

# МАЛОВЫСОТНАЯ АЭРОМАГНИТНАЯ СЪЕМКА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КВАДРОКОПТЕРА В АРХЕОЛОГИИ

Д.А. Гоглев (ГК «Геоскан»)

В 2009 г. окончил геологоразведочный факультет Санкт-Петербургского горного университета по специальности «горный инженер». С 2010 г. работал в ЗАО НПФ «Геодизонд». С 2018 г. работает в ГК «Геоскан», в настоящее время — руководитель проекта по аэромагнитной съемке с БПЛА.

Геофизические методы, в частности, магниторазведка, более полувека успешно применяются в археологических исследованиях. Железо является наиболее чутким индикатором практически любого вида человеческой деятельности. Повседневная деятельность людей приводит к превращению немагнитных окислов железа в магнитные и сильномагнитные.

Для поиска погребенных исторических памятников необходимо провести измерения магнитного поля земной поверхности с очень маленьким шагом и при минимальной высоте расположения магнитометра.

Привлечение к таким исследованиям беспилотных воздушных систем (БВС) на базе квадрокоптера позволяет существенно повысить производительность и качество исследований. БВС такого типа могут летать на разных высотах, в том числе и на предельно малых, огибая рельеф, поддерживая оптимальную для требуемой частоты отсчетов скорость, проводя детальную съемку там, где наземная съемка затруднена или невозможна из-за особенностей ландшафта.

При наземном методе в день можно выполнить магнитную съемку с межпрофильным расстоянием в 1 м на территории размером 400х40 м (площадью 0,016 км<sup>2</sup>), что соответствует 16 погонным км профилей. Аналогичный объем работ аэромагнитный комплекс «Геоскан 401 Геофизика», созданный на базе квадрокоптера «Геоскан 401» и квантового магнитометра «Геоскан КМ-Р6» с рубидиевым магниточувствительным датчиком (рис. 1), позволяет осуществлять за один полет (40 минут). Также при проведении работ при помощи БВС исключаются ошибки, связанные с человеческим фактором, а магнитометр всегда будет находиться на одинаковом удалении от земной поверхности и двигаться с постоянной скоростью. Это позволит точно определять пространственное положение полученных аномалий.

В августе 2018 г. на археологическом объекте — поселении XVI–XVIII веков «Ананьино-I» в Тарском районе Омской области специалисты ГК «Геоскан» выполнили маловысотные аэромагнитные измерения с применением аэромагнитного комплекса «Геоскан 401 Геофизика» на участке размером 600х80 м.

После проведения рекогносцировочного полета и создания точной карты высот с помощью наземной станции управления БВС были рассчитаны и созданы полетные задания. Из-за сложных погодных условий, связанных с сильным ветром (10–14 м/с), работы проводились либо рано утром, либо поздно вечером. Несмотря на ограничения, вызванные погодными условиями, производительность БВС позволила выполнить работы в полном объеме.

В качестве наземной магнитовариационной станции использовался оверхаузеровский

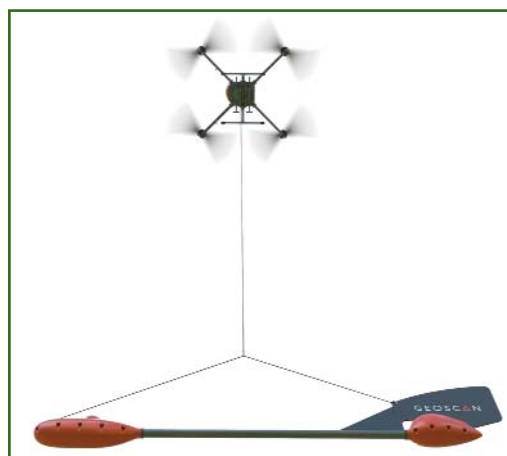


Рис. 1  
Аэромагнитный комплекс «Геоскан 401 Геофизика»



**Рис. 2**  
Границы участков аэромагнитной съемки: с высоты 1,5–2 м — контур красного цвета, с высоты 5–5,5 м — контур зеленого цвета

магнитометр ММРОС-1. Наблюдения за внешним полем Земли осуществлялись с частотой 0,2 Гц. Время магнитовариационной станции синхронизировалось со временем GPS-приемника, установленного на магнитометре «Геоскан КМ-Рб».

Съемка проводилась отдельными маршрутами (профилями), расстояние между которыми составляло 1 м. Из-за особенностей ландшафта (наличие кустарников и стогов сена) измерения были выполнены на двух высотах: в северной части участка на высоте 1,5–2 м над поверхностью земли, а в южной — на высоте 5–5,5 м (рис. 2). Среднее расстояние между точками измерения на каждом профиле составило около 50 см.

Первичные данные прошли стандартную обработку, выполняемую при аэромагнитной съемке. Из измеренных значений были исключены суточные вариации геомагнитного поля Земли (значения магнитного поля, полученные магнитовариационной станцией) и среднее глобальное магнитное поле Земли (модель IGRF — International Geomagnetic Reference Field, международное геомагнитное аналитическое поле).

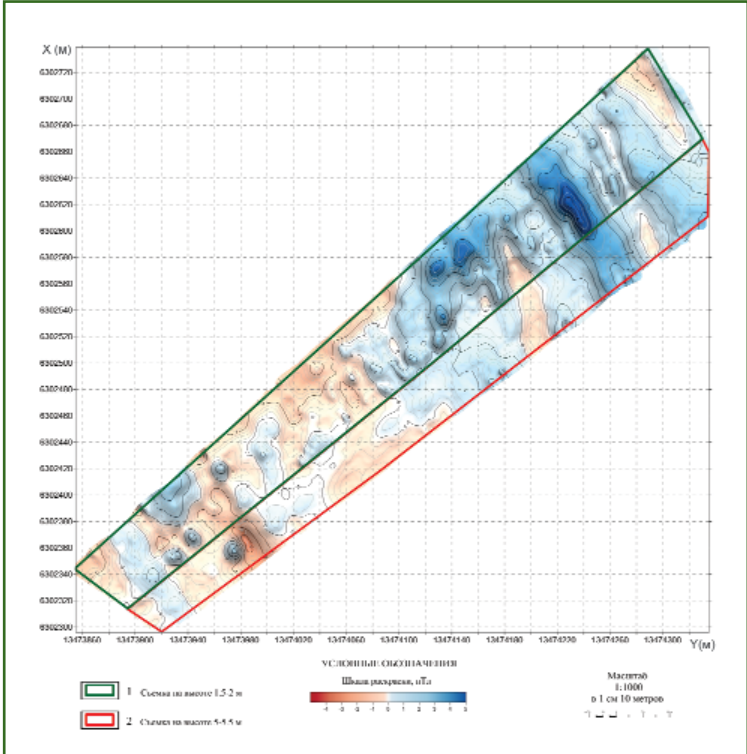
По полученным на маршрутах значениям аномалий магнитно-

го поля была сформирована двумерная матричная модель поля  $\Delta T_a$  с размером ячейки 0,5x0,5 м. На рис. 3 отчетливо видно уменьшение интенсивности аномалий магнитного поля с увеличением высоты полета. Изменение магнитного поля на 3 нТл (наноТесла) при увеличении высоты полета на 4 м косвенно указывает на небольшую

глубину залегания (несколько метров) источника магнитных аномалий. Для более контрастного выделения приповерхностных аномалий была применена специальная обработка.

На рис. 4 прекрасно видно, что, несмотря на разную высоту полета при аэромагнитной съемке, оси линейных магнитных аномалий, расположенных в северо-восточной части участка, прослеживаются на всю его площадь в северо-западном направлении. Скорее всего, эти аномалии отражают пликативные неоднородности осадочного чехла, хотя нельзя исключать, что они могут быть порождены линейными объектами культурного происхождения.

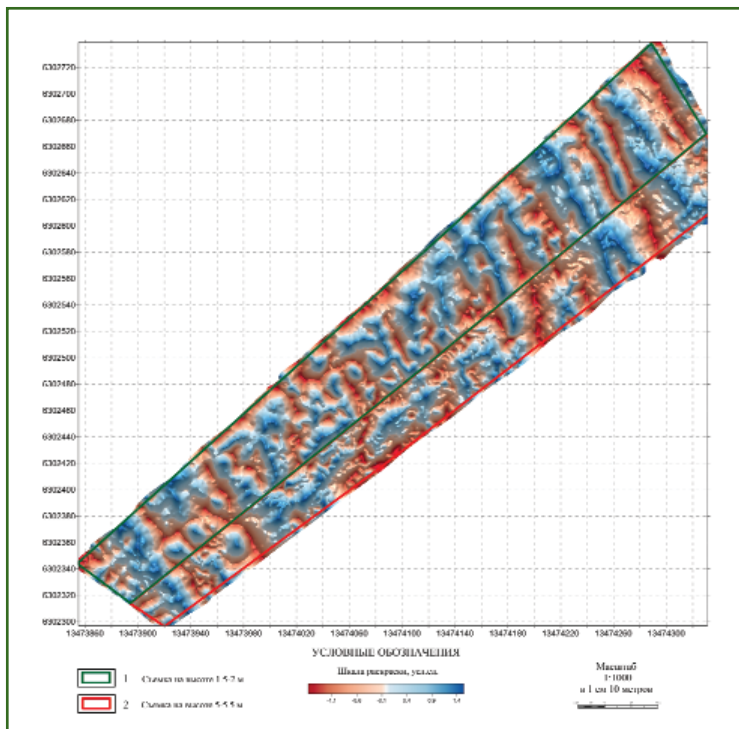
На наш взгляд, в первую очередь, стоит обратить внимание на аномалии с нетипичной для геологических структур формой, например, прямоугольной. Данные объекты могут быть связаны с погребенными основаниями жилищ. Также нельзя оставлять без внимания отдельные локальные аномалии, кото-



**Рис. 3**  
Карта аномального магнитного поля

рые могут быть порождены наличием в культурном слое памятника металлических предметов, созданных человеком.

Таким образом, полученные материалы указывают на необходимость определения природы образования полученных аномалий. Выявленные линейные объекты, как и локальные, необходимо заверять дополнительными геофизическими исследованиями, параллельно подтверждая археологическими работами. Обнаруженные аномалии, частично перекрытые предыдущими раскопами, могут свидетельствовать о повышенной намагниченности породы, находящейся в непосредственной близости от изъятых полезных археологических ценностей. Все аномалии, представляющие интерес для археологии, должны иметь отличные от окружающей их породы характеристики по плотности. Фрагменты обожженной глины, остатки деревянных жилищ, навалы мусора можно опреде-



**Рис. 4**  
Карта аномального магнитного поля после обработки (с повышенной контрастностью аномалий)

лить с помощью георадарной разведки и сопоставления полу-

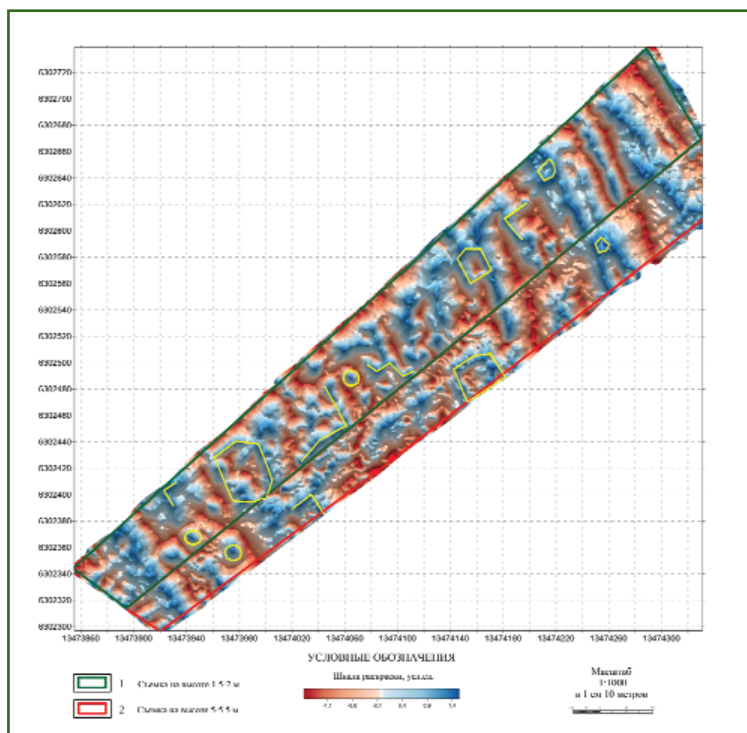
ченных данных с результатами проведенной магниторазведки. Это поможет уточнить пространственные границы истинных аномалий, а также выявить наиболее яркие из них с точки зрения археологии (рис. 5).

Полученные данные будут использованы археологами при планировании раскопов в следующем полевом сезоне.

Будущие археологические раскопы по аномалиям, выявленным в результате магнитометрической съемки с применением аэромагнитного комплекса «Геоскан 401 Геофизика» с высоты полета от 1,5 до 5,5 м, позволят создать банк данных о принадлежности магнитных аномалий к реальным археологическим объектам.

▼ **Список литературы**

1. Инструкция по магниторазведке. — Л.: Недра, 1981. — 263 с.
2. Бессонова Е.А, Ивлиев А.Л. Результаты применения магниторазведки в исследованиях Краскинского городища // Вестник ДВО РАН. — 2007. — № 5. — С. 46–56.



**Рис. 5**  
Выявленные по результатам аэромагнитной съемки с БВС участки, которые могут представлять интерес для детальных археологических исследований

