УДК 902.6(571.54/55)

ГЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОБЖИГА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ КОНДУЙСКОГО ГОРОДКА*

Е.А. Бессонова, С.А. Зверев, Т.А. Харченко,
В.В. Саттарова, А.С. Теличко

В 2013-2015 гг. в Забайкальском крае России для изучения поселений Монгольской империи неразрушающими методами выполнены комплексные геолого-геомагнитные исследования на территории и в окрестностях археологического памятника XIII в. «Кондуйский городок». Культурный слой рассматривался как часть современных геологических отложений антропогенного происхождения. Впервые получена информация о производстве строительной керамики на памятнике: обнаружены руины четырёх печей для её обжига. В окрестностях Кондуйского городка выделены две группы таких печей, представляющие собой 12 обособленных конструкций. На основе петрофизических исследований подъёмного материала и особенностей магнитных аномалий, источниками которых являются печи, выявлены признаки дифференциации функционального назначения печей по условиям режимов обжига керамического материала. Получено предварительное представление о структуре производственного центра строительной керамики, расположенного в окрестностях археологического памятника. Проведена предварительная оценка его размеров и внутреннего устройства. Прослежена аналогия пространственного размещения инфраструктуры, обеспечивающей производство строительной керамики Кондуйского городка и производственных комплексов Каракорума. Для оценки достоверности результатов геолого-геомагнитного изучения необходима дальнейшая заверка раскопками.

Ключевые слова: магнитометрия, намагниченность, средневековая строительная керамика, кирпичеобжигательные печи, «Кондуйский городок».

Введение

Археологический памятник «Кондуйский городок», являющийся объектом культурного наследия федерального значения в соответствии с постановлением Совета Министров РСФСР от 30.08.1960 № 1327 «О дальнейшем улучшении дела охраны памятников культуры РСФСР», расположен в Борзинском районе Забайкальского края России. Памятник датируется первой половиной XIII в. (Крадин и др. 2017). Исследователи «Кондуйского городка», рассматривая материальной культуры

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 14-18-01165 «Города средневековых Империй Дальнего Востока» и в рамках выполнения исследований по теме № АААА-А17-117030110033-0.

средневекового монгольского города, акцентировали внимание на особенностях внутреннего устройства и неординарных элементах декора строительных конструкций. При раскопках археологического памятника обнаружено огромное количество разнообразной строительной керамики: серый, светло-коричневый и жёлтый кирпич, плиты для облицовки пола, черепица, элементы терракотового декора (Кузнецов 1925; Киселёв 1958). Многочисленность и многообразие строительной керамики и особенно кирпича предполагают размещение производства на близлежащей территории и достаточно крупных печей для обжига кирпича и черепицы. Руины таких конструкций отмечены С.В. Киселёвым: «…в 3 км к востоку от главного Кондуйского дворца уцелели остатки печей, в которых обжигали кирпич и даже, по-видимому, изготовляли поливную черепицу. Там же находится керамика – следы слободки черепичников и кирпичных мастеров» (Киселёв и др., 1965: 326). В 2012 г. на задернованном бугристом участке левобережной террасы р. Кондуй, расположенном на расстоянии около 3,5 км к северо-востоку от Кондуйского городка «обнаружены гончарные печи, относящиеся непосредственно к Кондуйскому городку… Здесь зафиксированы остатки в общей сложности 11 всхолмлений разной формы… На поверхности одной из возвышенностей и вокруг него было разбросано большое количество подъёмного материала в виде фрагментов кирпичей, черепицы, половых и облицовочных плит, кровельной скульптуры, часто бракованных. Большинство изделий имеют на своей поверхности следы глазури зелёного и жёлтого цветов. Находки аналогичных изделий найдены и в других частях памятника. Они идентичны находкам из Кондуйского городка» (Крадин и др. 2018: 74). В раскопе площадью 36 м^2 исследована часть основания обжигательного горна. Собран шлак, фрагменты свода горна, керамические строительные материалы. На периферии раскопа собраны обломки глазурованной строительной керамики: кирпич и кровельная черепица, фрагменты облицовочных плит и кровельной скульптуры.

Приоритетной задачей изучения историко-культурного наследия является сохранение археологических памятников. Необходимость сохранения объектов культурного наследия привела к широкому использованию магниторазведки в археологических исследованиях. Печи, очаги, кирпичные стены, намагниченность которых сформирована под действием геомагнитного поля в условиях значительных температурных изменений, являются источниками наиболее интенсивных аномалий магнитного поля антропогенного происхождения. Это подтверждается результатами исследования магнитных свойств объектов и компонентов культурного слоя археологических памятников в лабораторных и полевых условиях.

Целью исследования является достижение компромисса между полноценным изучением археологических памятников и сохранением их для последующих поколений исследователей на основе междисциплинарного подхода. В 2013-2015 гг. в Забайкальском крае России в рамках изучения древних поселений Монгольской кочевой империи неразрушающими методами выполнены комплексные геолого-геомагнитные исследования на территории археологического памятника «Кондуйский городок» и на его периферии.

В процессе исследования культурного слоя археологического памятника «Кондуйский городок» как элемента современных геологических отложений антропогенного происхождения решены следующие задачи:

• изучены особенности геологического строения района исследований и магнитные свойства верхней части геологической среды, содержащей антропогенные включения;

• выполнено детальное геомагнитное картирование М 1:100, М: 1:50;

• выделены магнитные аномалии, отражающие влияние руин средневековых строительных конструкций, скрытых в современных геологических отложениях;

• выделены признаки функционального назначения производственных строительных конструкций и особенности пространственной организации инфраструктуры археологического памятника и его периферии.

В настоящем исследовании представлены результаты геолого-геомагнитного изучения объектов, использованных для производства строительной керамики на территории Кондуйского городка и за его пределами.

Геомагнитные исследования археологических строительных конструкций из обожжённой глины

Культурный слой древних поселений – составная часть современных геологических отложений, он содержит продукты деятельности человека. Самыми крупными элементами культурного слоя являются остатки построек и других сооружений различного назначения. Во многих случаях они отличаются по намагниченности от вмещающих отложений, что позволяет использовать для их выявления микромагнитную съемку.

В мировой практике современных археологических исследований перед началом изучения археологического памятника раскопками выполняется обследование участка неразрушающими методами исследований (Clark 1990; Wynn 1986 и др.). Опыт применения геомагнитного картирования погребённых в современных геологических отложениях печей для обжига имеет шестидесятилетнюю историю. Археологические объекты, представляющие собой печи различного назначения, являются классическими источниками магнитных аномалий антропогенного происхождения. В 1957 г. Бельше показал, что термоостаточный магнетизм обожжённых глин в гончарной печи создаёт намагниченность, которая может быть обнаружена с использованием протонного магнитометра (Belshe 1957). Первый успешный поиск печи для обжига выполнен в 1958 г. при обследовании в Уотер Ньютон (Англия) М. Айткином из Оксфордской исследовательской лаборатории археологии и истории искусства. Для измерений использовался протонный магнитометр. Археологическое картирование на основе магниторазведки впервые осуществлено в Англии, при этом доказана возможность использования магнитометрии для поиска археологических объектов (Colani, Aitken 1966).

В отечественной археологической практике магниторазведка с использованием феррозондового магнитометра применялась при поиске, картировании и изучении гончарных печей на территории средневековых памятников Крыма (Шилик 1968; Шилик 1974), поиске гончарных горнов и исследовании структуры оборонительных сооружений древнерусского городища Изяславль с использованием магнитометров различных типов и металлодетектора (Шилик 1965). В результате исследований выделены

особенности аномального магнитного поля, создаваемого гончарными печами, что позволило надёжно идентифицировать подобные объекты в дальнейшем.

Гончарные и железоплавильные печи до настоящего времени являются чрезвычайно интересными объектами исследования с применением магниторазведки (Riisager et al. 2003; Sarris et al. 2002; Kozhevnikov et al. 2001 и др.). Т.Н. Смекаловой разработан неразрушающий экспресс-метод исследования гончарных центров горного Крыма на основе комплексного физико-археологического подхода с применением полевой высокоточной магнитометрии (Смекалова и др. 2000). Высокие градиенты аномального магнитного поля над гончарными печами (иногда больше 350 нТл/м) определили выбор приборов для полевых измерений (квантовые магнитометры М-33, ММП-303, ММ-60). На основании проведённых исследований, Т.Н. Смекаловой и её коллегами составлены археологические карты крупных гончарных центров средневековой Таврики (Смекалова и др. 2000; Смекалова, Мыц 1997). Исследования железоплавильных печей в Северной Америке позволили провести крупномасштабную реконструкцию участка съёмки в Пенсильвании с точностью до десяти сантиметров (Kulessa et al. 2004). На основе геомагнитных исследований обнаружены и локализованы остатки бытовых очагов и гончарных горнов на территории Греции (Tsokas et al. 1997). Магнитометрические работы с использованием протонных магнитометров в Гуахаре (Бразилия) позволили выявить около 2200 очагов концентрации керамики в пределах доисторической искусственной насыпи в нижнем течении Амазонии (Bevan et al. 2003)

Появление аппаратуры, позволившей достаточно быстро проводить полевые измерения, привело к активному использованию магниторазведки в полевых археологических исследованиях. Основные достижения в этой области отражены не только в научных публикациях, но и в научно-методической, учебной и научно-популярной литературе (Эйткин 1966; Франтов, Пинкевич 1966; Ваганов 1984; Станюкович 1996; Станюкович 1997; Clark 1990; Neubauer 2001; Scollar et al. 1990).

Для эффективного использования магниторазведки в археологии необходимо применение специально подобранных методик исследований. На теоретическом этапе используется математическое моделирование, при котором в качестве моделей печей рассматриваются тела правильной формы в однородном пространстве (Мачинин и др. 1989). В.А. Кочневым для выбора оптимального уровня микромагнитной съёмки археологического памятника Аркаим применена технология 3-D моделирования магнитных свойств пространства под поверхностью рельефа. Для решения этой задачи использована слоисто-блочная модель, элементарным объектом которой выбран прямоугольный параллелепипед (Kochnev et al. 2004). Т.Н. Смекаловой гончарные печи аппроксимированы упорядоченным набором прямоугольных призм различных размеров (Смекалова, Мыц 1997). Физические свойства модельных объектов определялись на основании лабораторных исследований элементов реальных археологических объектов поиска (Дудкин, Кошелев 1999). Существенным элементом методики измерений является определение принципов построения сети измерений (расстояния между смежными точками измерений и ориентация профилей измерений). Расстояние между смежными точками измерений определяет детальность описания археологического объекта по магнито-

метрическим данным. Увеличение количества точек измерений повышает точность восстановления границ объекта, но одновременно увеличивается время исследований. При увеличении шага измерений сокращается время исследований, но возникает опасность пропуска объектов относительно небольших размеров (Дудкин 1970; Дудкин, Кошелев 2001).

Методика археологической интерпретации результатов магнитометрических исследований разрабатывалась с использованием моделирования измерений и создания эталонов аномалий, вызванных различными типами археологических объектов (Грошевой и др. 1967). При археологической интерпретации геофизических данных эти эталоны сравнивались с результатами измерений. Классификация археологических объектов, генерирующих зафиксированные аномалии геомагнитного поля, проводится по форме и амплитуде измеренной и эталонной аномалий. По результатам измерений на известном объекте созданы наборы эталонов, которые позволяют проводить первичную интерпретацию данных и соотнесение магнитных аномалий на участке исследований с археологическими объектами определенных типов (Шилик 1968).

Особенности геологического строения района исследований и магнитные свойства верхней части геологической среды, содержащей антропогенные включения

Район исследований расположен в Урулюнгуйской долине. Характеризуется относительно спокойным рельефом и степным ландшафтом. Обрамляющие долину хребты представляют собой короткие продольные возвышенности, с расплывчатыми и сложными контурами, неясными очертаниями подошвы. Широко развиты разнообразно ориентированные сухие пади в виде расширенных продолговатых котловин. Ширина падей, как правило, колеблется от 1 до 6 км.

Коренные породы района исследований – граниты и базальтоиды позднемелового возраста – перекрыты маломощными континентальными осадочными отложениями (Геология СССР… 1961). Современные отложения, среди которых различаются аллювиальные, пролювиальные, делювиальные, элювиальные и эоловые осадки, формируют покров долины и склоны. Антропогенные изменения современных геологических отложений определяются наличием культурного слоя, содержащего руины кирпичных стен, обломки черепицы, участки прокалённого суглинка, а также особенностями микрорельефа, сформированными в том числе в процессе вспашки.

В северо-восточной части Кондуйского городка на правом берегу глубокого сухого русла ручья на отдельно стоящем задернованном большом кургане и на его периферии обнаружено большое количество обломков тёмно-серого кирпича и простой серой черепицы. Размеры кургана 35×30 м. Геомагнитные измерения, выполненные методом свободного поиска, выявили на вершине кургана локальные магнитные аномалии интенсивностью -150÷300 нТл, характерные для объектов из обожжённой глины. На периферии кургана по результатам геомагнитных измерений интенсивных магнитных аномалий не выявлено.

При осмотре бугристого участка левобережной террасы р. Кондуй, расположенного на расстоянии около 3 км к востоку от Кондуйского городка (Киселев и др. 1965: 326; Крадин и др. 2018: 74), обнаружены шесть рас-

колотых и целых тёмно-серых керамических плит размерами 0,3×0,3 м, обломки кирпича тёмно-серого и желтовато-коричневого цветов; большое количество обломков светло-коричневой черепицы с глазурованным покрытием, декоративных терракотовых элементов; обломки доломита белого цвета, кучки доломитового порошка, охра, шлак, речная галька. Все эти находки были раздельно локализованы по участку площадью не менее 2 га. Следует отметить, что участок расположен в непосредственной близости от заболоченной речной долины. Осадочные отложения днища долины представляют собой пластичную однородную серую глину, покрытую дёрном. Магнитная восприимчивость глины $(0{,}17\text{-}0{,}96)\times10^{-3}$ ед. Си. Дифференцированное расположение антропогенных находок на площади, многообразие видов строительной керамики, наличие материала, использованного для окрашивания в виде минерального и в виде первично обработанного сырья, результаты археологических исследований (Киселев и др. 1965: 326; Крадин и др. 2018: 74) указывают на существование на этом участке производственного центра по изготовлению, обжигу и декорированию строительной керамики. Для выяснения характера изменения магнитного поля выполнены геомагнитные измерения методом свободного поиска и обнаружены высокоградиентные знакопеременные магнитные аномалии, интенсивностью до 400 нТл, характерные для объектов из обожжённой глины.

Исследования физических свойств культурного слоя на изучаемой территории выполнены на основе измерений магнитной восприимчивости, остаточной намагниченности и плотностей кирпича и кровельной черепицы. Результаты измерений статистически обоснованы размерами выборок элементов и представлены в таблице.

Результаты измерений магнитной восприимчивости рыхлых отложений культурного слоя показали, что они достаточно однородны по исследуемому параметру $(0{,}13–0{,}23)\times10^{-3}$ед СИ. Магнитная восприимчивость керамических строительных материалов из обожжённой глины на 1-3 порядка выше (табл. «Статистические характеристики…»). Следует отметить, что магнитная восприимчивость тёмно-серой керамики в 4-6 раз ниже, чем у образцов рыжего и жёлтого цветов.

Максимальные значения фактора Q* (10 и более) отмечены у обломков кирпича тёмно-серого цвета. Параметр Q обожжённых глин может достигать очень высоких значений, вплоть до Q=30 (Лагачев, Захаров 1979). Этот же кирпич характеризуется максимальной плотностью вещества (табл. «Статистические характеристики…»). Минимальные значения фактора Q изученных образцов строительной керамики характерны для черепицы и кирпича охристых оттенков. Не выявлено прямой зависимости между количественным содержанием железа и величиной остаточной намагниченности. Содержание железа в образцах рыжего цвета составляет 5,37-5,48%, в образцах тёмно-серого цвета 3,7-3,8%. В образцах светло-жёлтых оттенков железа ещё меньше: 2,3-2,5%. Скорее всего на величину остаточной намагниченности повлияли режимы обжига исходной массы (температура и окислительно-восстановительные условия).

Под воздействием высоких температур в восстановительной среде (обжиг без доступа воздуха) величина магнитной восприимчивости глин су-

* Фактор Q представляет собой отношение естественной остаточной намагниченности (In) к ндуцированной (Ii): Q= In/Ii.

Таблица

Статистические характеристики магнитной восприимчивости (æ), остаточной намагниченности и плотности кирпича и кровельной черепицы (археологический памятник «Кондуйский городок» и его окрестности)

Образцы	Плотность г/см^3	Магнитная восприимчивость 10^{-3}ед.СИ	Остаточная намагниченность А/м	Фактор Q
Обломки кирпича жёлтого с белым оттенком	1,905	10,367	1846,0	4,48
	1,923	9,959	2007,0	5,07
	1,875	11,015	2278,8	5,20
	1,920	9,625	2317,3	6,05
	1,954	12,661	2157,2	4,28
	1,926	10,827	1996,3	4,64
	1,945	11,558	2331,9	5,07
	1,925	10,411	2001,3	4,83
	2,038	12,505	2025,3	4,07
	1,869	9,918	1935,7	4,91
Обломки светло-жёлтого кирпича	1,911	11,842	1191,8	2,53
	1,880	10,181	631,3	1,56
	1,923	12,645	1689,4	3,36
	1,938	15,504	2770,7	4,49
	1,935	16,360	2868,4	4,41
	1,915	15,519	2675,5	4,33
	1,924	16,257	2574,9	3,98
Обломки кирпича светло-рыжие	1,951	10,001	714,3	1,80
	1,904	8,982	1149,7	3,22
	1,941	7,396	514,5	1,75
	1,873	17,448	1812,4	2,61
	1,993	10,911	1084,1	2,50
	1,944	10,000	822,4	2,07
	2,043	8,189	559,1	1,72
	1,923	10,358	993,2	2,41
Обломки черепицы охристой окраски	1,875	15,003	1286,3	2,16
	1,910	16,967	1759,1	2,61
Обломки кирпича тёмно серого цвета	1,986	2,890	1190,0	10,35
	2,030	2,359	972,9	10,37
	2,037	2,328	1080,3	11,67
	2,037	3,136	1256,0	10,07
	2,041	2,635	1119,1	10,68
	1,977	2,308	979,3	10,67

щественно возрастает. Причина в том, что при нагреве до 200°С и выше происходит дегидратация и дегидроксенизация слабомагнитных соединений железа, а затем при температурах 400°-500°С их восстановление в сильномагнитный магнетит. Дальнейшее прокаливание в окислительной среде (обжиг на воздухе) может привести к снижению æ из-за преобразования магнетита в гематит. После прогрева глины выше температуры 500°С при ограниченном доступе воздуха парамагнитные соединения железа переходят в магнетит или в металлическое железо. Этот процесс также сопровождается возрастанием магнитной восприимчивости. При температуре выше 900°С происходит осаждение оксидов железа и частичное восстановление металлического железа. Вектор термоостаточной намагниченности обожжённой глины во время остывания после последнего обжига сохраняет направление существовавшего на тот момент магнитного поля. Во время остывания после последнего обжига объект из обожжённой глины приобретает свойства постоянного магнита, и направление остаточной намагниченности соответствует вектору геомагнитного поля, существовавшего в это время. Магнитная аномалия такого объекта представляет собой диполь. Северная часть аномалии характеризуется отрицательными значениями, положительный максимум находится на юге. Схема образования такой аномалии показана на рис.1.

Выявленные особенности магнитных свойств строительной керамики Кондуйского городка (кирпич, черепица, прокалённая глиняная обмазка), и рыхлых отложений культурного слоя являются основанием для уверен-

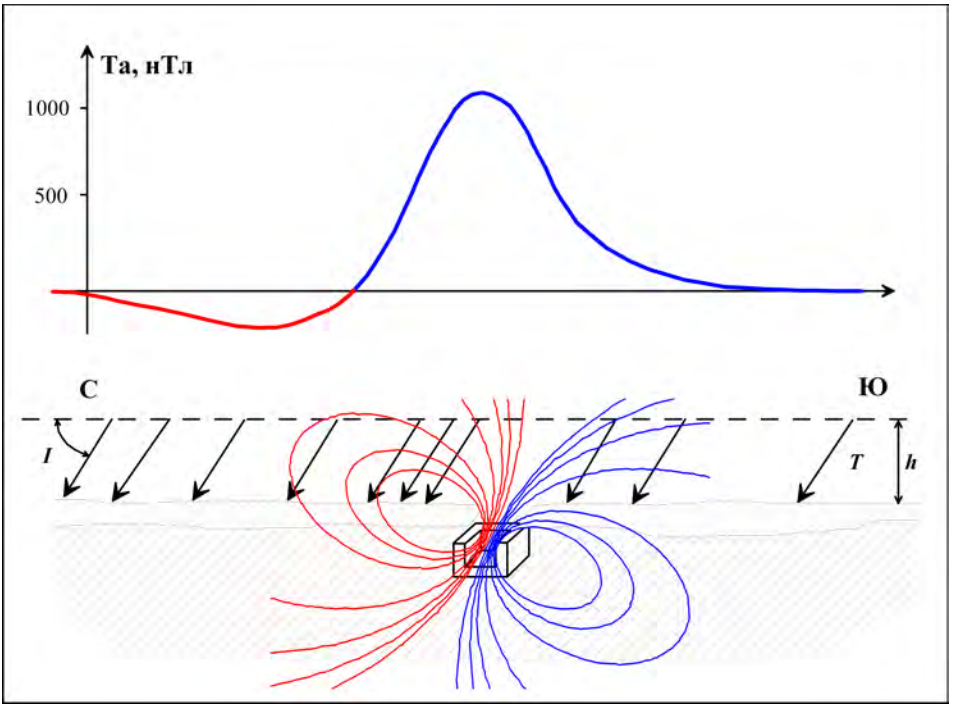

Рис. 1. Схема образования магнитной аномалии типа дипольной над печью. I – наклонение магнитного поля, T – геомагнитное поле, h – уровень измерений, Та – аномальное магнитное поле печи (по Смекалова и др. 2000)

ного выделения строительных конструкций из обожжённой глины с использованием микромагнитного картирования.

Микромагнитная съёмка

Измерения значений модуля полного вектора геомагнитного поля выполнены пешеходным протонным магнитометром POS-1 (производства лаборатории квантовой магнитометрии УГТУ-УПИ, Екатеринбург, Россия*).

С учётом априорной информации для выделения магнитных аномалий, источниками которых являются печи для обжига строительной керамики, проведены измерения по прямоугольной сети наблюдений с шагом 0,5 м, при уровне съёмки 0,5 м над поверхностью. Профили измерений ориентированы по магнитному меридиану.

На участке левобережной террасы р. Кондуй, расположенном на расстоянии около 3 км к востоку от Кондуйского городка, микромагнитная съёмка выполнена на девятнадцати экспериментальных полигонах. Размеры полигонов: 25×25м, 15×25м, 10×25м, 25×15 м. На восьми полигонах выполнены повторные измерения. Общая площадь микромагнитной съёмки М 1:100, М 1:50 составила 9750 м^2.

На территории Кондуйского городка геомагнитное картирование печей для обжига строительной керамики выполнено на участке размером 35×25 м. Площадь микромагнитной съёмки масштаба М 1:50 составила 875 м^2.

Результаты микромагнитной съёмки

Аномальное магнитное поле кургана в северо-восточной части Кондуйского городка плавно увеличивается в северном направлении от -10 нТл до 5 нТл (рис. 2). К вершине холма приурочены четыре локальные

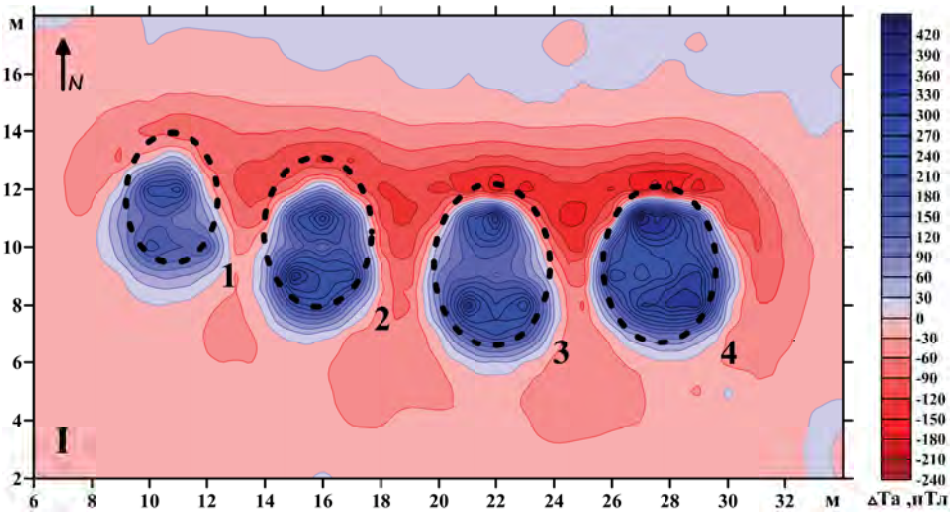

Рис. 2. Аномальное магнитное поле кургана в восточной части археологического памятника «Кондуйский городок» М 1: 50 с элементами интерпретации. Чёрным пунктиром выделены формализованные границы строительных конструкций из обожжённой глины

* Электронный ресурс http://magnetometer.ur.ru

высокоградиентные магнитные аномалии в форме диполей с положительными полюсами на юге и отрицательными полюсами на севере (группа I).

Магнитные аномалии расположены упорядоченно в субширотном направлении на одинаковом расстоянии между ними. Положительные участки аномалий характеризуются эллипсовидной формой. Интенсивность аномалий с запада на восток: 1) -86 ÷255 нТл, 2) -130÷361 нТл, 3) -172÷353 нТл, 4) -177-363 нТл. Размеры аномалий 3 и 4 составляют 4×4 м. Размеры аномалии 2: 3,8×3,8 м, аномалии 1: 3,6×3,6 м. Аномалия 4 характеризуется чёткой прямоугольной геометрией изодинам в апикальной части и максимальной интенсивностью. Аномалии 1-3, расположенные в центре и на западе, имеют сглаженные контуры. Используя в качестве эталонов модельные тела, аппроксимирующие известные печи для обжига (Смекалова 2000), можем предположить, что локальные магнитные аномалии создаются однотипными руинами строительных конструкций (печи для обжига). В апикальных частях на юге изодинамы этих аномалий характеризуются линейным субширотным простиранием. Возможно, эти участки отражают влияние магнитных масс внутренних кирпичных перегородок. Заверка геомагнитных данных георадиолокацией показала, что нижняя кромка обнаруженных строительных конструкций расположена на глубине около 1,7 м. Ширина построек в центре аномалий достигает 3,5-4,4 м, на юге и севере – 1,5-2,5 м. Таким образом, по результатам геомагнитного картирования в восточной части Кондуйского городка обнаружены четыре печи для обжига, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга вдоль линии субширотного простирания. Форма печей в проекции на плоскость представляет собой эллипсоид, вытянутый в меридиональном направлении. Во внутренней части строительных конструкций выделены магнитные аномалии, отражающие, по нашему мнению, остатки перегородок из обожжённой глины. Размеры и форма обнаруженных строительных конструкций, а также подъёмный материал указывают на то, что эти печи использовались для обжига строительной керамики серого цвета. Лучше всего сохранилась печь 4, расположенная на востоке. К западу сохранность печей уменьшается.

Аномальное магнитное поле участка левобережной террасы в трёх километрах к востоку от Кондуйского городка – знакопеременное (рис. 3). Характеризуется аномальными участками большой площади с положительными и отрицательными аномалиями интенсивностью -20÷20 нТл.

Наиболее интенсивные знакопеременные аномалии в форме диполей расположены плотными цепочками субширотной ориентации на севере (7 локальных аномалий, группа II) и субмеридианальной на юго-востоке (5 аномалий, группа III). В группе II локальные аномалии 8, 9, 10 и 11 расположены вдоль линии широтного простирания, а аномалии 5, 6, 7 сгруппированы вдоль линии, отклоняющейся по азимуту 295° (рис. 4). Локальные аномалии 7 и 8 вплотную прилегают друг к другу. Интенсивность этих аномалий 90÷240 нТл. В основном границы аномалий округлые, только на отдельных участках характеризуются линейным простиранием. Размеры аномалий неодинаковы: 6×6 м, 5×6 м, 5×5 м, 4×6 м. С большой долей вероятности можно предполагать, что источниками таких аномалий (с учётом априорной информации) являются строительные конструкции печей для обжига. Скорее всего, форма погребённых конструкций овальная. Аномалии 5, 8 и 11 характеризуются дугообразной формой. Прослеживаются об-

ласти линейного простирания во внутренних частях печей; возможно, это внутренние перегородки. У печей 6, 7, 9, 10 можно выделить простирание внешней стороны стен. Ориентация печей неодинакова.

Магнитные аномалии 12-16 в форме диполей на востоке участка также отражают влияние печей для обжига (рис. 3, 5). Максимальная интенсивность знакопеременных аномалий -38÷193 нТл. Положительные части диполей характеризуются сглаженными округлыми очертаниями и относительно невысокой интенсивностью. Диаметр объектов в проекции на плоскость не более 3 м. Скорее всего, это печи для обжига округлой формы.

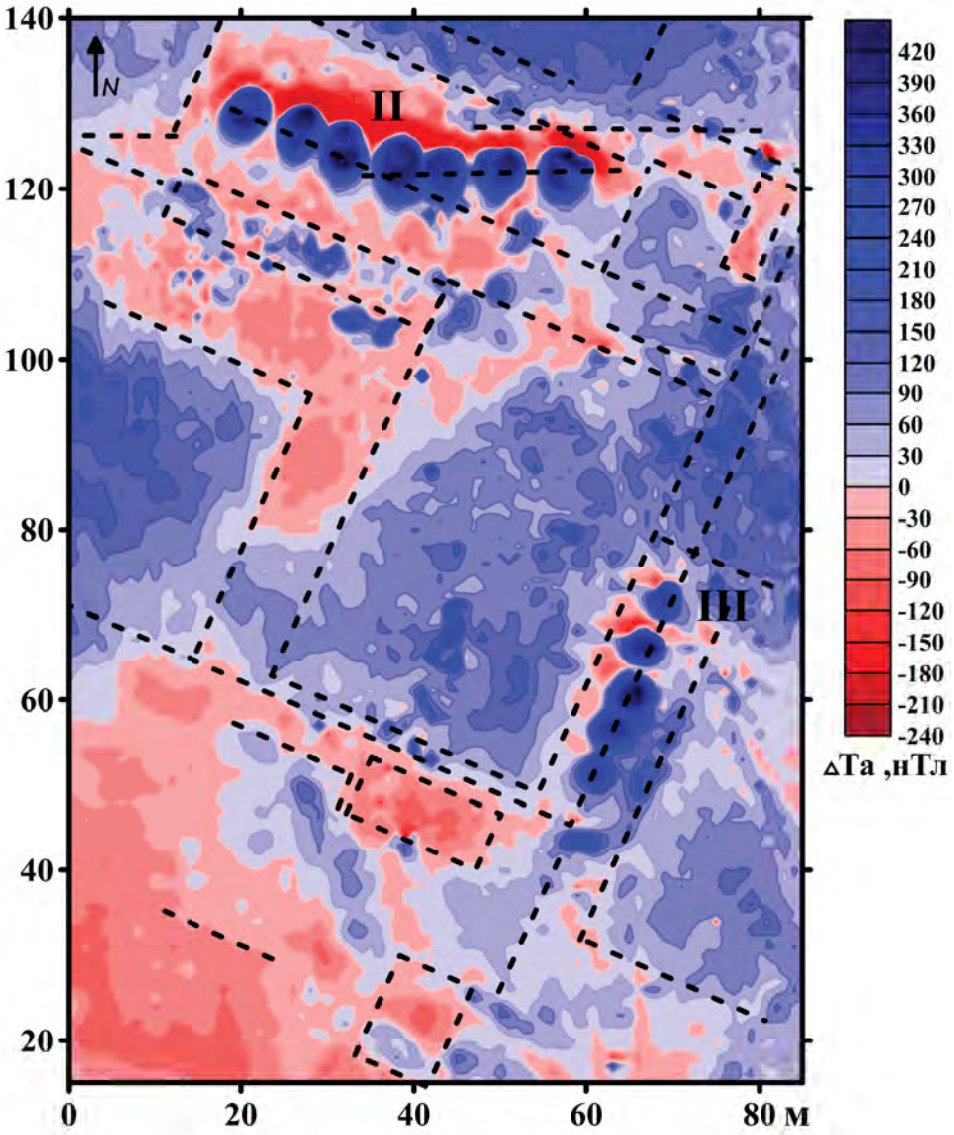

Рис. 3. Аномальное магнитное поле участка левобережной террасы на расстоянии 3 км к востоку от Кондуйского городка М 1: 50. Чёрным пунктиром выделены предполагаемые элементы структурного плана производственного центра строительной керамики

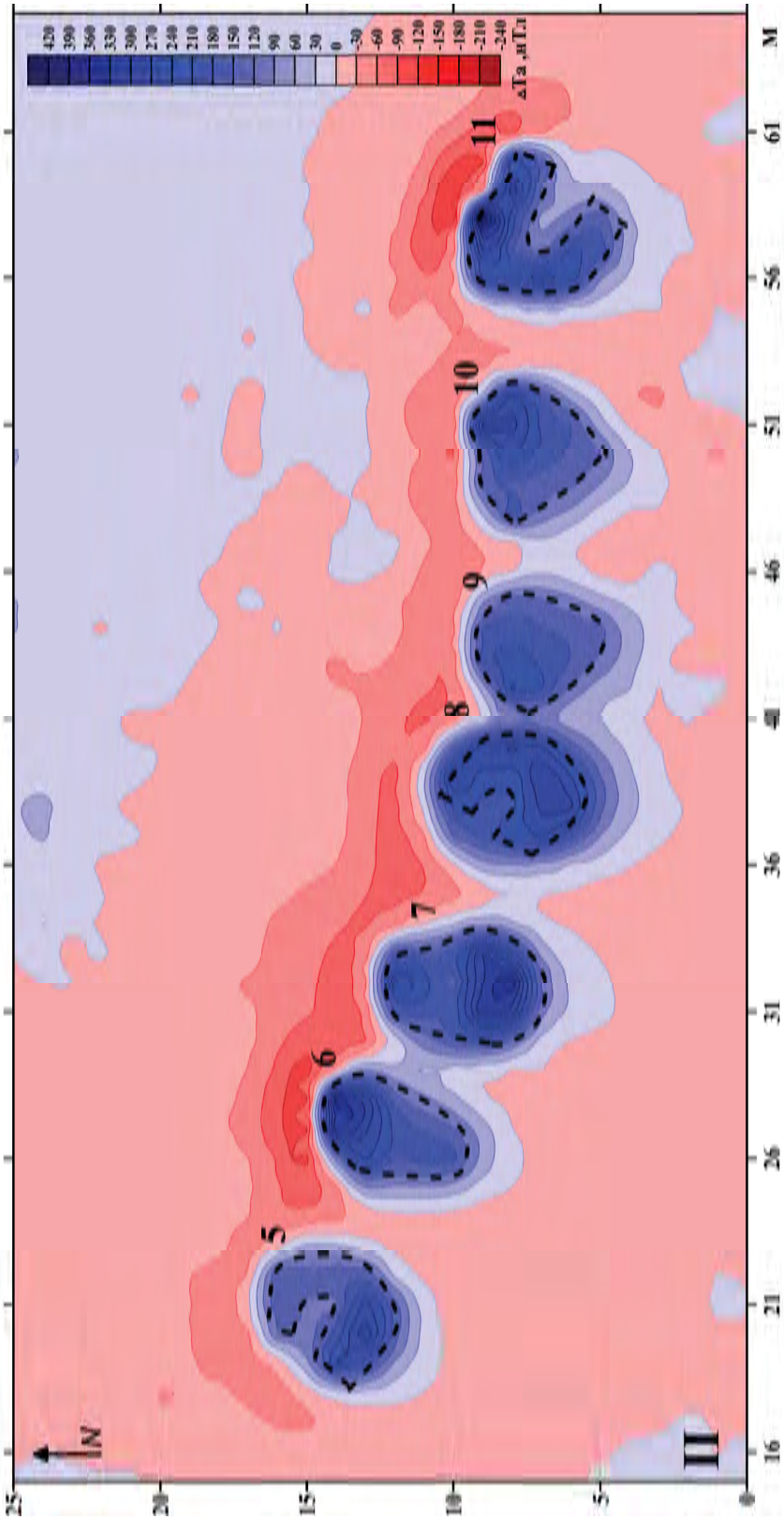

Рис. 4. Аномальное магнитное поле локальных объектов группы «II» М 1: 50 с элементами интерпретации. Чёрным пунктиром выделены предполагаемые границы строительных конструкций из обожжённой глины

Описанные группы печей отличаются по размерам и по намагниченности. Наибольшими размерами и интенсивностью магнитных аномалий характеризуются конструкции I и II группы. С учётом подъёмного материала (тёмно серые кирпичи, плиты и черепица), обнаруженного вблизи этих объектов, и его магнитных свойств (табл. «Статистические характеристики…») с большой долей вероятности печи использовали для обжига кирпича и черепицы в восстановительных условиях. Печи сопоставимых размеров и формы, использованные для обжига кирпича, имели распространение на территории, входившей в состав Золотой Орды в XIII–XIV вв. (Калменов 2013). Прямоугольные кирпичеобжигательные печи, относящиеся к XI–XII и XIII–XV вв. размерами около 3 м известны на территории Средней Азии (Пругер 1969). Необходимо отметить, что серый кирпич и черепица являются самым массовым строительным материалом, обнаруженным при раскопках Кондуйского городка.

Печи группы III характеризуются относительно небольшими размерами (в рамках этого исследования) и меньшей интенсивностью локальных магнитных аномалий. Подъёмный материал вблизи этой группы печей представляет собой строительную керамику охристых оттенков (черепица, кирпич, терракотовые декоративные элементы), которая характеризуется относительно невысокими значениями фактора Q (табл. «Статистические характеристики…»). Можно предположить, что эти печи использовали для обжига строительной керамики в окислительной среде.

Комплексы печей групп II и III расположены таким образом, что простираются вдоль северной и восточной сторон участка прямоугольной формы. По морфологии аномального магнитного поля внутренняя область этого участка может быть разделена на площадки прямоугольной формы с параллельными простиранию осей комплексов печей границами. Элементы планировки такого же простирания прослеживаются по магнитным аномалиям на периферии площади исследований.

Обнаруженные в подъёмном материале глазурованные обломки черепицы, покрытые белой краской обломки кирпича, порошкообразная охра оранжевого цвета, а также обломки доломита и «доломитовая мука» косвенно свидетельствуют, что на этой территории не только обжигали изделия из глины, но окрашивали их и покрывали глазурью. Выходы коренных пород, содержащих глыбы доломита, обнаружены нами в 10 км к востоку от Кондуйского городка.

Можно сделать предположение, что в аномальном магнитном поле отражена структурная планировка производственного центра, обеспечивавшего строителей Кондуйского городка строительной керамикой (кирпич, плиты, черепица, керамические декоративные элементы). Внутренняя площадь производственного центра, по нашим оценкам, была немного меньше 6000 м^2, а с учётом печей составляла не менее 1,5 га. Площадь всей территории, использованной для производства черепицы и кирпича, пока не может быть оценена, поскольку за пределами зоны картирования выделены бугристые участки поверхности, вплотную примыкающие к ней.

Подобная структура производства строительной керамики выявлена в Каракоруме (Pohl et al. 2012). На территории города вблизи главного здания храма династии Юань с использованием магнитометрии обнаружен и исследован раскопками комплекс из четырёх больших подковообразных печей. Эти печи использовались для обжига кирпича и архитектурной

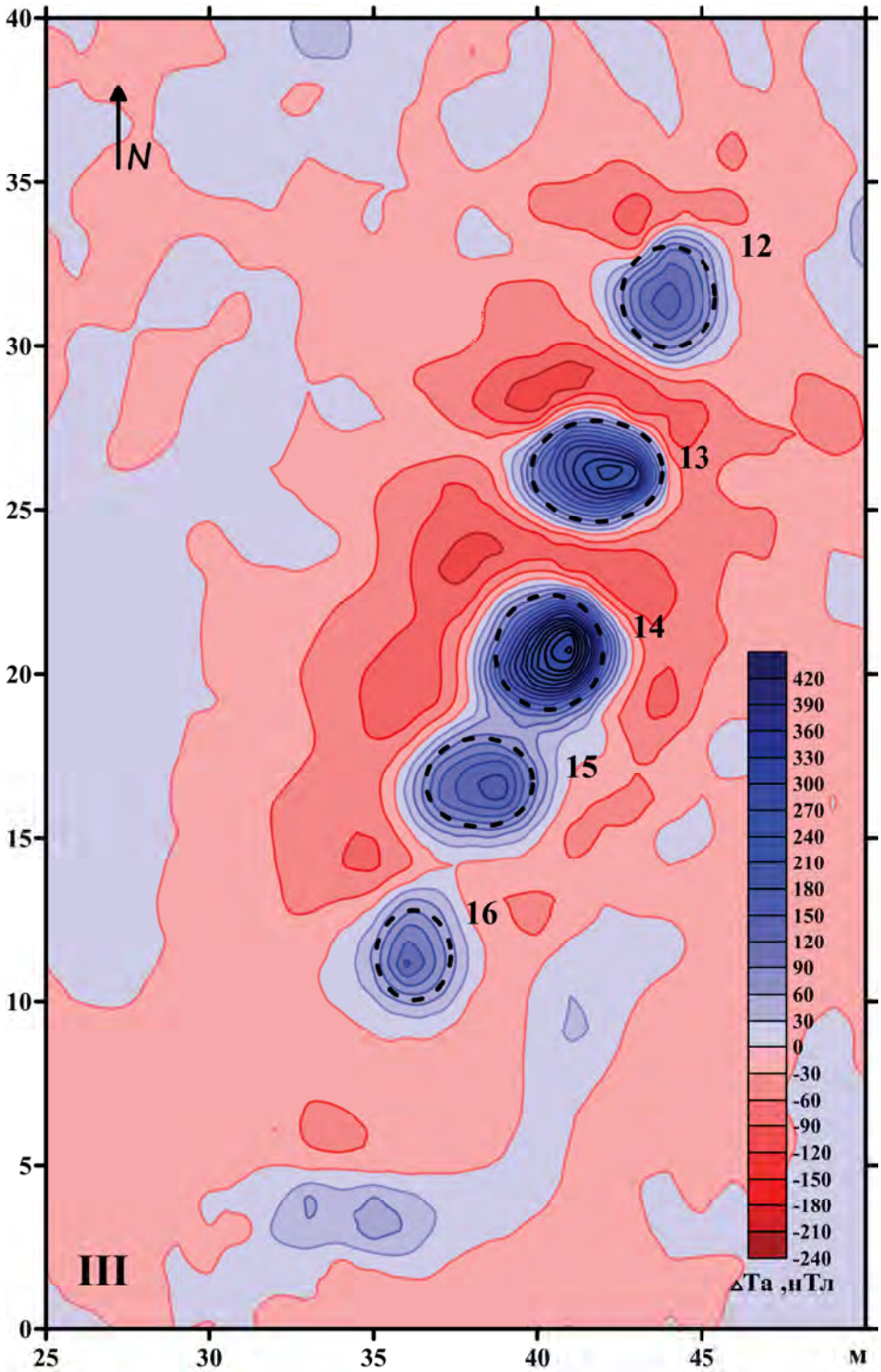

Рис. 5. Аномальное магнитное поле локальных объектов группы III М 1: 50 с элементами интерпретации. Чёрным пунктиром выделены предполагаемые границы строительных конструкций из обожжённой глины

скульптуры (Franken 2005). Впоследствии на этой же территории с использованием геомагнитного картирования обнаружена и раскопана ещё одна печь для производства серой керамики (Hüttel 2003). В 3,5 км к юго-западу от центра Каракорума, на периферии, в 2008 и 2009 гг. в пойме реки Орхон обнаружен комплекс из 14 печей для обжига глиняных фигур, архитектурной скульптуры и пластического оформления. (Hüttel, Erdenebat 2011).

Выводы

По результатам геолого-геомагнитных исследований нанесены на карту строительные конструкции, представляющие собой печи для обжига строительной керамики, использованной при строительстве археологического памятника Монгольской империи «Кондуйский городок» в Забайкальском крае России. Выделены 16 печей для обжига строительной керамики, разделённые территориально на три группы. Сделаны предварительные выводы о морфологических особенностях исследованных конструкций. На основе петрофизических исследований подъёмного материала и с учётом особенностей магнитных аномалий, источниками которых признаны печи, выявлены признаки дифференциации функционального назначения печей по условиям режимов обжига керамического материала. Получено представление о структуре пространственной организации производственного центра строительной керамики Кондуйского городка, расположенного на периферии археологического памятника. Проведена предварительная оценка его размеров и внутреннего устройства. Впервые получены сведения о производстве строительной керамики на территории Кондуйского городка: обнаружены руины четырёх печей для обжига.

Прослежена аналогия пространственного размещения инфраструктуры, обеспечивающей производство строительной керамики Кондуйского городка, с производственными комплексами Каракорума.

Результаты исследований, представленных в этой работе могут быть использованы для выделения наиболее значимых объектов, раскопки которых позволят с минимальными потерями и затратами получить информацию для выполнения исторических реконструкций.

Литература

Ваганов П.А. 1984. *Физики дописывают историю*. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та.

Геология СССР. 1961. Том XXXVI. Читинская область. Часть 1. Геологическое описание. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр.

Грошевой Г.В., Галкин Л.Л., Зайончковский М.А. 1967. Археологическая разведка магнитометром направленного действия. *Советская археология*. №3, 191-204.

Древнемонгольские города. 1965. Колл. авторов: С.В. Киселев, Л.А. Евтюхова, Л.Р. Кызласов, Н.Я. Мерперт, В.П. Левашова М: Наука.

Дудкин В.П. 1970. К вопросу о применении дифференциального магнитометра в археологической разведке. *Советская археология*. № 1, 272-277.

Дудкин В.П., Кошелев И.Н. 2001. Выбор сети магнитометрических наблюдений на археологических памятниках [Электронный ресурс]: *Восточноевропейский археологический журнал*. Киев: Институт памятнико-охранных исследований Министерства культуры и искусств Украины, № 6. Режим доступа: http://archaeology.kiev.ua/journal/061101/dudkin_koshelev.htm

Дудкин В.П., Кошелев И.Н. 1999. Магнитные свойства археологических объектов [Электронный ресурс]: *Восточ-*

ноевропейский археологический журнал. Киев: Институт памятнико-охранных исследований Министерства культуры и искусств Украины, №1. Режим доступа: http://archaeology.kiev.ua/journal/011299/dudkin_koshelev.htm

Калменов М.Д. 2013. Кирпичеобжигательная печь с городища Жайык. *Поволжская археология.* №4, 205-213.

Киселев С.В. 1958. Древние города Забайкалья. *Советская археология.* № 4, 109-121.

Крадин Н.Н., Бакшеева С.Е., Ковычев Е.В., Прокопец С.Д. 2017. Новые исследования Кондуйского городка. *Между Востоком и Западом: движение культур, технологий и империй.* III Международный конгресс средневековой археологии евразийских степей, Владивосток, май 2017. Отв. ред. Н.Н. Крадин, А.Г. Ситдиков. Владивосток: Дальнаука, 167-170.

Крадин Н.Н., Бакшеева С.Е., Прокопец С.Д. 2018. Города и дворцы Монгольской империи в Восточном Забайкалье. *Сибирские исторические исследования.* №2, 64-80.

Кузнецов А.К. 1925. *Развалины Кондуйского городка и его окрестности.* Владивосток.

Логачев А. А., Захаров В. П. 1979. *Магниторазведка.* 5-е изд., переработ. и доп. Л.: Недра.

Мачинин В.А., Смекалова Т.Н., Мельникова А.В., Масленников А.А. 1989. *Геофизические исследования в античной археологии.* №15 (841). М.: ИЗМИР АН (Препринт).

Пругер Е.Б. 1969. Кирпичеобжигательное производство средневекового Мерва. *Труды Южно-Туркменской археологической экспедиции.* Т. 14, 230-239.

Смекалова Т.Н., Мельников А.В., Мыц А.В., Беван Б.В. 2000. *Магнитометрическое изучение гончарных печей средневековой Таврики.* СПб: Изд-во СПбГУ.

Смекалова Т.Н., Мыц А.В. 1997. Методика магнтометрического изучения гончарных печей средневековой Таврики. *Археология Крыма.* №1. Симферополь, 139-153.

Станюкович А.К. 1996. Археологическая геофизика в России. *Геофизика.* № 12, 57-64.

Станюкович А.К. 1997. Основные методы полевой археологической геофизики. *Естественно-научные методы в полевой археологии.* М.: ИА РАН. Вып.1. С. 19-42.

Франтов Г.С., Пинкевич А.А. 1966. *Геофизика в археологии.* Л.: Недра.

Шилик К.К. 1974. О магниторазведке гончарных печей у Чабан-Куле. Восточная Европа в I – II тысячелетии н.э. *Краткие сообщения института археологии.* Вып. 140. М.: Наука, 115-120.

Шилик К.К. 1965. Опыт применения магниторазведки на древнерусском городище. *Археология и естественные науки.* М.: Наука, 252-256.

Шилик К.К. 1968. Применение магниторазведки при исследовании средневековых памятников в Крыму. Средневековые памятники Восточной Европы. *Краткие сообщения Института археологии.* Вып. 113. М.:Наука, 123-130.

Эйткин М. Дж. 1966. *Физика и археология.* М.: Мир.

Belshe J.C. 1957 Recent magnetic investigations at Cambridge University. *Advances in Physics.* №6, 192- 193.

Bevan B.W., Roosevelt A.C. 2003. Geophysical exploration of Guajara, a prehistoric earth mound in Brazil. *Geoarchaeology: an international journal.* Vol. 18, No. 3, 287–331.

Clark. A.J. 1990. *Seeing Beneath the Soil: Prospecting methods in archaeology.* London: Batsford Ltd.

Colani C., Aitken M.J. 1966. Utilization of magnetic viscosity effects in soils archaeological prospection. *Nature.* Vol. 212, № 5069., 1446-1447.

E. Pohl, Mönkhbayar L., Ahrens B., Frank K., Linzen S., Osinska A., Schüler T., Schneider M. 2012. Production Sites in Karakorum and Its Environment: A New Archaeological Project in the Orkhon Valley, Mongolia. *The Silk Road.* T. 10, 49-65.

Franken C. 2005. Die Brennöfen im Palastbezirk von Karakorum. *Dschingis Khan und seine Erben: das Weltreich der Mongolen.* München: Hirmer, 147–149.

Hüttel H.-G. 2002. Bericht über die Tätigkeit der Kommission für Allgemeine und Vergleichende Archäologie des Deutschen Archäologischen Instituts im Jahre 2002. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie.* T. 23, 296-297.

Hüttel H.-G., Erdenebat U. 2011. *Karabalgasun and Karakorum: Two late nomadic urban settlements in the Orkhon Valley.* Ulaanbaatar: Admon.

Kochnev V., Zdanovich G., Punegov B. 2004. The experiment in applying 3D technology of magnetic fields interpretation at the archaeological site "Arkaim". *Proc. 31-th conf. Computer applications and quantitative methods in archaeology.* BAR Int. series 1227, 64–67.

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Kozhevnikov O.K. 2001. An accidental geophysical discovery of an Iron Age archaeological site on the western shore of Lake Baikal. *Journal of Applied Geophysics.* Vol. 47, № 2, 107-122.

Kulessa B., Chiarulli B., Haney S. 2004. Geophysics in support of industrial archaeology in a challenging environment: shade iron furnace, Pennsylvania, USA. *Archaeological prospection.* Vol. 11. Iss. 4, 181-187.

Neubauer W. 2001. *Magnetische prospektion in der archäologie.* Vienna: Österreichischen akademie der Wissenschaften.

Riisager P., Abrahamsen N., Rytter J. 2003. Research report: Magnetic investigations and the age of a Medieval kiln at Kungahälla (south-west Sweden). *Archaeometry*. Vol. 45, Iss. 4, 675-684.

Sarris A., Athanassopoulou E., Doulgeri-Intzessiloglou A., Skafida Eu., Weymouth J. 2002. Geophysical prospection survey of an ancient amphorae workshop at Tsoukalia, Alonnisos (Greece). *Archaeological prospection*. Vol. 9, Iss. 4, 183-195.

Scollar I., Tabbagh A., Hesse A., Herzog I. 1990. *Archaeological prospecting and remote sensing*. Cambridge: Cambridge university press.

Tsokas G.N., Sarris A., Papppa M., Bessios M., Papazachos C.B., Tsourlos P., Giannopoulos A.A 1997. Large-scale Magnetic Survey in Makrygialos (Pieria), Greece. *Archaeological prospection*. Vol. 4, № 3, 123-137.

Wynn J.C. 1986. Review of geophysical methods used in archaeology. *Geoarchaeology: an international journal*. Vol. 1, № 3, 245-257.

GEOMAGNETIC SURVEY OF KILNS FOR BUILDING CERAMICS AT THE KONDUISKI ARCHAEOLOGICAL TOWN SITE

E.A. Bessonova, S.A. Zverev, T.A. Kharchenko,
V.V. Sattarova, A.S. Telichko

In 2013-2015 a complex geological-geomagnetic research was made on territory and periphery of XIII century archeological site "Konduiski township" in Zabaikalsky krai of Russia as observing sites of Mongol Empire by non-invasive methods. Cultural layer was accounted as part of modern deposits of antropogenic origin. For the first time, reliable information about the production of building ceramics on the territory of the monument was obtained: the ruins of 4 kilns were found. Two groups of kilns consisting of 12 isle constructions were marked in Konduiski environs. Kiln furnishes specific magnetic anomaly, which along with petrophysical observations allowed to find out patterns of kilns' functional difference related to different methods of ceramic firing. Preliminary insight of constructive ceramics production center structure which was located in surroundings of archeological site was made. Its size and inner arrangements were approximately valued. Infrastructure of construction ceramics production site in Konduiski township is similar to that of Krakorum production complex. Geological-geomagnetic research results require further confirmation by excavations.

Key words: magnetometry, magnetization intensity, medieval constructive ceramics, brick kilns, Konduiski township.

Refer ences

Vaganov P.A. 1984. *Fiziki dopisyvayut istoriyu*. [Physicists contribute to history] L.: Izd-vo Leningradskogo un-ta. [Leningrad. Leningrad University publishing].

Geologiya SSSR. 1961. Tom XXXVI. Chitinskaya oblast'. Chast' 1. Geologicheskoe opisanie. [Geology of the USSR. 1961. Vol. XXXVI. Chita oblast. Part 1. Geological account]. M.: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo literatury po geologii i o hrane nedr. [Moscow: State-owned publishing house for scientific & technological applications in geology and natural resources oreservation].

Groshevoj G.V., Galkin L.L., Z ajonchkovskij M. A. 1967. Arheo logicheskaya razvedka magnitometrom napravlennogo dejstviya. *Sovetskaya arheologiya*. №3, 191-204. [Archaeolo gi calreconnaissance with targeted magnetometer. *In* Soviet archaeology. No. 3, pp. 191-204].

Drevnemongol'skie goroda. 1965. [Ancient Mongol towns]. Koll. avtorov: S.V. Kiselev, L.A. Evtyuhova, L.R. Kyzlasov, N.YA. Merpert, V.P. Levashova M: Nauka. [Moscow: Nauka publishers].

Dudkin V.P. 1970. K v oprosu o p rimenenii differencial'nogo magnitometra v arheologicheskoj razvedke. *Sovetskaya arheologiya*. № 1, 272-277. [On t he use of differential magnetometer for archaeological reconnaissance. *In* Soviet archaeology. No. 1, pp.272-277].

Dudkin V.P., Koshelev I.N. 2001. Vybor seti magnitometricheskih nablyudenij na arheologicheskih pamyatnikah [Ehlektronnyj resurs]: *Vostochnoevropejskij arheologicheskij zhurnal*. [Choosing a magnetometry mesh o n archaeological sites. [Online source]: East European archaeological Journal]. Kiev: Institut pamyatniko-ohrannyh issledovanij Ministerstva kul'tury i iskusstv Ukrainy, № 6. [Kyiv: Institute for research on preservation of relics at Ukraine ministry of culture and arts, No. 6]. Rezhim dostupa: http://archaeology.kiev.ua/journal/061101/dudkin_koshelev.htm

Dudkin V.P., Koshelev I.N. 1999. M agnitnye svojstva arheologicheskih obyektov [Ehlektronnyj resurs]: *Vostochnoevropejskij arheologicheskij zhurnal*. [Magnetic properties of archaeological objects [Online source]: East European archaeological Journal]. Kiev: Institut pamyatniko-ohrannyh issledovanij Ministerstva kul'tury i iskusstv Ukrainy, №1. [Kyiv: Institute for research on preservation of relics at Ukraine ministry of culture and arts, No. 1]. Rezhim dostupa: http://archaeology.kiev.ua/journal/ 011299/ dudkin_koshelev.htm

Kalmenov M.D. 2013. Kirpicheobzhigatel'naya pech' s gorodishcha Zhajyk. *Povolzhskaya arheologiya*. №4, 205-213. [B rick kiln from Zhajyk site. *In* The Volga River Region Archaeology. No. 4, pp. 205-213].

Kiselev S.V. 1958. Dr evnie goroda Zabajkal'ya. Sovetskaya arheologiya. № 4, 109-121. [Ancient towns of the Trans-Baikalia *In* Soviet archaeology. No. 4, pp. 205-213].

Kradin N.N., Baksheeva S.E., Kovychev E.V., Prokopec S.D. 2017. N ovye issledovaniya Kondujskogo gorodka. *Mezhdu Vostokom i Zapadom: dvizhenie kul'tur, tekhnologij i imperij*. III M ezhdunarodnyj kongress srednevekovoj arheologii evrazijskih stepej, [New research on Konduiski town site. *In* Between the East and the West: dynamics of cultures, technologies, and empires. The third international congress on the mediaeval archaelogy of Eurasian steppes]. Vladivostok, maj [May] 2017. Otv . red. [eds.-in-chief] N.N. Kradin, A.G. S itdikov. Vladivostok: Dal'nauka, 167-170.

Kradin N.N., B aksheeva S.E., P rokopec S.D. 2018. Goroda i dvorcy Mongol'skoj imperii v Vostochnom Zabajkal'e. *Sibirskie istoricheskie issledovaniya*. №2, 64-80. [Towns and palaces of Mongolian empire in eastern Transbaikalia. *In* Siberian historical studies. No. 2, pp. 64-80].

Kuznecov A.K. 1925. *Razvaliny Kondujskogo gorodka i ego okrestnosti*. [Ruins of the Konduiski town site and its environs]. Vladivostok.

Logachev A. A., Z aharov V. P. 1979. *Magnitorazvedka*. 5-e izd., pererab. i dop. L.: Nedra. [Magnetic survey. 5th edition, revised and expanded. Leningrad, Nedra publishing house].

Machinin V.A., Smekalova T.N., Mel'nikova A.V., Maslennikov A.A. 1989. *Geofizicheskie issledovaniya v a ntichnoj arheologii*. №15 (841). [Geophysical research in

archaeology of antiquity]. M. [Moscow]: IZMIRAN (Preprint).

Pruger E.B. 1969. Kirpicheobzhigatel'noe proizvodstvo srednevekovogo Merva. *Trudy Yuzhno-Turkmenskoj arheologicheskoj ehkspedicii*. T. 14, 230-239. [Brick firing facilities in the mediaeval Merv. *In* Proceedings of the South Turkmenian archaeological expedition. Vol. 14, pp. 230-239].

Smekalova T.N., Mel'nikov A.V., Myc A.V., Bevan B.V. 2000. *Magnitometricheskoe izuchenie goncharnyh pechej srednevekovoj Tavriki*. SPb: Izd-vo SPbGU. [Magnetometric survey of pottery kilns in the mediaeval Tavrika. Saint-Petersburg: SPbGU publishing].

Smekalova T.N., Myc A.V. 1997. Metodika magntometricheskogo izucheniya goncharnyh pechej srednevekovoj Tavriki. *Arheologiya Kryma*. №1. [The methods of magnetometric survey of pottery kilns in the mediaeval Tavrika. *In* Archaeology of Crimea. No. 1]. Simferopol', pp. 139-153.

Stanyukovich A.K. 1996. Arheologicheskaya geofizika v Rossii. *Geofizika*. № 12, 57-64. [Archaeological geophysics in Russia. *In* Geophysics. No. 12, pp. 57-64].

Stanyukovich A.K. 1997. Osnovnye metody polevoj arheologicheskoj geofiziki. *Estestvenno-nauchnye metody v polevoj arheologii*. [Fieldwork basics in archaeological geophysics. *In* Natural sciences in archaeological fieldwork]. M. [Moscow]: IA RAN. Vyp.1. S. 19-42. [Issue 1, pp. 19-42]

Frantov G.S., Pinkevich A.A. 1966. *Geofizika v arheologii*. L.: Nedra. [Geophysics in archaeology. Leningrad: Nedra publishing house].

Shilik K.K. 1974. Opyt magnitorazvedke goncharnyh pechej u Chaban-Kule. Vostochnaya Evropa v I–II tysyacheletii n.eh. *Kratkie soobshcheniya instituta arheologii*. Vyp. 140. [On magnetic reconnaissance on pottery kiln sites at Chaban-Kule. Eastern Europe in the 1st–2nd millennia ad. *In* Institute of archaeology brief reports. Issue 140]. M.: Nauka, pp. 115-120.

Shilik K.K. 1965. Opyt primeneniya magnitorazvedki na drevnerusskom gorodishche. *Arheologiya i estestvennye nauki*. [A case of magnetic survey of ancient Rusian town site. *In* Archaeology and natural sciences]. M.: Nauka, pp. 252-256.

Shilik K.K. 1968. Primenenie magnitorazvedki pri issledovanii srednevekovyh pamyatnikov v Krymu. Srednevekovye pamyatniki Vostochnoj Evropy. *Kratkie soobshcheniya Instituta arheologii*. Vyp. 113. [Magnetic reconnaissance on mediaeval sites in Crimea. Mediaeval sites of Eastern Europe. *In* Institute of archaeology brief reports. Issue 113] M.: Nauka, pp. 123-130.

Ehjtkin M. Dzh. 1966. *Fizika i arheologiya* [Physics and archaeology]. M.: Mir. [Moscow: Mir publishing house].

Belshe J.C. 1957 Recent magnetic investigations at Cambridge University. *Advances in Physics*. №6, 192-193.

Bevan B.W., Roosevelt A.C. 2003. Geophysical exploration of Guajara, a prehistoric earth mound in Brazil. *Geoarchaeology: an international journal*. Vol. 18, No. 3, 287–331.

Clark. A.J. 1990. *Seeing Beneath the Soil: Prospecting methods in archaeology*. London: Batsford Ltd.

Colani C., Aitken M.J. 1966. Utilization of magnetic viscosity effects in soils archaeological prospection. *Nature*. Vol. 212, № 5069., 1446-1447.

E. Pohl, Mönkhbayar L., Ahrens B., Frank K., Linzen S., Osinska A., Schüler T., Schneider M. 2012. Production Sites in Karakorum and Its Environment: A New Archaeological Project in the Orkhon Valley, Mongolia. *The Silk Road*. T. 10, 49-65.

Franken C. 2005. Die Brennöfen im Palastbezirk von Karakorum. *Dschingis Khan und seine Erben: das Weltreich der Mongolen*. München: Hirmer, 147–149.

Hüttel H.-G. 2002. Bericht über die Tätigkeit der Kommission für Allgemeine und Vergleichende Archäologie des Deutschen Archäologischen Instituts im Jahre 2002. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie*. T. 23, 296-297.

Hüttel H.-G., Erdenebat U. 2011. *Karabalgasun and Karakorum: Two late nomadic urban settlements in the Orkhon Valley*. Ulaanbaatar: Admon.

Kochnev V., Zdanovich G., Punegov B. 2004. The experiment in applying 3D technology of magnetic fields interpretation at the archaeological site "Arkaim". *Proc. 31-th conf. Computer applications and quantitative methods in archaeology*. BAR Int. series 1227, 64–67.

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Kozhevnikov O.K. 2001. An acciden tal geophysical discovery of an Iron Age archaeological site on the western shore of Lake Baikal. *Journal of Applied Geophysics.* Vol. 47, № 2, 107-122.

Kulessa B., Chiarulli B., Haney S. 2004. Geophysics in su pport of industrial archaeology in a c hallenging environment: shade iron furnace, Pennsylvania, USA. *Archaeological prospection.* Vol. 11. Iss. 4, 181-187.

Neubauer W. 2001. *Magnetische prospektion in der archäologie.* Vienna: Österreichischen akademie der Wissenschaften.

Riisager P., Abrahamsen N., R ytter J. 2003. Research report: Magnetic investigations and the age of a Medieval kiln at Kungahälla (south-west Sweden). *Archaeometry*. Vol. 45, Iss. 4, 675-684.

Sarris A., Athanassopoulou E., Doulgeri-Intzessiloglou A., Skafida Eu., Weymouth J. 2002. Geophysical prospection survey of an ancient amphorae workshop at Tsoukalia, Alonnisos (Greece). *Archaeological prospection*. Vol. 9, Iss. 4, 183-195.

Scollar I., Tabbagh A., Hesse A., Herzog I. 1990. *Archaeological prospecting and remote sensing*. Cambridge: Cambridge university press.

Tsokas G.N., Sarris A., Papppa M., Bessios M., Papazachos C.B., Tsourlos P., Giannopoulos A.A 1997. L arge-scale Magnetic Survey in Makrygialos (Pieria), Greece. *Archaeological prospection.* Vol. 4, № 3, 123-137.

Wynn J.C. 1986. Review of geophysical methods used in archaeology. *Geoarchaeology: an international journal.* Vol. 1, № 3, 245-257.