картину распределения магнитных параметров по площади, поэтому далее различий между верхним почвенным слоем и подпочвенным слоем не делается.

Для определения источника магнитного материала, содержащегося в почвах, были отобраны образцы горных пород на окружающей территории, обладающие высокой магнитной восприимчивостью по измерениям, проведённым непосредственно в поле каппометром чешского производства КТ-5. По цвету, текстуре, степени вторичных изменений (окислению, ожелезнению) и магнитности образцы были подразделены на 3 группы: 1) гнейсы и гранитогнейсы; 2) железистые кварциты; 3) бурые железняки.

Породы первых двух групп высокомагнитны. Они найдены как в коренных обнажениях, так и в виде обломков на всей изученной территории. Их магнитная восприимчивость изменяется от 600 до 9600 10^{-5} ед. СИ. Эти значения в среднем совпадают с почвенными, но максимальные величины приблизительно в два раза выше, чем самые высокомагнитные почвы вблизи выходов коренных сильномагнитных пород. Наименьшими значениями магнитной восприимчивости обладают граниты гнейсовидные (гранитогнейсы). Диапазоны изменения магнитной восприимчивости гнейсов и кварцитов перекрываются. Бурые железняки, обнаруженные в корах выветривания, в свалах бортов обнажений, представляют собой преимущественно труху выветрелых гранитогнейсов. Эти рыхлые отложения буро-рыжего цвета показывают относительно низкую магнитную восприимчивость (20–200 10^{-5} ед. СИ).

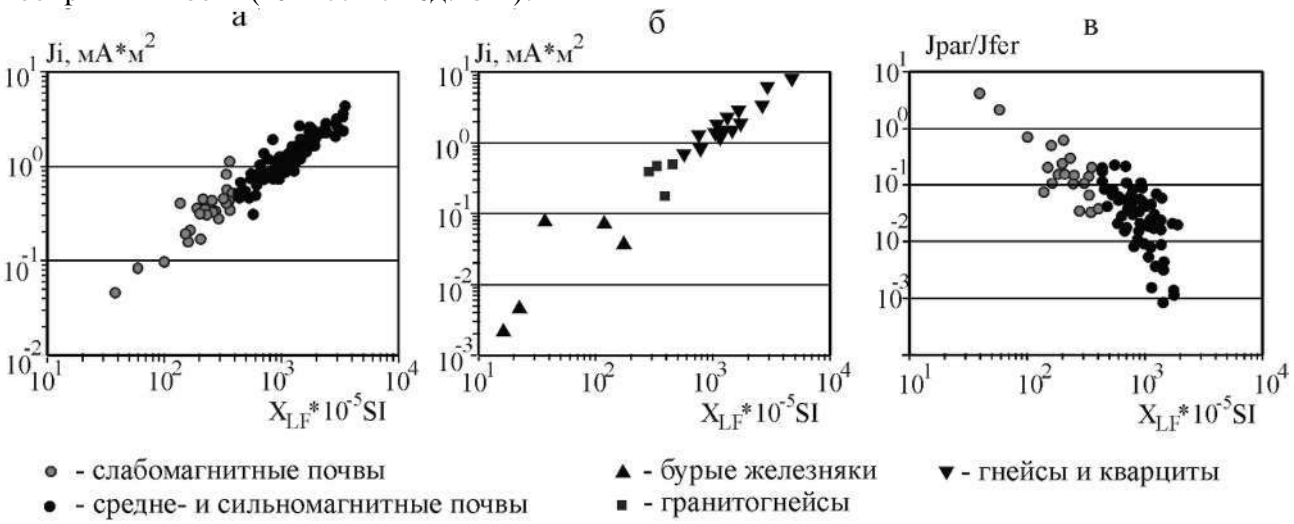

Рис. 3. Взаимосвязи между концентрационными магнитными характеристиками:
а – в почвах, б – в породах; в – вклад парамагнитных минералов в магнетизм почв
Fig. 3. Correlation between concentration-dependent magnetic characteristics:
a – in soils, b – in rocks; c – contribution of paramagnetic minerals to soil magnetism

Между всеми концентрационными магнитными параметрами наблюдается тесная корреляционная связь, коэффициенты корреляции для параметра X_{LF} варьируют от 0,75 (с Jr) до 0,95 (с Ji, Jfer). Если рассматривать корреляционные связи внутри различных групп образцов, то связи магнитной восприимчивости с различными видами намагниченностей немного ослабляются в группе относительно слабых образцов (R=0,6ч0.7), но при этом связи

между намагниченностями остаются на высоком уровне. В других группах образцов связи между концентрационными параметрами остаются очень высокими. В группе слабых образцов вклад парамагнитных минералов, оцениваемый параметрами Xpar, Jpar и их отношением к ферромагнитному компоненту, варьирует от 5 до 40 %, и даже превышает вклад ферромагнетиков в двух самых слабых образцах (рис. 3в). Вклад парамагнитных минералов в магнитные свойства пород очень мал, не превышает 1 %, за исключением бурых железняков, в которых он может достигать 10 % (на рисунке не приведен).

Такие взаимозависимости свидетельствуют о том, что магнитные свойства образцов обеспечиваются главным образом ферримагнетиками, на их фоне вклад парамагнитных (за исключением самых слабых образцов) и антиферромагнитных минералов пренебрежимо мал. Этот вывод подтверждается и распределением концентрационных магнитных характеристик о площади на рис. 4. Для корректного сравнения между собой диапазоны изменения всех характеристик приведены к интервалу от 0 до 1.

Термомагнитные характеристики. Термомагнитные измерения, заключающиеся в анализе поведения Js(T) в процессе нагрева проб до 700 °C, в подавляющем большинстве случаев фиксируют температуру Кюри магнетита либо очень близкого к нему по составу титаномагнетита (540–580 °C) (рис. 5а). В нескольких образцах, в основном в образцах слабомагнитных почв, остаточная величина Js составляет до 3–4 % после нагрева свыше 580°C от первоначальной величины Js, что может свидетельствовать в пользу присутствия малого количества гематита либо быть обусловленным парамагнитным фоном (рис. 5в), который, как уже было показано выше (рис. 3в), в слабомагнитных почвах может быть значительным. На кривых второго нагрева средне- и слабомагнитных почв возможно появление новой магнитной фазы, судя по точкам Кюри, магнетита, который может являться продуктом отжига органического вещества гумусового горизонта почв.

В составе гнейсов, гранитогнейсов и кварцитов обнаружен только магнетит/титаномагнетит с температурами Кюри 540–580 °C (рис. 6а, б). В буром железняке (рис. 6в) значения Js при нагреве выше 700 °C сохраняются постоянными, что свидетельствует о высоком парамагнитным фоне. Кроме того, на кривой первого нагрева бурого железняка фиксируются два перегиба (при T~130 °C и T~350 °C), не воспроизводящиеся при повторном нагреве. Первый перегиб соответствует распаду гидроокислов железа (гётит), второй переходу маггемита в гематит, что приводит к уменьшению Js 1,5 раза.

Если сравнить приведённые результаты с данными на рис. 4, то можно констатировать совпадение состава магнитной фракции почв и коренных пород – гнейсов, гранитогнейсов, кварцитов. Их основным магнитным минералом является магнетит. Вторичные магнитные минералы (гидроокислы железа) бурого железняка в почвах термомагнитными исследованиями не обнаружены.

Гистерезисные и структурно-чувствительные характеристики. Величина коэрцитивной силы Bc образцов почв меняется от 2,5 до 7,2 мТл, остаточной коэрцитивной силы Bcr от 19 до 42 мТл. Эти диапазоны характерны для всех почв независимо от интенсивности их магнетизма. Низкие значения коэрцитивных характеристик указывают на преобладание магнитомягких минералов в магнитной фракции почвенных проб.

Чуть более широкие диапазоны изменения коэрцитивных параметров (2,7–13,4 мТл для Bc, 16–55 мТл для Bcr) характерны для гранитогнейсов, гнейсов и кварцитов, в то время как для бурых железняков они смещены в сторону более высоких значений (5,4 – 9,2 мТл для Bc, 30 – 83,5 мТл для Bcr). Это свидетельствует в пользу присутствия небольшого количества магнитожестких минералов либо более мелких (по сравнению с другими породами) зерен магнитомягких минералов.

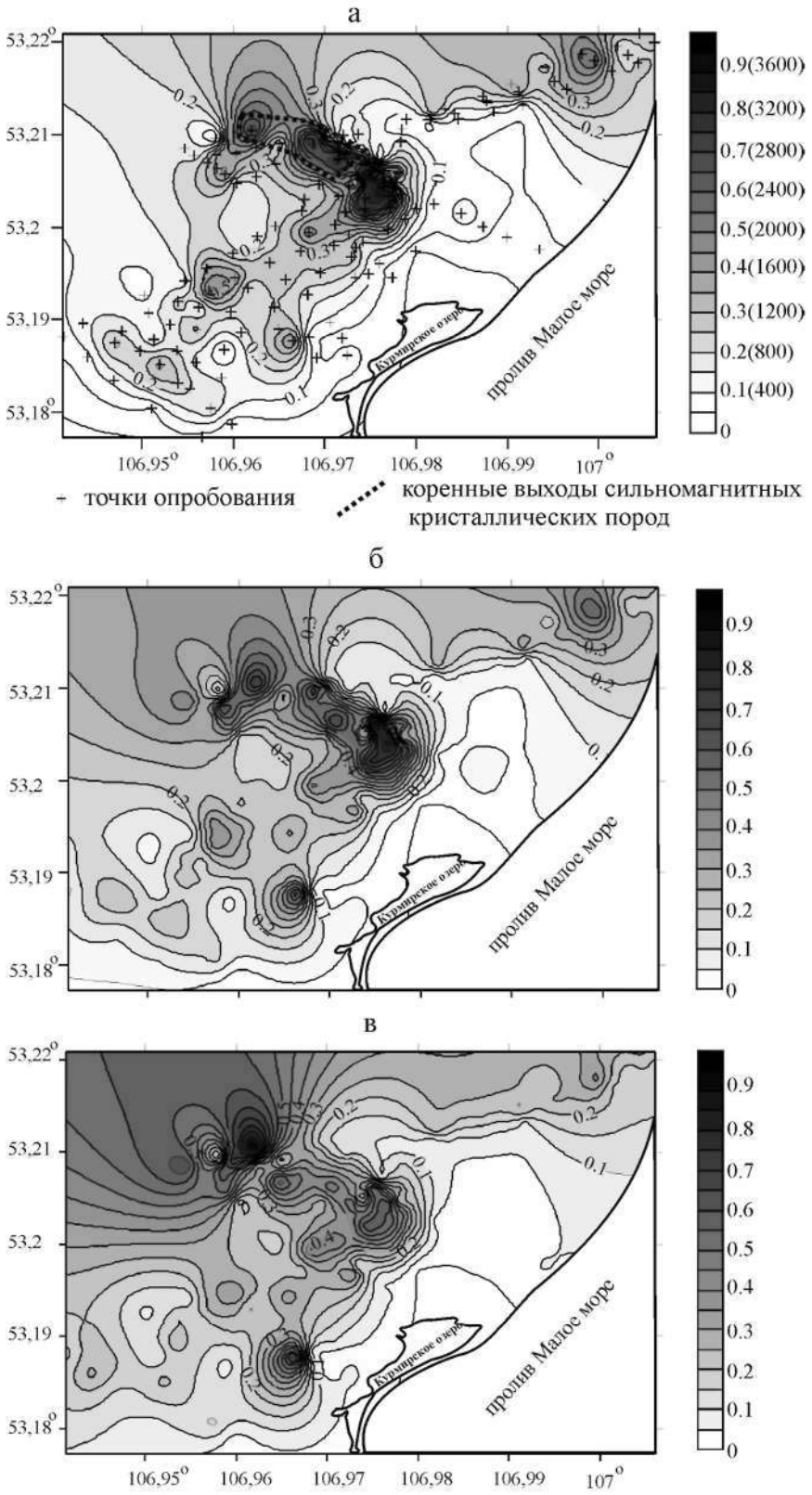

Рис. 4. Распределение по площади магнитных характеристик верхнего слоя почв:
а – магнитная восприимчивость (XLF) (в скобках даны абсолютные значения магнитной восприимчивости (*10-5 ед.СИ)) ; б – намагниченность насыщения (Js); в – остаточная намагниченность (Jr)
Fig. 4. Spatial distribution of magnetic characteristics in upper soil layer:
a – magnetic susceptibility (XLF) (absolute values of magnetic susceptibility (*10–5 SI) are given on the area of); b – saturation magnetization (Js); c – saturation remanent magnetization (Jr)

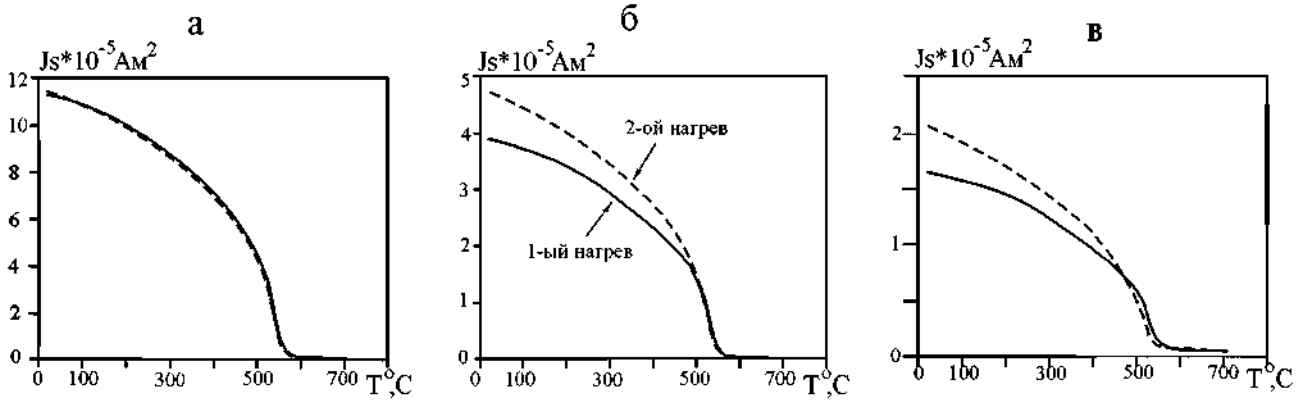

Рис. 5. Типичные термомагнитные кривые Js(T) вещества верхнего горизонта почв:
а – сильномагнитные почвы горных склонов; б – среднемагнитные почвы предгорья;
в – слабомагнитные почвы на аллювиальных отложениях
Fig. 5. Typical thermomagnetic curves Js(T) of soils:
a – high-magnetic soil of hillsides; b – medium-magnetic soil of foothills; c – low-magnetic soil over alluvial sediments

Значения параметра магнитной жёсткости S для сильномагнитных почв не отличаются от единицы, в группе среднемагнитных почв этот параметр варьирует от 0,98 до 1,0. В слабых образцах его значение снижается до 0,93–0,95. Такие изменения показывают незначительное увеличение вклада магнитожёстких минералов в общий магнетизм почв, сформированных на аллювиальных отложениях по сравнению с почвами горного склона и предгорья. В гранитогнейсах, гнейсах и кварцитах параметр S близок к единице, в бурых железняках он уменьшается до 0,94.

Значения коэрцитивных характеристик и параметра S дают возможность предполагать малое количество магнитожёстких минералов (типа гематита, гетита) в бурых железняках и в почвах на аллювиальных отложениях.

Структурно-чувствительные характеристики оценивают размеры магнитных зерен минералов. Соотношение двух параметров, приблизительно в одинаковой степени зависящих от концентрации магнитных минералов и размеров их магнитных зерен, дает возможность перейти к количественным определениям (Thompson, Oldfield, 1986): бульшая часть образцов почв содержит от 0,1 до чуть более 1 % магнетита (рис. 7 а), в породах разброс концентрации магнетита примерно тот же, от 0,1 до 2–3 % (рис. 7 б); размеры частиц магнетита в почвах в основном превышают 30 мкм, в породах разброс по размеру магнитных зерен гораздо более значителен, от менее 1 мкм до более 100 мкм, при этом при приблизительно равной концентрации в кварцитах и гнейсах размеры частиц магнетита могут сильно различаться (рис. 7 б). Об этом же свидетельствуют графики доменного состояния (ДС) частиц магнетита на графике Дэя (Day et al., 1977) с теоретической кривой смеси однодоменных (ОД) и многодоменных (МД) частиц (Dunlop, 2002) (рис. 7 в, г). Магнитная фракция почв состоит почти полностью из МД частиц (рис. 6 в), возможное количество ОД частиц не превышает 5 %. Магнитные частицы пород показывают большой разброс по ДС от ОД (для бурых железняков) до МД (для кварцитов и гнейсов) (рис. 7г).

Параметры, реагирующие на присутствие суперпарамагнитных зерен в магнитной фракции почв, показывают очень низкие значения: FD-фактор не превышает 2,8 % (в слабомагнитные почвах) при среднем значении менее единицы (рис. 7д). FD также мала (на рис. не показано), её максимальные значения (14–18 10^{-5} ед. СИ) обнаружены в образцах сильномагнитных почв, в группе слабомагнитных образцов FD не превышает 5 10^{-5} ед. СИ. У этих параметров не наблюдается четких взаимосвязей с другими магнитными характеристиками. Показатели наличия СПМ частиц свидетельствуют, во-первых, об их

очень малом количестве, не оказывающем влияния на общие магнитные свойства; во-вторых, о незакономерном их распределении по образцам и типам почв.

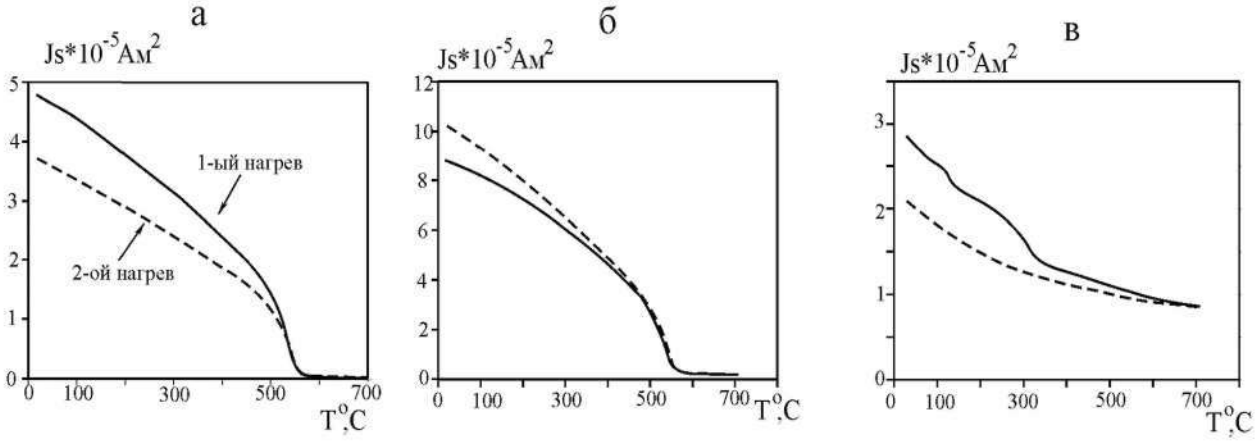

Рис. 6. Типичные термомагнитные кривые:
а – гнейсов; кварцитов; б – гранитогнейсов; в – бурого железняка
Fig. 6. Typical thermomagnetic curves Js(T):
a – gneiss, ferruterous quartzite; b – gneissose granite; c – limonite

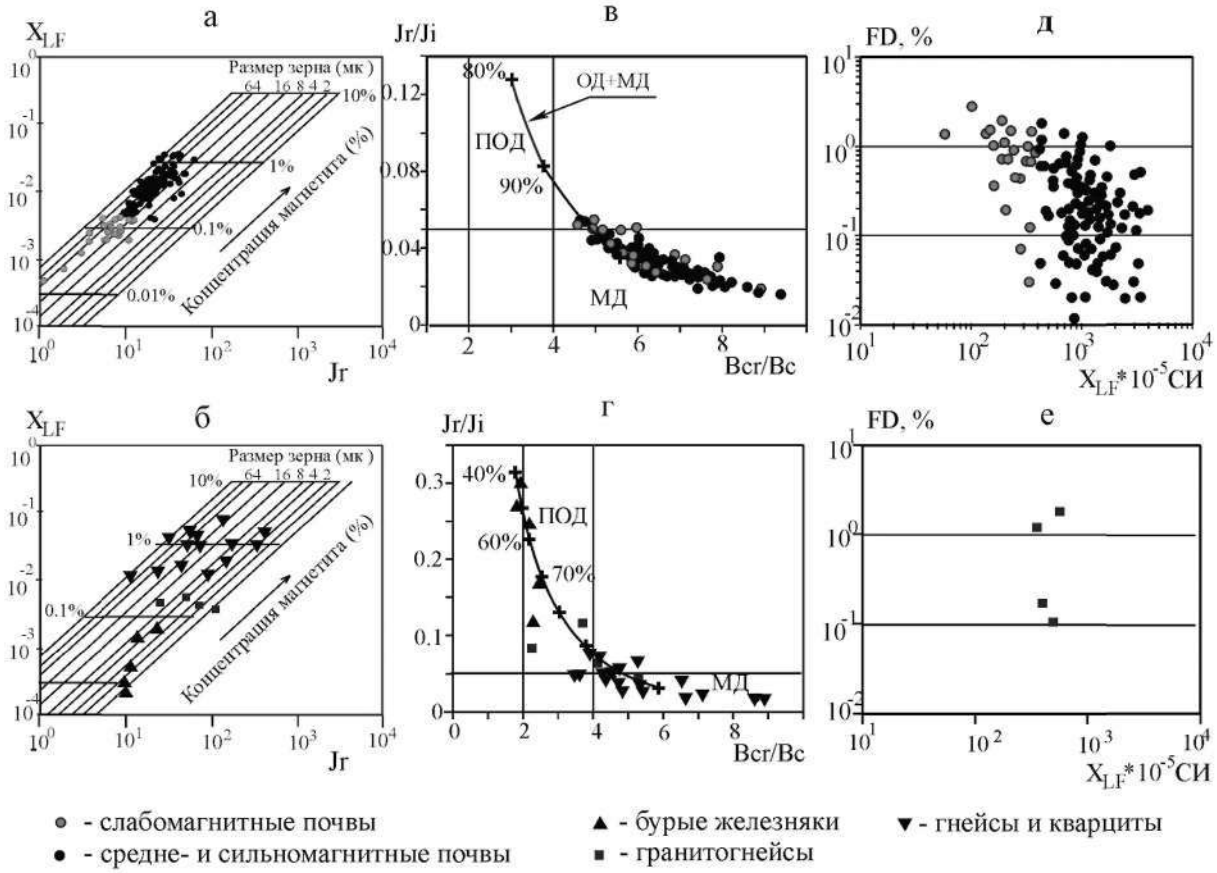

Рис. 7. Оценка эффективного размера частиц магнитной фракции:
а – почв, б – пород; определение доменного состояния магнитных зерен минералов: в – почв, г – пород; наличие суперпарамагнитных частиц: д – в почвах, е – породах
Fig. 7. Estimations of effective magnetic grain size:
a – soils, b – rocks; and domain state of magnetic grains: c – soils, d – rocks; indication of superparamagnetic particles: e – soils, g – rocks

В породах наблюдается слабая закономерность в распределении СПМ частиц: их заметное количество может иметь место только в бурых железняках (FD-фактор увеличивается до 4,7 %, рис. 7е). Если учесть, что бурые железняки являются породами аутигенного происхождения, то наличие ультратонких частиц (<0,03 мкм) вполне ожидаемо. В кварцитах, гнейсах, гранитогнейсах СПМ частицы практически не обнаружены, у всех изученных образцов FD-фактор не превышает единицы.

Выводы

Анализируя совместно величины, поведение магнитных параметров верхнего слоя почв исследуемого участка, их распределение по площади и те же характеристики кристаллических пород на данной территории, а также данные геологии можно сделать ряд выводов.

1. В Приольхонье существует несколько типов железных руд: бурые железняки коры выветривания, магнетит гранит-пегматитовых жил, железистые кварциты отложений ольхонской серии; оруденелые гнейсы и кристаллосланцы иликтинской свиты, а также магнетит делювиальных отложений предгорий Приморского хребта. Все эти типы руд могли использоваться для получения железа древними металлургами Приольхонья.

2. За исключением гидроморфных почв, сформировавшихся на аллювиальных отложениях и подвергающихся периодическому переувлажнению, верхний горизонт почв предгорья и горных склонов обладает очень сильным магнетизмом. Такими и даже более магнитными являются коренные кристаллические породы (гранитогнейсы, гнейсы, железистые кварциты), выходы которых обнаружены на изученном участке на высоте 900-1000 м (53°12'35" с. ш., 106°57'35" в. д.). Породы с подобными значениями магнитной восприимчивости содержат большое количество (2–6 %) магнитных минералов, преимущественно магнетита и высокожелезистых титаномагнетитов (Физические ..., 1976).

3. Магнитная фракция почв состоит, главным образом, из многодоменных зерен магнитомягких минералов (магнетита, высокожелезистого титаномагнетита), по составу совпадает с магнитной фракцией коренных пород. Доля магнитожёстких минералов пренебрежимо мала и не оказывает влияния на магнитные свойства почв и пород в целом. Бурые железняки состоят в основном из гидроокислов железа и парамагнитных минералов. В почвах вклад парамагнитных минералов заметен только в слабомагнитных гидроморфных почвах.

4. В связи с постоянством состава магнитной фракции и доменного состояния магнитных зерен магнитные свойства верхнего слоя почв определяются только концентрацией магнитных минералов, это означает, что картина распределения магнитных параметров по площади полностью зависит от расстояния до источника сноса и способа транспортировки магнитного материала. Продукты разрушения железосодержащих минералов транспортируются вниз по горному склону водными потоками, ветром, гравитационными силами, образовывая делювиальные отложения. В результате наиболее магнитны почвы вблизи выходов коренных высокомагнитных пород, на горизонтальных ступенях и у подножья склона, где происходит разгрузка потоков.

5. Высокая концентрация магнетита в верхнем слое почв позволяет рассматривать его как магнетитовый песок с относительно мелким размером зерен, который является одним из потенциальных источников рудного концентрата для получения железа древними металлургами в Курминском археологическом районе, поскольку он не требует больших дополнительных затрат по подготовке руды (дробления), а может использоваться непосредственно после шлихования. Кроме того, нельзя не учитывать возможность того, что в породах иликтинской свиты нижнего протерозоя могут встречаться прослои магнетитовых

кварцитов с высоким содержанием железа, которые могли разрабатываться древними металлургами.

6. Топографическая локализация и данные археологических раскопок свидетельствуют о том, что древние металлургические центры располагались в стороне от человеческих поселений. При выборе места для их сооружения определяющее значение имели другие факторы. К числу важнейших из них можно отнести источники руды, топлива и воды, а также рыхлые отложения пригодные для выкапывания полостей для горнов и их дальнейшей эксплуатации. Если предположить, что основным источником руды для производства железа служил магнетитовый песок, наибольшая концентрация которого отмечена у подножия Приморского хребта и на его склоне, то производство металла должно было сосредоточиться именно в этом месте. Такое расположение металлургических центров было бы удобным и для поставки топлива, для которого в то время использовался древесный уголь. Склоны хребта покрыты лиственнично-сосновым лесом – являющимся хорошим сырьем для получения угля. Но отсутствие поблизости водотоков не позволяло сооружать у подножия хребта печей для получения железа.

Воды реки Курмы, разрезающей Приморский хребет, не могли эффективно использоваться для производства металла. Вырываясь из узкого каньона на прибайкальскую равнину, Курма размывала берега, пробивая свое русло до коренных пород. В период паводков воды реки затапливали значительные участки предгорной равнины, зачастую формируя новые русла. Современное русло реки во второй половине XX в. было старицей. Река впадала не в Байкал, а в восточную часть Курминского озера (рис. 2). Поэтому не исключено, что и раньше река в нижнем течении достаточно часто меняла свое направление. Непредсказуемость Курмы и размытость её берегов не позволяла сооружать вблизи неё металлургических центров. Для этих целей был необходим более спокойный водоток.

Идеальными условиями для промывки магнетитового песка являлись воды ручьев, которые и в настоящее время протекают в окрестностях с. Курма. Наиболее крупный из них впадает с запада в Курминское озеро. Один из родников, питающий его, берет начало вблизи металлургического центра Курминское озеро 1, а другой рядом с металлургическим центром Курма 28. Только возле археологического объекта Курма 18 в настоящее время не зафиксировано никаких источников воды. Но если обратиться к карте байкальского побережья, составленной экспедицией Ф.К. Дриженко, видно, что к западу от северного бурятского улуса, располагавшегося в окрестностях современного с. Курма, в конце XIX – начале XX бежал ручей (Атлас озера Байкал). Он брал начало возле металлургического центра Курма 18 и протекал к югу от Курмы 28 и Курминского озера 1 (рис. 2). Поэтому можно утверждать, что все известные к настоящему времени металлургические центры в районе с. Курма располагались возле водотоков не подверженных резкой смене водных режимов.

Исследования 2011 г. позволили определить один из наиболее возможных источников руды для металлургических горнов в древности. Но о его точной привязке к железоделательному производству в окрестностях Курмы пока говорить преждевременно. Необходимо провести сравнительный химический анализ руды и железных шлаков. И если в них найдутся элементы, не встречающиеся в рудах и остатках металлургического производства с других районов байкальского побережья, можно будет высказывать более обоснованные предположения об использовавшейся в древности рудной базе.

Литература

Артемьев Б.Н. Очерк геологического строения и полезных ископаемых Ольхонского края. Отдельный оттиск из т. LII Известий ВСОРГО. Очерки по Землеведению Восточной Сибири. Иркутск, 1926. Вып. III. 66 с. и табл.

Геологические памятники Байкала / Составитель Г.В. Рязанов. — Новосибирск: ВО Наука. Сиб. изд. фирма, 1993. 160 с.

Кожевников Н.О. Шлаки и другие материальные свидетельства древней металлургии железа // Изв. Лаборатории древних технологий. Иркутск: ИрГТУ. 2004. Вып. 2. С. 188–192.

Кожевников Н.О., Харинский А.В. Памятник древней металлургии железа Барун-Хал III // Социогенез Северной Азии: прошлое, настоящее, будущее / Мат-лы регион. науч.-практ. конф. 12–15 ноября 2003 г. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. С.81–86.

Кожевников Н.О., Харинский А.В. Магнитное поле в пади Барун-Хал и его связь с объектами древней металлургической деятельности // Изв. Лаборатории древних технологий. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. Вып. 3. С. 38–48.

Кочнев А.П. Ольхонский кристаллический комплекс. Проблемы геологии и минерагении Приольхонья. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. 252 с.

Кульчицкий А.С. Отчет о командировке в районы работ Унгуринской, Сарминской партий ИГУ, к начальниками партий Н.В. Сухановой, В.Д. Мац. Иркутск: Иркутское Геологическое управление, ИОРП, 1950. С.7–8.

Кульчицкий А.С. Прибайкальский железорудный район (сводка данных по рудоностности). Фонды ИГУ. Иркутск, 1953.

Лоция и физико-географический очерк озера Байкал. СПб., 1903. 443 с.

Мац В.Д., Бабкин А.К. Отчет Сарминской поисковой партии по работам 1950–1951 гг. (Центральное Прибайкалье) в 3-х томах. Иркутск: Иркутское Геологическое управление, 1955. Т. 1.

Мац В.Д. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые территории листа № 48-XXIV. Центральная часть Западного Прибайкалья // Отчет Курминской партии по работам 1956–57 гг. Иркутск, 1959. Т. 1. Кн. 2.

Мац В.Д., Уфимцев Г.С., Мандельбаум М.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Строиение и геологическая история. Новосибирск, 2001. 252 с.

Салоп Л.И. Геология байкальской горной области. Том 1. Стратиграфия. – М.: Недра, 1964. 515 с.

Уфимцев Г.Ф. Геоморфологическая практика в Прибайкалье : учеб. пособие. Иркутск, 1995. 148 с.

Физические свойства горных пород. Справочник геофизика. Под ред. Н.Б. Дортман. М: «Недра», 1976

Харинский А.В. Металлургические центры Приольхонья конца I тыс. до н. э. – начала I тыс. н.э. // Забайкалье в геополитике России / Мат-лы междунар. симпозиума «Древние культуры Азии и Америки». 26 августа – 1 сентября 2003 г., г. Чита. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. С.84–86

Харинский А.В., Снопков С.В. Производство железа населением Приольхонья в елгинское время // Изв. Лаборатории древних технологий. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. Вып. 2. С. 167–187.

Черский И.Д. О результатах исследований оз. Байкал. // Записки РГО по общей географии. Т.XV. СПб, 1886. № 3.

Шульга В.В. Мигматиты Ольхонского кристаллического комплекса и их минерагеническое значение. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Иркутск, 2010. 194 с.

Abrahamsen N., B.H. Jacobsen, U. Koppelt, F. de Lasson, T. Smekalova and O.Voss. Archaeomagnetic Investigations of Iron Age Slags in Denmark // Archaeological Prospection. 2003. Vol. 10. P. 91–100.

Day R., Fuller M., Schmidt V.A. Hysteresis properties of titanomagnetites: grain-size and compositional dependence // Phys. Earth Planet. Inter. 1977. Vol. 13. P. 260–267.

Dunlop, D.J. Theory and application of the Day plot (M-rs/M-s versus H-cr/H-c) // J. Geophys. Res. S Solid Earth. 2002. Vol. 107. Iss. B3. P. 2046–2067.

Dunlop D.J., Özdemir Ö. Rock magnetism: Fundamental and Frontier. New York: Cambridge Univ. Press, 1997. 788 p.

Koppelt U., Abrahamsen N., Dittrich G., Hirsekorn V., Jacobsen B.H., Smekalova T. and O.Voss. Comparing techniques applied in magnetic investigations of iron production sides in SW Jutland (Denmark) and the Lausitz Region (Germany). Environmental & Engineering Geophisical Society, Proceedings, Aarhus, 8-11 September, 1997. P. 471–474.

Powell A.G., J.G. McDonnell, J.G. Batt J.G. and R.W.Vernon. An Assessment of the magnetic response of an iron-smelting site // Archaeometry. 2002. Vol. 44. Iss. 4. P. 651–665.

Thompson R., Oldfield F. Environmental magnetism. - London: George Allen and Unwin, 1986. 227 p.

Yasonov P.G., Nourgaliev D.K., Bourov B.V., Heller F. A modernized coercivity spectrometer // Geologica Carpathica. 1998. Vol. 49, 3. P.224-226.

Yoshida M., Fujiwara Y., Khadim I.M. et al. Magnetic Approaches to Geological Sciences. Part I, II, III, Geoscience Lab., GSP and JIGA, Islamabad, Pakistan, 1994. 617 p.

Summary

Kurma archaeological location is situated on western side of Maloe Sea of Lake Baikal. To this moment there are known three centers for iron production – Kurma 18, Kurma 28 and Kurminskoe Ozero 1. They are addressed to the end of I mill. BC – I mill. AC. In 2011 near to Kurma authors seek the ore which could be used for iron production in the past. In Ol'khon Area there are several types of iron ores: limonite, iron quartzite, ferruterous quartzites, jaspilite, ore gneissis, crystalline schists, magnetite of diluvium of foothills of Primorsky range. On of the probable source of ore concentrate for iron production is the magnetite sand because it need not huge efforts for ore crushing.