Геофизические технологии, № 3, 2020, с. 38–47 **www.rjgt.ru**
doi: 10.18303/2619–1563–2020–3–38 УДК 902.21

АЭРОФОТОСЪЕМКА С БПЛА В ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧАХ АРХЕОЛОГИИ: ОБЗОР И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ

Е.В. Балков[1], Ю.Г. Карин[1], О.А. Позднякова[2], И.О. Шапаренко[1], Д.А. Гоглев[3]

[1]Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3, Россия,
[2]Институт археологии и этнографии СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 17, Россия,
[3]Группа компаний «Геоскан», 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 22Л, Россия
e-mail: BalkovEV@ipgg.sbras.ru

На примере археологических памятников Аул-Кошкуль-1 и Новая Курья 1, расположенных на территории Новосибирской области, показана эффективность аэрофотосъемки с БПЛА при обнаружении слабовыраженных в рельефе археологических объектов. Рассмотрен мировой опыт использования аэрофотосъемки с БПЛА применительно к решению поисковых археологических задач, приведен краткий обзор используемых аппаратных средств. Подробно описан эффективный способ получения ортофотопланов и карт относительных высот дневной поверхности, позволивший выявить новые археологические объекты на территории исследуемых памятников.

Аэрофотосъемка; ортофотоплан; цифровая модель рельефа; археологические памятники; курганы

UAV PHOTOGRAPHY IN SEARCH PROBLEMS OF ARCHEOLOGY: OVERVIEW AND PRACTICAL EXAMPLES

E.V. Balkov[1], Yu.G. Karin[1], O.A. Pozdnyakova[2], I.O. Shaparenko[1], D.A. Goglev[3]

[1]Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Koptyug Ave., 3, Novosibirsk, 630090, Russia,
[2]Institute of Archeology and Ethnography SB RAS, Lavrentiev Ave., 17, Novosibirsk, 630090, Russia,
[3]Geoscan Group, Polytechnic St., 22L, St. Petersburg, 194021, Russia
e-mail: BalkovEV@ipgg.sbras.ru

The archaeological sites Aul-Koshkul-1 and Novaya Kurya 1 located on the territory of the Novosibirsk region were studied. The effectiveness of UAV photography in detection of archaeological objects that are weakly expressed in the relief is shown. The world experience of using UAV photography in relation to the solution of search archaeological problems is considered, a brief overview of the hardware used is given. An effective method of obtaining orthophotoplans and relative elevation maps of the day surface is described in detail. This method makes it possible to identify new archaeological objects on the territory of the studied sites.

UAV photography; orthophotoplan; digital elevation model; archaeological objects; mounds

ВВЕДЕНИЕ

В начале XXI в. стали общедоступны данные дистанционного зондирования (ДДЗ) [Гарбузов, 2003]. Для использования в археологии ДДЗ имеют большой масштаб и служат в основном для общего планирования работ. Но благодаря современным технологическим возможностям даже

© Е.В. Балков, Ю.Г. Карин, О.А. Позднякова, И.О. Шапаренко, Д.А. Гоглев, 2020

крупномасштабные ДДЗ можно дешифрировать и обнаруживать новые археологические объекты [Сидорина и др., 2018].

Развитие гражданских версий беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет выполнять аэрофотосъемку и получать информацию о строении земной поверхности с высокой детальностью и точностью за считанные минуты [Быков и др., 2013, 2015]. С помощью установленной на БПЛА камеры производится фотографирование с различных ракурсов по плотной сетке с высоким процентом перекрытия снимков. С развитием компьютерных инструментов появилась возможность автоматизировать традиционно трудоемкие процессы фотограмметрии в специализированных программах [Тихонов, Акматов, 2018]. Благодаря этому получаемые в результате ортофотопланы и цифровые модели рельефа (в английской литературе Digital Elevation Model, DEM) позволяют сократить временные и финансовые затраты на поисковые археологические работы. В некоторых случаях получаемая ландшафтная модель местности, сопровождаемая детальной фотографической и топографической информацией [Быков и др., 2014; Alvarez et al., 2020], имеет высокую информативность, сопоставимую с информативностью геофизических методов исследования.

В мировой практике аэрофотосъемка зачастую используется для 2D и 3D моделей зданий, культурных объектов или памятников [López et al., 2016; Adami et al., 2019]. В настоящее время на БПЛА в некоторых случаях используются датчики с технологией определения дальности с помощью оптических систем – LiDAR [Liu, 2008]. Эта технология применяется для получения более точных цифровых моделей рельефа [Poirier, 2020] и позволяет избавляться от влияния растительности на карту высот [Themistocleous, 2019]. Есть данные, что полет на малой высоте приводит к лучшему прохождению сквозь растительность и, как следствие, к улучшенным возможностям фильтрации данных, так как отражения будут происходить от реальной поверхности земли, а не от верхней части растительности [Risbøl, Gustavsen, 2018].

Беспилотные летательные аппараты с вертикальным взлетом (квадро-, гексо-коптеры и т. п.) в отличие от БПЛА самолетного типа, не требуют дополнительных средств для взлета и посадки, более маневренны, а современное программное обеспечение (ПО) делает их легкими в управлении и настройке.

Лидером среди достаточно большого числа зарубежных производителей мультикоптеров (дронов) для аэрофотосъемки является компания DJI (Китай, https://www.dji.com). На рисунке 1 приведены примеры широко используемых при аэрофотосъемке моделей любительских квадрокоптеров [Balkov et al., 2020; Yurkevich et al., 2020]. Их особенностями являются небольшие габариты, малый вес, хорошая система стабилизации и навигации, позволяющая проводить съемку даже в достаточно сильный ветер (до 5–6 м/с из личного опыта). Стоимость подобных аппаратов относительно не велика, поэтому они получили массовое распространение.

Рис. 1. Любительские дроны для аэрофотосъемки: DJI Phantom 4 (слева), DJI Mavic Air (в центре), Xiaomi Mi Drone (справа)

Среди отрицательных качеств можно назвать небольшую продолжительность полета (около 10–15 минут), малую грузоподъемность, что не позволяет установить камеры высокого разрешения или дополнительное оборудование.

На рынке также широко представлены профессиональные мультикоптеры для аэрофотосъемки промышленного класса. Здесь можно выделить разработки упомянутой выше компании DJI и отечественной компании ГК «Геоскан» (Санкт-Петербург, https://www.geoscan.aero), выпускающей широкую линейку профессиональных БПЛА (рис. 2). Такие аппараты способны поднимать груз до нескольких килограмм, стоимость их значительно выше, но и время полета достигает нескольких десятков минут. К примеру, время полета квадрокоптера компании «Геоскан» с профессиональным фотоаппаратом серии 401 достигает 60 минут.

На подобное шасси возможно установить не только профессиональные фотокамеры, но и другое оборудование, например, LiDAR, магнитометры или георадары [Liu, 2008; Гоглев, 2018; Cabrera, 2018].

Рис. 2. Профессиональные дроны для аэрофотосъемки: DJI MATRICE 600 PRO (слева), DJI Inspire 2 (в центре), Геоскан 401 (справа)

Целью настоящей работы является демонстрация эффективности применения аэрофотосъемки с использованием современных технических и программных средств при исследовании археологических объектов, имеющих слабую выраженность в рельефе, на примере двух археологических памятников, расположенных на территории Новосибирской области. К задачам отнесены: краткий обзор технических, программных средств и методики обработки, используемых при аэрофотосъемке и обработке материалов; описание оригинальной методики построения карт относительных высот, повышающей эффективность анализа моделей цифрового рельефа; демонстрация практических примеров применения аэрофотосъемки с БПЛА и результатов интерпретации обработанных данных.

АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Коллектив авторов на базе Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН располагает в настоящий момент компактным дроном DJI Mavic Air (см. рис. 1.), позволяющим оперативно выполнять аэрофотосъемку. Также проведена закупка комплекса Геоскан 401 – Геофизика, включающего в себя комплект для аэрофотосъемки.

При работах с помощью DJI Mavic Air для планирования полетов используется программа Drone Harmony Plus (https://droneharmony.com), для обработки данных фотограмметрии применяется ПО Metashape (Agisoft, Россия, https://www.agisoft.com/). Обработка, оформление и визуализация цифровых моделей рельефа и карт относительных высот проводится в программе Surfer (Golden Software, США, https://www.goldensoftware.com).

Рассматриваемые в статье результаты аэрофотосъемки получены в ходе работ 2019–2020 гг. сотрудниками ИНГГ СО РАН с помощью дрона DJI Mavic Air, а также оборудованием ГК «Геоскан» с привлечением специалистов компании.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ, ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА И КАРТ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ВЫСОТ

Процедура обработки фотографических данных, получаемых после облета исследуемого участка, включает четыре основных этапа, в полной мере автоматизированных в используемом ПО Metashape [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf]:

1) ориентирование и выравнивание ортофотоснимков по общим точкам и определение параметров съемки (положение камеры, ориентация, внутренняя геометрия и др.), в результате получается разреженное облако общих точек в трехмерном пространстве создаваемой модели;

2) построение плотного облака точек;

3) построение карты высот (в ПО предусмотрена возможность выгрузки (экспорта) карты высот в различных форматах: растровые изображения, форматы для загрузки в пакеты GIS, цифровая информация о рельефе для обработки в сторонних программных средствах и т. п.);

4) заключительный этап – построение ортофотоплана. Ортофотоплан – это фотографическое изображение дневной поверхности, построенное из набора выровненных фотоснимков. Ортофотоплан может быть экспортирован в различных растровых форматах, в том числе с геопривязкой. Также он может быть экспортирован в форматах для последующей загрузки в различные пакеты GIS, где ортофотоплан может быть спроецирован на поверхность карты высот.

Для визуализации, обработки, анализа и интерпретации данных цифровой модели рельефа, выгруженных в числовом виде из ПО Metashape, в данной работе используется программа Surfer, которая позволяет выполнять ряд математических преобразований входных данных и имеет широкий набор средств визуализации. На примере обработки результатов аэрофотосъемки участка (площадью около 10 Га) курганного могильника Аул-Кошкуль-1, рассмотрим порядок построения карты относительных высот, которая является эффективным способом визуализации данных цифровой модели рельефа.

Поскольку естественный рельеф поверхности на исследуемом участке памятника имеет перепад высот в несколько метров, а интересующие объекты – от первых десятков сантиметров до 1 м, целесообразно из построенной карты абсолютных высот исключить рельеф поверхности. Это осуществляется в три этапа:

1) по данным цифровой модели рельефа с помощью функции Grid строится плотная регулярная сетка точек, шаг между которыми подбирается так, чтобы детальность карты позволяла выделять интересующие объекты. Для рассматриваемого объекта карта абсолютных высот после интерполяции методом линейной триангуляции содержит примерно 10000 × 9600 точек для участка площадью около 10 Га;

2) с помощью функции Extract производится прореживание данных цифровой модели рельефа и с помощью функции Grid (методом аппроксимации Kriging) построение сглаженной карты абсолютных высот;

3) вычитание сглаженной карты высот из исходной карты абсолютных высот с помощью функции Math и построение разностной карты относительных высот.

На рисунке 3 показаны исходная карта абсолютных высот, сглаженная карта, и карта относительных высот исследуемого участка. Выраженный естественный рельеф исходной карты осложняет подбор единой цветовой гаммы для выделения искомых объектов. Карта относительных высот (высотных аномалий) имеет диапазон высот от –0.7 до 0.7 м, в то время как диапазон высот для исходной карты 81–85 м. При этом перепад высот для курганных рвов составляет всего 0.1–0.3 м. Существенно проще выделить объект с перепадом высот в 0.1–0.3 м на карте с общим перепадом 1.4 м. Из рисунка 3 видно, что детальность карты относительных высот представлена лучше, чем исходная карта абсолютных высот. В результате детального анализа аномальной карты высот было выделено более 20 перспективных археологических объектов (курганов, кольцевых рвов и валов), примерно половина из которых не была выявлена в ходе исследований предыдущих лет [Молодин и др., 2010; Эпов и др., 2017].

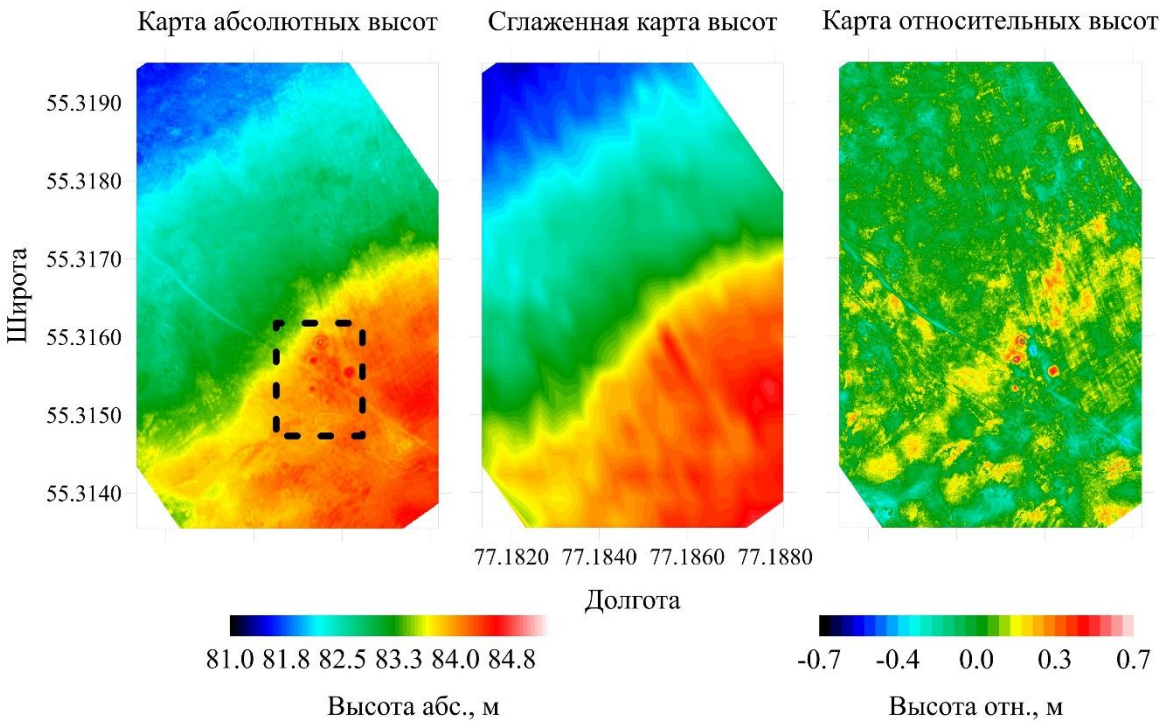

Рис. 3. Карты высот участка курганного могильника Аул-Кошкуль-1

ДЕТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ АУЛ-КОШКУЛЬ-1 И НОВАЯ КУРЬЯ 1

Археологические памятники Новая Курья 1 и Аул-Кошкуль-1 представляют собой курганные могильники, время сооружения которых относится к раннескифской (VIII–VII вв. до н. э.) и древнетюркской эпохам (IX–XI вв. н. э.) [Молодин и др., 2010; Марченко и др., 2019]. Особенностью данных комплексов является слабая выраженность насыпей в рельефе по причине многолетней распашки.

На рисунке 4 показаны фрагменты карты относительных высот курганного могильника Аул-Кошкуль-1 и ортофотоплана исследуемой местности (фрагмент обозначен пунктиром на рис. 3). По данным исследований предыдущих лет в результате магнитной и аэромагнитной съемки были выделены восемь курганов [Молодин и др., 2010; Эпов и др., 2017], при этом магнитная съемка покрывала относительно небольшой участок площадью около 1 Га. По результатам аэрофотосъемки отчетливо

выделяются шесть из восьми курганов, найденных ранее и имеющих выраженные в рельефе насыпи (отмечены красными линиями на рис. 4). Кроме того, отчетливо проявляются на карте относительных высот и ортофотоплане три новых объекта, ограниченных рвами и не имеющих выраженных центральных насыпей (отмечены черными линиями на рис. 4). Полученные результаты демонстрируют, что все подобные курганы сконцентрированы в западной части памятника, и это позволяет поставить вопрос о не одновременном сооружении данного комплекса, который ранее рассматривался только как могильник древнетюркского времени.

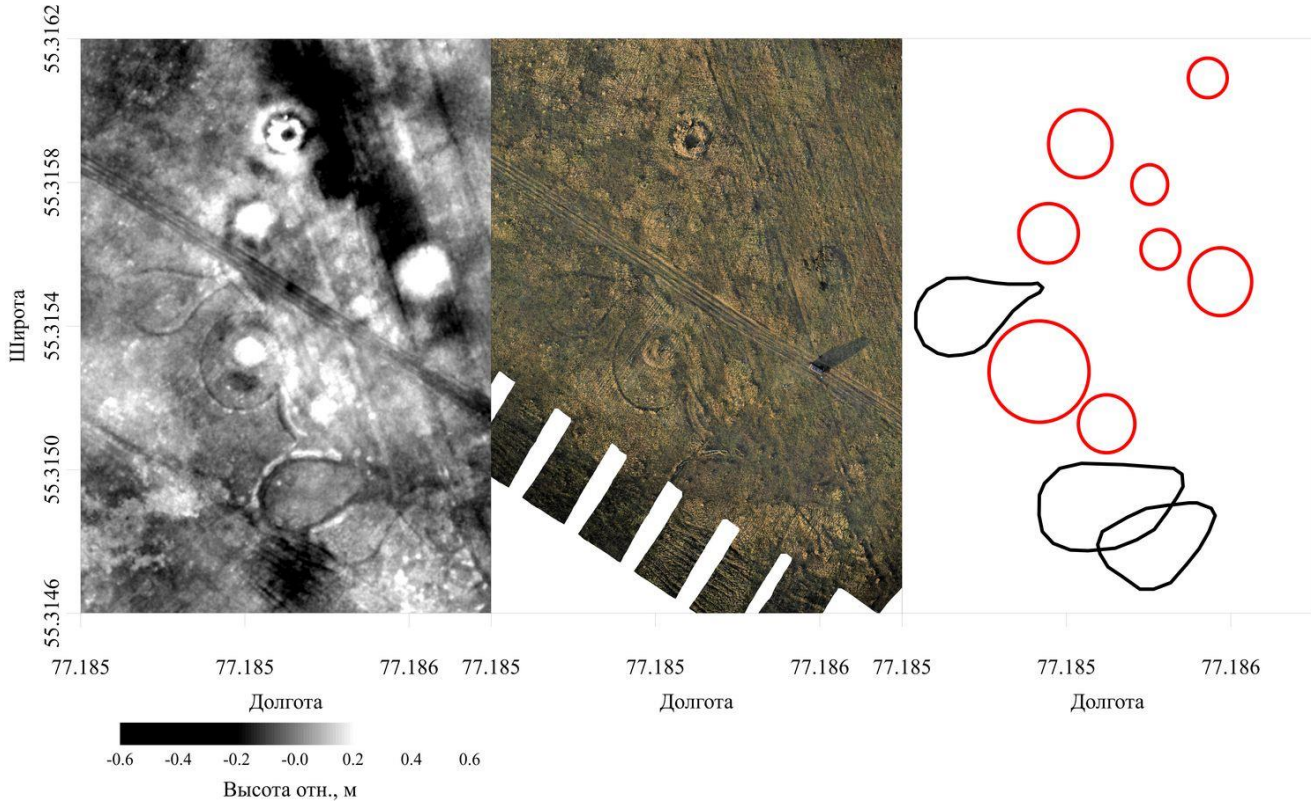

Рис. 4. Карта относительных высот (слева), ортофотоплан (в центре) и схема выявленных объектов (справа) археологического памятника Аул-Кошкуль-1. Красными линиями обозначены объекты, обнаруженные магнитометрической съемкой. Черными линиями показаны объекты, выделенные по цифровой модели рельефа и ортофотоплану

На рисунке 5 представлен фрагмент карты относительных высот и ортофотоплан исследуемого участка памятника Новая Курья 1. В ходе исследований предыдущих лет методом магнитометрии в наземном и аэро-вариантах [Балков и др., 2019], было обнаружено 11 курганов (выделены на рис. 5 красными линиями), семь из которых (обозначены сплошными линиями) выражены в рельефе. Последние на карте относительных высот (рис. 5) проявляются в виде аномалий оттенков красного цвета. Вскрытый раскопом курган в центре площадки имеет высоту ниже дневной поверхности, поэтому на карте обозначен оттенками синего и зеленого цветов. Анализ карты относительных высот позволил выделить две новые, слабовыраженные в рельефе и ранее не обнаруженные насыпи, которые могут быть предварительно интерпретированы как курганы (отмечены линиями черного цвета). Как видно из ортофотоплана на данном памятнике в результате повреждения верхнего дернового слоя пашней, визуально ни одна насыпь не выделяется, и основную информацию несет цифровая модель рельефа.

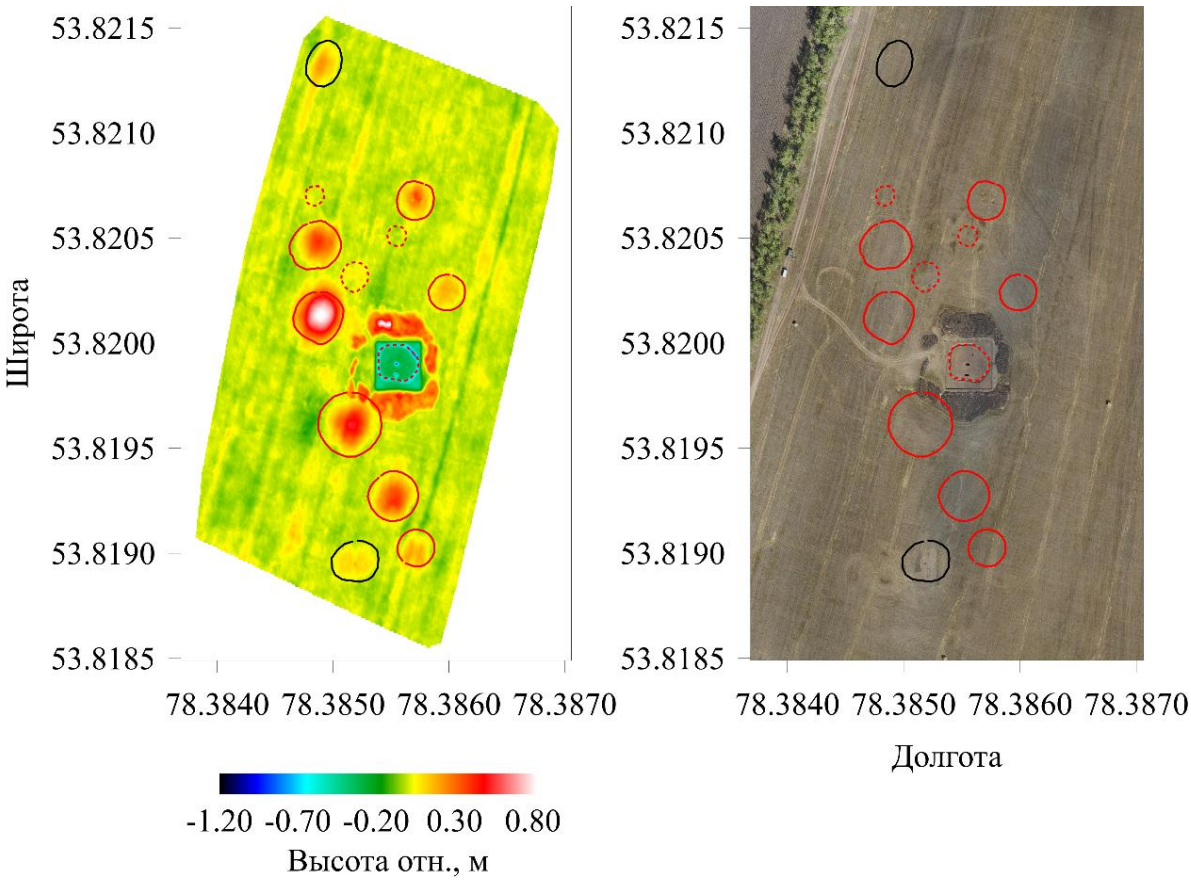

Рис. 5. Карта относительных высот (слева) и ортофотоплан (справа) участка археологического памятника Новая Курья 1. Красным цветом выделены курганы, обнаруженные в ходе исследований предыдущих лет методом магнитометрии, черным – новые, обнаруженные объекты

ВЫВОДЫ

Аэрофотосъемка, выполняемая с применением современных технических и программных средств, является эффективным и оперативным инструментом для анализа фотографической информации и микрорельефа на территории археологических памятников. Предложенный и опробованный на практике подход к построению карт относительных высот снижает влияние естественного рельефа местности и подчеркивает высотные аномалии, связанные с деятельностью человека, тем самым повышая эффективность анализа данных цифровой модели рельефа. В результате применения такого подхода на двух археологических памятниках Новосибирской области были выявлены ранее неизвестные археологические объекты, а первоначальное представление об устройстве этих комплексов существенно изменилось. В частности, на памятнике Новая Курья 1 обнаружены новые курганы, а на памятнике Аул-Кошкуль-1 выявлены новые ритуальные сооружения, относящиеся по всей видимости к другой культуре, по сравнению с курганами, обнаруженными ранее методом магнитометрии. Перспективами дальнейшего развития данного направления являются: применение профессиональных моделей БПЛА и фототехники, использование технологии определения дальности с помощью оптических систем (LiDAR) для минимизации влияния растительности и, безусловно, комплексирование с различными геофизическими методами.

Исследования выполнены при частичном финансировании РФФИ (грант №17-29-04314).

ЛИТЕРАТУРА

Балков Е.В., Дядьков П.Г., Позднякова О.А., Кулешов Д.А., Марченко Ж.В., Гришин А.Е., Евменов Н.Д., Карин Ю.Г., Гоглев Д.А. Высокоточная магнитная съемка с использованием БПЛА при поиске и исследовании курганов археологического памятника Новая Курья в Западной Сибири // Вестник НГУ. Серия IT. – 2019 – № 4. – С. 5–12, doi: 10.25205/1818-7900-2019-17-4-5-12.

Быков А.Л., Костюк А.С., Быков В.Л., Быков Л.В., Татаурова Л.В., Орлов, П.В., Погарский П.М. Применение материалов аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата для картографического обеспечения археологических работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2013. – Т. 4, № 1. – С. 139–144.

Быков А.Л., Костюк А.С., Быков В.Л., Быков Л.В., Татаурова Л.В., Орлов П.В., Погарский П.М. Геодезическое обеспечение археологических работ с применением БПЛА и методов стереофотограмметрии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2014. – Т. 4, № 1. – С. 41–45.

Быков Л. В.Татаурова, Л.В., Орлов П.В., Анисимов А.Е., Полухин Р.Л., Бартенев С.В. Геодезические работы на археологическом памятнике XVII-XVIII века «Ананьино» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 64–67.

Гарбузов Г.П. Археологические исследования и дистанционное зондирование Земли из космоса // Российская археология. – 2003. – № 2. – С. 45–55.

Гоглев Д.А. Маловысотная аэромагнитная съемка с применением беспилотных воздушных систем на базе квадрокоптера в археологии // Геопрофи. – 2018. – Т. 6. – С. 20–22.

Марченко Ж.В., Гришин А.Е., Позднякова О.А., Дядьков П.Г., Евменов Н.Д., Кокорев Ф.В., Гнездилова И.С., Понедельченко Л.О. Новый курганный могильник Новая Курья-1 в Северной Кулунде // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – 2019. – Т. 25. – С. 448–456, doi: 10.17746/2658-6193.2019.25.448-456.

Молодин В.И., Фассбиндер Й.В.Е., Горка Т., Позднякова О.А., Чемякина М.А., Дураков И.А., Хансен С., Наглер А. Новый могильник древнетюркского времени Аул-Кошкуль-1 в Барабинской лесостепи: геофизические исследования // Вестник НГУ. Серия: История, филология. – 2010. – Т. 9. – Вып. 7: Археология и этнография. – С. 46–56.

Сидорина И.Е., Позднякова Н.А., Кружилина А.А., Поляков А.В. Применение ДЗЗ в геоинформационном картографировании для археологических исследований // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 141–150, doi: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-141-150.

Тихонов А.А., Акматов Д.Ж. Обзор программ для обработки данных аэрофотосъемки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12. – С. 192–198, doi: 10.25018/0236-1493-2018-12-0-192-198.

Эпов М.И., Молодин В.И., Фирсов А.П., Злыгостев И.Н., Савлук А.В., Позднякова О.А. Применение высокочастотного аэромагнитного комплекса на базе беспилотного летательного аппарата для поиска археологических объектов // Труды V (XXI) Всероссийского археологического съезда в Барнауле-Белокурихе в 3 томах. – 2017. – Т. 3. – С. 89–92.

Adami A., Fregonese L., Gallo M., Helder J., Pepe M., Treccani D. Ultra light UAV systems for the metrical documentation of cultural heritage: applications for architecture and archaeology // Proc. 6th International Workshop LowCost 3D–Sensors, Algorithms, Applications. – 2019. – Vol. 42. – P. 15–21.

Alvarez Larrain A., Greco C., Tarragó M. Participatory mapping and UAV photogrammetry as complementary techniques for landscape archaeology studies: an example from north-western Argentina // Archaeological Prospection. – 2020. – P. 1–15, doi: 10.1002/arp.1794.

Balkov E.V., Karin Y.G., Pozdnyakova O.A., Dyadkov P.G. Modern unmanned technology in archaeogeophysical studies // Engineering and Mining Geophysics 2020: Conf. Proc. – EAGE, 2020. – Vol. 2020, № 1. – P. 1–11, doi: 10.3997/2214-4609.202051087.

Cabrera R.A., Bekic G. Drone-borne ground-penetrating radar suitability for specific surveys: a comparative study of feature sizes versus antenna frequency and elevation over the ground // First Break. – 2018. – Vol. 36, No. 8. – P. 83–89.

Liu X. Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues // Progress in physical geography. – 2008. – Vol. 32, № 1. – P. 31–49.

López J.A.B., Jiménez G.A., Romero M.S., García E.A., Martín S.F., Medina A.L., Guerrero J.A.E. 3D modelling in archaeology: The application of Structure from Motion methods to the study of the megalithic necropolis of Panoria (Granada, Spain) //Journal of Archaeological Science: Reports. – 2016. – Vol. 10. – P. 495–506, doi: 10.1016/j.jasrep.2016.11.022.

Poirier N., Baleux F., Calastrenc C. The mapping of forested archaeological sites using UAV LiDaR. A feedback from a south-west France experiment in settlement & landscape archaeology // Archéologies numériques. – 2020. – Vol. 4, №. 2. – P. 1–24, doi: 10.21494/ISTE.OP.2020.0556.

Risbøl O., Gustavsen L. LiDAR from drones employed for mapping archaeology // Potential, benefits and challenges. Archaeological Prospection. – 2018. – P. 1–10, doi: 10.1002/arp.1712.

Themistocleous K. DEM modeling using RGB-based vegetation indices from UAV images // Proc. Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019). – International Society for Optics and Photonics – 2019. – Vol. 11174. – P. 111741J, doi: 10.1117/12.2532748.

Yurkevich N., Yurkevich N., Bortnikova S., Karin Y. Current State of the Abandoned Mine Wastes: Environmental Risks, Prospects for Extraction and Reclamation // Abstracts of The Second Eurasian RISK-2020 Conference and Symposium (12–19 April 2020; Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia). – 2020. – P. 153–154, doi: 10.21467/abstracts.93.83.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

БАЛКОВ Евгений Вячеславович – к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории электромагнитных полей ИНГГ СО РАН. Основные научные интересы: разработка программных и аппаратных средств для малоглубинных электроразведочных методов, комплексные инженерно- и археолого-геофизические изыскания.

КАРИН Юрий Григорьевич – научный сотрудник лаборатории электромагнитных полей ИНГГ СО РАН. Основные научные интересы: разработка и макетирование малоглубинной электроразведочной аппаратуры, комплексные инженерно- и археолого-геофизические изыскания.

ПОЗДНЯКОВА Ольга Анатольевна – научный сотрудник ИАЭТ СО РАН. Основные научные интересы: археология эпохи развитой бронзы Западной Сибири, геофизические методы изучения археологических памятников.

ШАПАРЕНКО Илья Олегович – младший научный сотрудник лаборатории электромагнитных полей ИНГГ СО РАН. Основные научные интересы: применение методов электроразведки для изучения

и мониторинга разломных структур и суффозионно-просадочных явлений, археолого-геофизические исследования.

ГОГЛЕВ Дмитрий Алексеевич – инженер-геофизик, руководитель проекта аэромагнитная съемка с БПЛА группы компаний «Геоскан». Основные научные интересы: аэрофотосъемка и магнитометрия для поисков и разведки полезных ископаемых, изучения археологических памятников, инженерных и картографических работ.