

# Науки о Земле

УДК 553.3 (571.55)  
DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-6-15

## МАГНИТОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ – НАЗЕМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, АЭРОМАГНИТНАЯ СЪЕМКА НА САМОЛЕТЕ И БЕСПИЛОТНОМ ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ: СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ)

### MAGNETIC SURVEY – GROUND TECHNOLOGY, AEROMAGNETIC SURVEY ON AIRCRAFT AND UNMANNED AERIAL VEHICLES: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS (ON THE EXAMPLE OF EASTERN TRANSBAIKALIA)



**Р. В. Груздев**, Забайкальский государственный университет, г. Чита  
rogruzdev@mail.ru

**R. Gruzdev**, Transbaikal State University, Chita

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при проведении геофизических работ становится весьма востребованным направлением в области современной геологоразведки. Преимуществом беспилотных систем выступает оптимальное соотношение качества результатов исследований при значительном увеличении производительности работ и снижении стоимости. В этой связи совершенствование методики полевых работ и обработки материалов, полученных с помощью БПЛА, представляет особый интерес для геологоразведки. По рассматриваемой теме существует ряд нерешенных вопросов, которые в некоторой мере раскрыты в результате проведенного автором сопоставления данных наземных магниторазведочных работ и аэромагнитной съемки.

Целью исследования являлась оценка возможности полноценной замены наземных магниторазведочных работ на аэромагнитную съемку с помощью беспилотных летательных аппаратов. Сопоставление разных видов магнитной съемки является актуальным, так как на основе фактического материала анализируется возможность применения вместо традиционных дорогостоящих наземных магниторазведочных работ альтернативного более производительного метода – аэромагнитной съемки с помощью современных БПЛА.

Для сопоставления результатов исследований использовался фактический материал, полученный при проведении полевых работ на территории площадью 13,4 км<sup>2</sup>. На основе баз данных построены карты аномального магнитного поля и графики по нескольким геофизическим профилям. Проанализированы результаты магнитной съемки в аэро- и наземном вариантах, установлены корреляционные зависимости между данными наземной пешеходной магниторазведки и аэромагнитной съемкой на самолете Ан-3 и БПЛА.

На основе результатов проведенного исследования получены коэффициенты корреляции и детерминации, которые свидетельствуют о том, что геофизические методы на БПЛА достойно занимают свое место между классической аэрогеофизикой и наземной пешеходной съемкой. Более того, аэромагнитная съемка с помощью БПЛА способна заменить пешеходную магниторазведку при проведении работ на одинаковых высотах.

На основе результатов исследования составлены методические рекомендации к производству аэромагнитной съемки на БПЛА

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат; аэромагнитная съемка; корреляция; магнитное поле; аномалия; регрессионный анализ; сеть наблюдений; вертикальная производная; градиентные зоны; высота полета

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in geophysical work is becoming a very popular area in the field of modern geological exploration. The advantage of unmanned systems is the optimal ratio of the quality of research results with a significant increase in work productivity and a decrease in cost. In this regard, the improvement of field techniques and the processing of UAV materials is of particular interest for exploration. On the subject, there are a number of unresolved issues that have been revealed to some extent as a result of the author's comparison of ground-based magnetic exploration and aeromagnetic survey data.

The purpose of the study was to assess the possibility of a full-fledged replacement of ground magnetic exploration work for aeromagnetic survey using unmanned aerial vehicles. The comparison of different types of magnetic survey is relevant, since on the basis of the actual material, the possibility of using an alternative more productive method – aeromagnetic survey using modern UAVs – instead of traditional expensive ground-based magnetic exploration works is analyzed.

To compare the results of the studies, actual material obtained from field work on an area of 13,4 km<sup>2</sup> was used. Based on the databases, maps of anomalous magnetic field and graphs on several geophysical profiles are built. Results of magnetic survey in air and ground versions are analyzed; correlation relationships between data of ground pedestrian magnetic survey and aeromagnetic system on An-3 and UAV aircraft are established.

Based on the results of the study, correlation and determination coefficients were obtained, which indicate that geophysical methods on UAVs adequately occupy their place between classical aerogeophysics and ground-based pedestrian survey. Moreover, aeromagnetic survey using UAVs is able to replace pedestrian magnetic exploration during work at the same heights.

Based on the results of the study, methodological recommendations for the production of aeromagnetic survey on UAVs were compiled

**Key words:** *unmanned aerial vehicle; aeromagnetic survey; correlation; magnetic field; anomaly; regression analysis; observation network; vertical derivative; gradient zones; flight altitude*

---

**В**ведение. В ряде работ последних лет, посвященных поискам рудных месторождений на территории Восточного Забайкалья, собран качественный материал по организации и проведению высокоточной магнитной съемки в аэро- и наземном вариантах [3; 5; 6]. На одном из перспективных медно-порфировых объектов в состав проведенных геофизических исследований разных поисковых этапов включены аэромагнитная съемка на самолете Ан-3 масштаба 1:25 000, аэромагнитная съемка на беспилотном летательном аппарате (БПЛА) масштаба 1:10 000 и наземные магниторазведочные работы масштаба 1:10 000. На основе материалов названных исследований сопоставлены результаты аэромагнитной съемки и наземных магниторазведочных работ на площади 13,4 км<sup>2</sup>.

Актуальность исследования обусловлена тем, что на основе полученного фактического материала проанализирована возможность замены традиционных наземных магниторазведочных работ на аэромагнитную съемку с помощью современных БПЛА, которые обладают высокой производительностью и низкой стоимостью работ относительно пешеходной магниторазведки.

Объектом исследования выступает магнитная съемка в аэро- и наземном вариантах.

*Предметом исследования является установление корреляционных зависимостей между результатами наземной пешеходной магниторазведки и аэромагнитной съемкой на самолете Ан-3 и БПЛА.*

*Целью исследования является оценка возможности полноценной замены наземных магниторазведочных работ на аэромагнитную съемку с помощью беспилотных летательных аппаратов.*

*Задачи исследования:*

– сопоставить методику и результаты наблюдений методами наземной магниторазведки и аэромагнитной съемки на Ан-3 и БПЛА;

– вычислить коэффициенты корреляции и детерминации между рассмотренными видами магнитных съемок;

– проанализировать полученные результаты сопоставления аномального магнитного поля;

– оценить перспективы замены традиционной пешеходной магнитной съемки на съемку магнитного поля с помощью БПЛА.

*Степень научной разработанности темы исследования.* Посредством анализа публикаций по рассматриваемой теме выявлен ряд нерешенных вопросов. Выявлено, что беспилотные летательные аппараты – относительно новое явление в геологоразведочном

процессе, однако они до сих пор не получили массового применения. Приоритет в аэрогеофизике, несмотря на превосходящую стоимость относительно БПЛА, по-прежнему занимает традиционная съемка на пилотируемых аппаратах. К тому же проведение специализированных опытно-методических работ для сопоставления наземной магниторазведки на значительной территории и аэромагнитной съемки является достаточно затратным, поэтому для сравнения использованы данные, полученные в разные годы с разными съемочными параметрами, что усложняет их сравнительную интерпретацию. Однако результаты исследования говорят о перспективности применения беспилотной авиации для магнитной съемки. Поэтому изыскания в данном направлении являются актуальными и вносят определенный вклад в развитие беспилотной съемки [7; 8].

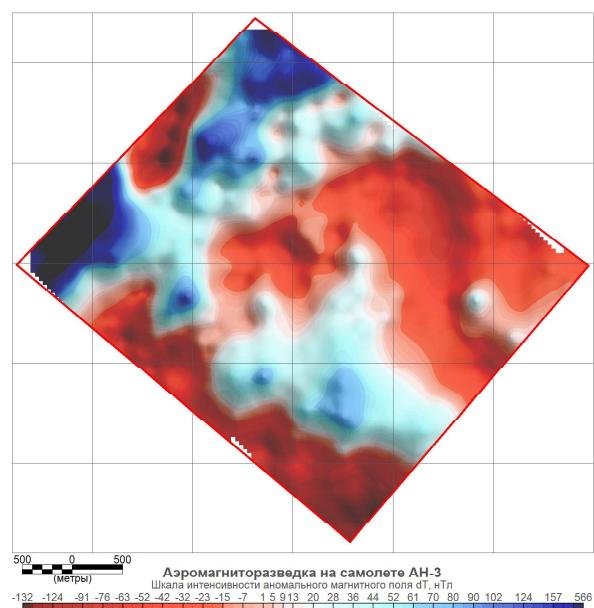
**Материалы и методы исследования.** В исследовании применены практические и теоретические методы. Приведены, сопоставлены и проанализированы результаты полевых исследований, выполненных согласно методическим указаниям инструкции по магниторазведке разными методиками магнитной съемки. На основе применения методов аналогии и классификации выявлены корреляционные зависимости между пешеходной магниторазведкой и аэромагнитными видами съемки. С помощью математического моделирования построены матрицы (гриды) расчетных параметров, вычислены трансформанты аномального магнитного поля. Результаты исследования отражены на диаграммах и в итоговых таблицах.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Аэромагнитная съемка масштаба 1:25 000 выполнена в 2007 г. на самолете Ан-3 с помощью высокоточного квантового аэромагнитометра ИМ-4 с регистрацией модуля полного вектора магнитной индукции.

Полеты проводились по системе встречечно-параллельных маршрутов на средней высоте 115 м с огибанием рельефа местности. Направление маршрутов профилей СЗ 315° – ЮВ 135°. Средняя скорость на съемочных маршрутах составила около 186 км/ч. Расстояние между линиями маршрутов 250 м, точки наблюдений по профилю расположены равномерно через 5 м (частота регистрации 10 Гц). Среднеквадратическая погрешность определения координат в плане и по высо-

те составила  $\pm 2$  м. Среднеквадратическая погрешность аэромагнитной съемки после компенсации девиационной составляющей составила  $\pm 0,62$  нТл (в полях с горизонтальным градиентом – до 50 нТл/км).

В ходе постобработки все наблюдения подвергались тщательной внутренней увязке, вводились поправки за магнитные вариации и нормальное магнитное поле Земли. Итоговым результатом обработки стала карта аномального магнитного поля, построенная в Geosoft Oasis Montaj методом минимальных искажений (Minimum Curvature) с ячейкой грида 40×40 м (рис. 1).



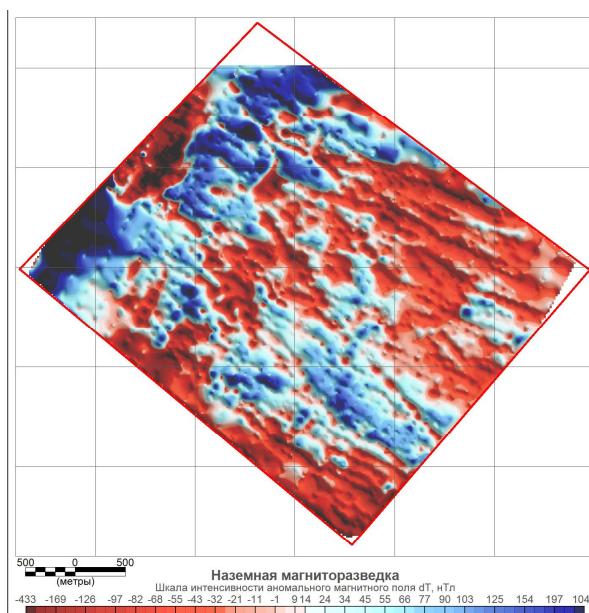
**Рис. 1. Карта аномального магнитного поля. Построена на основе результатов аэромагниторазведки масштаба 1:25 000 с самолета Ан-3 / Fig. 1. Anomalous magnetic field map. It was built on the basis of the results of aeromagnetic surveys on a scale of 1:25 000 from the aircraft An-3**

Пешеходная магнитная съемка масштаба 1:10 000 выполнена в 2015 г. с помощью протонного оверхаузеровского магнитометра-градиентометра MMPOS-2. Направление маршрутов профилей СВ 30° – ЮЗ 210°. Расстояние между линиями маршрутов 100 м, точки наблюдений по профилю расположены через интервал 20 м со сгущением до 10 в аномальных интервалах. Высота чувствительного датчика магнитометра над поверхностью земли составляла около 1,8 м.

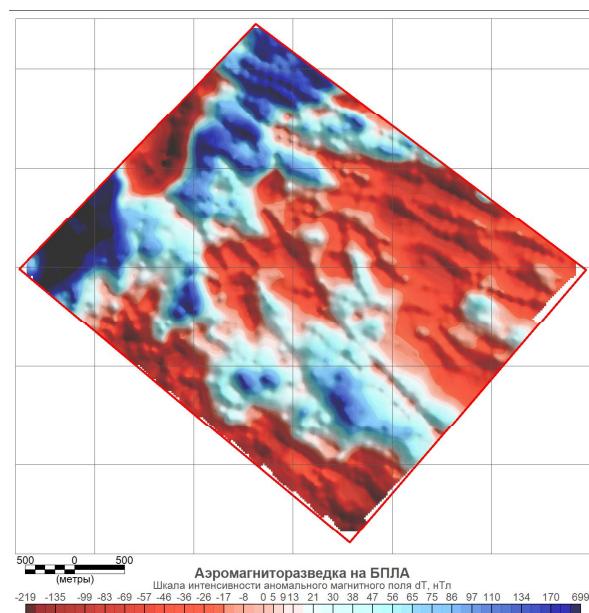
В процессе измерений регистрировался модуль полного вектора магнитной индукции. Среднеквадратическая погрешность определения плановых координат составила  $\pm 5$  м. Среднеквадратическая погрешность измерений аномального магнитного поля равна  $\pm 2,5$  нТл. В наблюдения вводились поправки за вариации магнитного поля, затем выполнялась увязка на контрольных пунктах (КП). Карта аномального магнитного поля строилась в Geosoft Oasis Montaj методом минимальных искажений с ячейкой грида  $20 \times 20$  м (рис. 2).

В 2019 г. на этой же территории в рамках опытно-методических исследований выполнена аэромагнитная съемка на БПЛА с помощью высокоточного квантового аэромагнитометра GeoShark [1; 4]. Полеты проводились по системе встречно-параллельных маршрутов на средней высоте 35 м с детальным огибанием рельефа местности. Направление маршрутов профилей СВ  $45^\circ$  – ЮЗ  $225^\circ$ . Средняя скорость на съемочных маршрутах со-

ставила приблизительно 36 км/ч. Расстояние между линиями маршрутов 100 м, точки наблюдений по профилю расположены равномерно через интервал 1 м (частота регистрации 10 Гц). Измеряемая величина – модуль полного вектора магнитной индукции. Среднеквадратическая погрешность определения координат после введения дифференциальной коррекции в плане составила  $\pm 0,75$  м и по высоте  $\pm 0,17$  м. Среднеквадратическая погрешность аэромагнитной съемки после компенсации девиационной составляющей равнялась  $\pm 1,57$  нТл (в полях с горизонтальным градиентом – до 200 нТл/км). Во все наблюдения вводились поправки на магнитные вариации и нормальное магнитное поле Земли, по полетным маршрутам проводилась увязка. Итоговым результатом обработки стала карта аномального магнитного поля, построенная в Geosoft Oasis Montaj методом минимальных искажений с ячейкой грида  $20 \times 20$  м (рис. 3).



**Рис. 2. Карта аномального магнитного поля.**  
Построена на основе результатов наземной  
магниторазведки масштаба 1:10 000 /  
**Fig. 2. Anomalous magnetic field map.** It is built on  
the basis of the results of a ground magnetic surveys  
of a scale of 1:10 000



**Рис. 3. Карта аномального магнитного поля.**  
Построена на основе результатов  
аэромагниторазведки масштаба 1:10 000 с  
помощью БПЛА / **Fig. 3. Anomalous magnetic field**  
**map.** It was built on the basis of the results  
of aeromagnetic surveys of 1:10 000  
scale using UAVs

Рассматриваемые магниторазведочные исследования проведены на разных поисковых этапах с разной плотностью сети наблюдений и азимутом направления профилей (рис. 4). В связи с этим, качественный анализ сопоставления результатов аэромагнитных и наземных магниторазведочных работ значительно затрудняется и возможен лишь на основе сравнения регулярных матриц (гридов) аномального магнитного поля.



Рис. 4. Карта разведочной сети магниторазведочных работ / Fig. 4. Map of exploration network of magnetic surveys works

Для сопоставления материалы аэромагнитных и наземных наблюдений предварительно приведены к одному уровню магнитного поля и пересчитаны в регулярную сеть (грид) [2; 9]. Сведения о статистических параметрах гридов аномального магнитного поля для разных видов магнитной съемки вычислены в модуле статистики Geosoft Oasis Montaj и представлены в табл. 1.

Согласно картам аномального магнитного поля (см. рис. 1, 2, 3) и данным статистики гридов (табл. 1), с увеличением высоты расположения магнитного чувствительного датчика наблюдается существенное снижение уровня аномального магнитного поля. Затухает амплитуда аномалий от близповерхностных объектов (особенно небольших размеров), экстремумы магнитного поля становятся более пологими, а зоны градиентов менее контрастными. В связи с этим очевидно, что с увеличением высоты полета высокочастотная составляющая магнитного поля постепенно «угасает», вследствие чего аномальное магнитное поле приобретает более региональный характер. Поэтому, логичным является вывод, что «идентичность» результатов магнитной съемки возможна только при одинаковой высоте измерительного чувствительного магнитного датчика.

Для оценки воспроизводимости результатов съемки рассмотренными методами проведен регрессионный анализ.

Таблица 1 / Table 1

Статистические параметры гридов для разных видов магнитной съемки /  
Statistical parameters of grids for different types of magnetic survey

| Параметр / Parameter                        | Аэромагниторазведка на самолете Ан-3 / Aeromagnetic survey on the aircraft An-3 | Аэромагниторазведка на БПЛА / Aeromagnetic survey on the UAV | Наземная магниторазведка / Ground magnetic survey |
|---|---|--|---|
| Минимум / Maximum                           | -137,00   | -200,58  | -432,711  |
| Максимум / Minimum                          | 577,57  | 739,13   | 1040,62   |
| Среднее значение / Average value            | 16,48   | 17,24  | 14,17   |
| Стандартное отклонение / Standard deviation | 85,19   | 92,24  | 110,57  |

На основе линейного регрессионного анализа гридов аномального магнитного поля для аэро- и наземных видов магнитной съемки получена положительная зависимая связь, которая подтверждается рассчитанными коэффициентами детерминации ( $R^2$ )

и корреляции (табл. 2). Результаты сопоставления данных магнитных съемок продемонстрированы на диаграммах (рис. 5), по абсциссе и ординате приведены значения аномального магнитного поля в нТл.

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты корреляции и детерминации для разных типов магнитной съемки /  
Correlation and determination coefficients for different types of magnetic survey

| Сопоставление результатов разных типов съемки на основе построенных гридов аномального магнитного поля / Comparison of results of different types of survey based on built grids of anomalous magnetic field | Коэффициент детерминации $R^2$ / Determination factor $R^2$ | Коэффициент корреляции / Correlation coefficient |
|--|---|--|
| Аэромагниторазведка на самолете Ан-3 / Aeromagnetic surveys on the aircraft An-3   | 0,94  | +0,97  |
| Аэромагниторазведка на БПЛА / Aeromagnetic surveys on the UAV  |   |  |
| Аэромагниторазведка на самолете Ан-3 / Aeromagnetic surveys on the aircraft An-3   | 0,69  | +0,83  |
| Наземная магниторазведка / Ground magnetic surveys   |   |  |
| Аэромагниторазведка на БПЛА / Aeromagnetic surveys on the UAV  | 0,76  | +0,87  |
| Наземная магниторазведка / Ground magnetic surveys   |   |  |

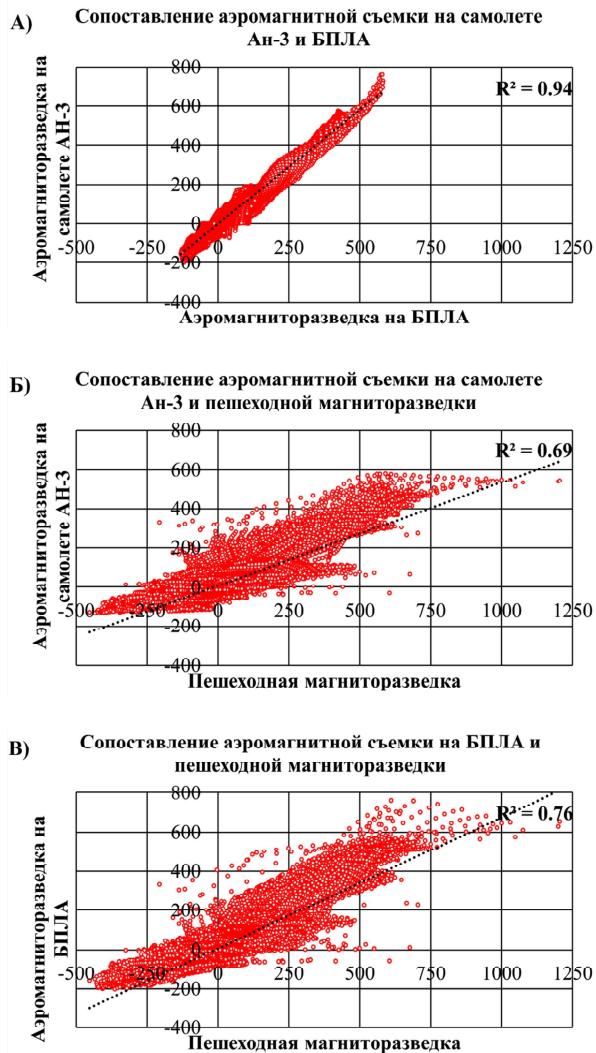


Рис. 5. Диаграммы сопоставления данных аэромагниторазведки на самолете Ан-3, БПЛА и пешеходной магниторазведки / Fig. 5. Diagrams of comparison of aero-magnetic survey data on An-3 aircraft, UAVs and ground magnetic surveys

Полученные результаты регрессионного анализа вполне логичны, самая высокая корреляционная зависимость +0,97 наблюдается между двумя аэромагнитными видами съемки на самолете Ан-3 и БПЛА. При сопоставлении наземной магниторазведки с аэромагнитными методами наибольший коэффициент корреляции получен для БПЛА +0,87, что объясняется меньшей высотой полета БПЛА с чувствительным магнитным датчиком, скоростью перемещения БПЛА и более плотной сетью наблюдений. Несмотря на некоторые визуальные расхождения аномалий, следует отметить, что все рассмотренные виды магнитной съемки имеют между собой тесную взаимосвязь, так как коэффициенты корреляции имеют высокий показатель –0,80...0,90 единиц и более.

Для наглядного отображения результатов сопоставления аэромагнитных и наземных магниторазведочных работ получены характерные графики аномального магнитного поля по секущим профильным линиям А и Б (рис. 6).

На профиле А (см. рис. 6) уровень аномального магнитного поля в наземных магниторазведочных работах практически в 2 раза превышает аналогичный на профиле Б. Визуально наблюдается, что на «спокойных» участках магнитного поля, особенно на профиле Б, воспроизводимость данных аэромагнитной съемки на БПЛА к результатам наземных магниторазведочных работ заметно выше относительно «изрезанных» участков с высокоамплитудными магнитными аномалиями. Большая часть высокоамплитудных аномалий затухает при увеличении высоты полета и ввиду того, что магнитное поле является

потенциальным, некоторые локальные аномалии, быстро затухающие, наблюдающиеся отчетливо в наземном методе, можно выделить в поле аэромагнитной съемки способом трансформации (способами дифференцирования аномальных полей).

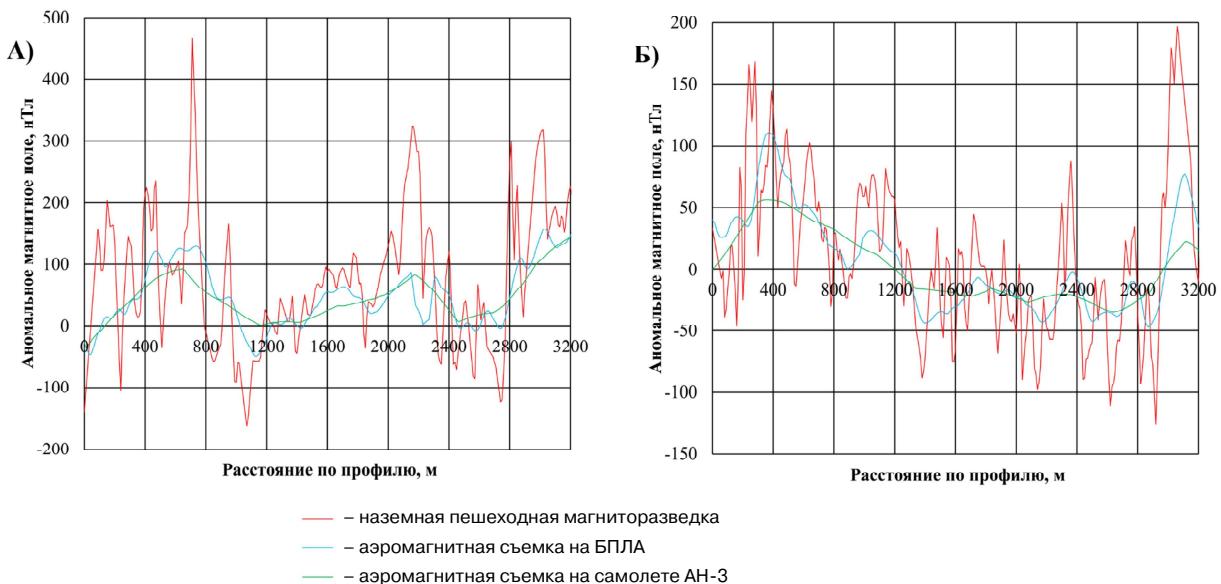


Рис. 6. Графики сопоставления аномального магнитного поля для разных видов магнитной съемки по профилям А и Б / Fig. 6. Anomalous magnetic field comparison graphs for different types of magnetic survey by profiles A and B

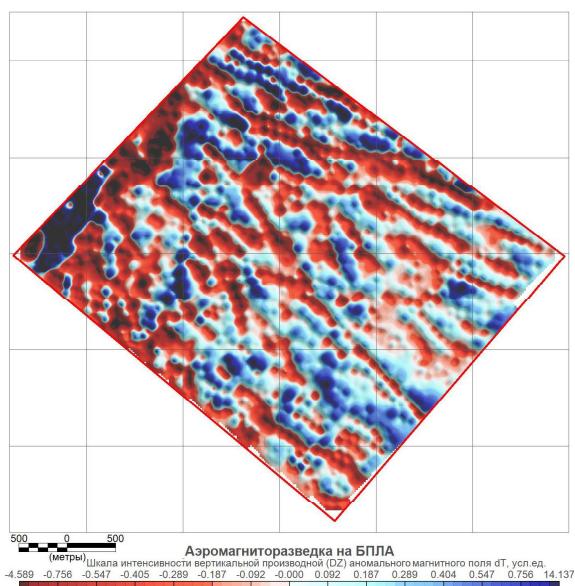
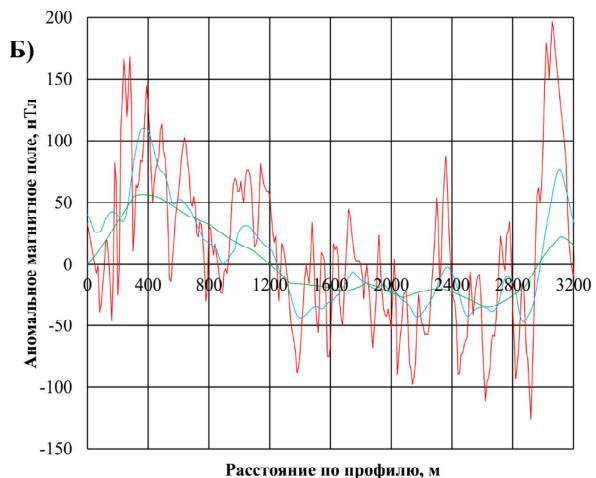


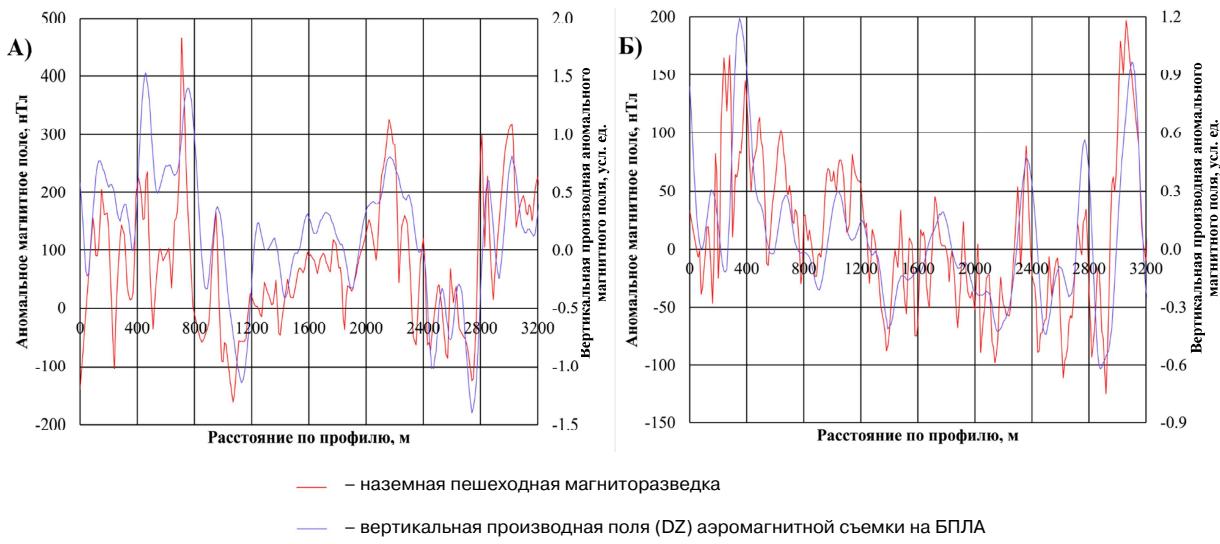
Рис. 7. Карта вертикальной производной аномального магнитного поля для аэромагниторазведки на БПЛА / Fig. 7. Map of vertical derivative of anomalous magnetic field for aeromagnetic surveys on UAVs

На основе грида аномального магнитного поля по данным съемки на БПЛА в Geosoft Oasis Montaj проведено дифференцирование по оси DZ. В результате трансформации получена карта вертикальной производной аномального магнитного поля (рис. 7).



При сопоставлении материалов до и после трансформации акцентируется внимание на слабоконтрастных аномалиях, которые ранее были видны только на карте наземных магниторазведочных работ. Также выделяются протяженные участки аномалий образующих объектов и наглядно маркируются границы градиентных зон. На рис. 8 сопоставлены результаты по тем же профильным линиям А и Б, где отображаются характерные перегибы графиков после трансформации аномального магнитного поля БПЛА.

Таким образом, отмечена высокая воспроизводимость данных при сопоставлении аномального магнитного поля наземных магниторазведочных работ и результатов дифференцирования аномального магнитного поля съемки на БПЛА. Подобный подход к обработке активно применяется в аэрогеофизике для подчеркивания слабоконтрастных аномалий и позволяет качественно оценить сопоставимость результатов магнитной съемки на БПЛА с наземным видом работ [9; 10].



**Рис. 8. Графики сопоставления аномального магнитного поля (наземная пешеходная магниторазведка) работ и вертикальной производной аномального магнитного поля (аэромагнитная съемка на БПЛА) по профилям А и Б / Fig. 8. Graphs of anomalous magnetic field comparison (ground magnetic surveys) of works and vertical derivative of anomalous magnetic field (aero-magnetic surveys on UAVs) by profiles A and B**

**Заключение.** Применение БПЛА в аэромагнитной съемке значительно приближает исследователей к получению качественных данных с высокой производительностью, плотной сетью наблюдений и детальностью сопоставимой с наземными магниторазведочными работами. Стоимость аэромагнитной съемки на БПЛА кратно меньше относительно пешеходной магниторазведки, что является существенным преимуществом метода. При решении определенных поисковых задач (в зависимости от масштаба и объемов съемки) магнитная съемка с помощью БПЛА выглядит целесообразнее и эффективнее, чем наземная пешеходная магниторазведка. Однако для того, чтобы полноценно заменить наземные магниторазведочные работы съемкой на БПЛА, необходимо проводить регистрацию магнитного поля на тех же высотах, что и при пешеходной съемке, что не всегда возможно в связи с особенностями ландшафтных условий. Поэтому до сих пор применяемые геофизические методы съемки на БПЛА достойно занимают свое место между классической аэрогеофизикой и наземной пешеходной съемкой. Об этом свидетельствуют

полученные коэффициенты корреляции и детерминации (см. рис. 5 и табл. 2).

Подводя итоги исследования, обозначим основные методические рекомендации к производству аэромагнитной съемки с помощью БПЛА:

Аэромагнитную съемку следует проводить на постоянной, минимально допустимой и безопасной для БПЛА высоте полета с детальным огибанием рельефа местности. На залесенных участках в условиях пересеченной местности выбор оптимальной (рабочей) высоты полета рекомендуется принимать около 30...40 м. Регистрация магнитного поля должна выполняться высокоточным магнитометром с датчиком, характеризующимся чувствительностью не менее 0,01 нТл и цикличностью опроса не менее 10 Гц. Влияние БПЛА на чувствительный датчик магнитометра должно быть минимальным и составлять не более 0,5 нТл. Скорость перемещения БПЛА рекомендуется принимать не более 10 м/с. Результаты наблюдений должны сопровождаться высокоточными данными позиционирования с применением дифференциальной коррекции координат.

**Список литературы**

1. Геоскан 401 Геофизика. URL: <https://www.geoscan.aero/ru> (дата обращения: 25.09.2020). Текст: электронный.
2. Гоглев Д. А. Маловысотная аэромагнитная съемка с применением беспилотных воздушных систем на базе квадрокоптера в археологии // Геопрофи. 2018. № 6. С. 20–22.
3. Kovrizhnykh P. N., Kozhamsugirov D. O., Kozhevnikov S. N., Makarov D. V., Kapshtan D. Ya. Инновационная аэромагнитная съемка с применением беспилотного летательного аппарата при поисках рудных месторождений в Казахстане // Геология и охрана недр. 2017. № 4. С. 34–42.
4. Магниторазведка // Геокен. URL: <https://geoken.com/portfolio/magnetic-surveys> (дата обращения: 25.09.2020). Текст: электронный.
5. Паршин А. В., Цирель В. С., Анцев В. Г. Настоящее и будущее беспилотной аэрогеофизики в России // Геофизика. 2017. № 8. С. 33–39.
6. Семенова М. П., Цирель В. С. Перспективы развития беспилотной аэрогеофизики // Разведка и охрана недр. 2016. № 8. С. 34–39.
7. Фирсов А. П., Злыгостев И. Н., Дядьков П. Г., Савлук А. В., Вайсман П. А., Вальд А. К., Шеремет А. С., Евменов Н. Д. Применение высокочастотного магнитометра для лёгких БПЛА при геолого-геофизическом изучении трубок взрыва // Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология: сб. ст. Новосибирск: СГУГИТ, 2015. Т. 2. С. 299–304.
8. Фирсов А. П., Злыгостев И. Н., Савлук А. В., Попадюк И. Ф., Эпов М. И., Васильевский А. Н. Аэромагнитная низковысотная съемка с БПЛА: достижения, перспективы, проблемы // Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения: сб. ст. Мирный, 2018. С. 325–330.
9. Cunningham M. Aeromagnetic surveying with unmanned aircraft systems. URL: [https://www.researchgate.net/publication/291345900\\_Aeromagnetic\\_surveying\\_with\\_unmanned\\_aircraft\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/291345900_Aeromagnetic_surveying_with_unmanned_aircraft_systems) (дата обращения: 25.09.2020). Текст: электронный.
10. Parshin A. V., Kanaikin V. S., Blinov A. V., Mikhalev A. O. Cost-saving low-altitude UAV magnetic survey technology and its GIS software. URL: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=84648> (дата обращения: 12.09.2020). Текст: электронный.

**References**

1. Geoskan 401 Geofizika (Geoscan 401 Geophysics). URL: <https://www.geoscan.aero/ru> (Date of access: 25.09.2020). Text: electronic.
2. Goglev D. A. Geoprofi (Geoprofi), 2018, no. 6, pp. 20–22.
3. Kovrizhnykh P. N., Kozhamsugirov D. O., Kozhevnikov S. N., Makarov D. V., Kapshtan D. Ya. Geologiya i okhrana nedr (Geology and protection subsoil), 2017, no. 4, pp. 34–42.
4. Geoken (Geoken). URL: <https://geoken.com/portfolio/magnetic-surveys> (Date of access: 25.09.2020). Text: electronic.
5. Parshin A. V., Tsirel V. S., Antsev V. G. Geofizika (Geofizika), 2017, no. 8, pp. 33–39.
6. Semenova M. P., Tsirel V. S. Razvedka i okhrana nedr (Exploration and conservation of mineral resources), 2016, no. 8, pp. 34–39.
7. Firsov A. P., Zlygostev I. N., Dyadkov P. G., Savluk A. V., Vaysman P. A., Vald A. K., Sheremet A. S., Evmenov N. D. Nedropolzovaniye. Gornoye delo. Napravleniya i tehnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznyh iskopayemyh. Geoekologiya: sb. st. (Subsurface use. Mining. Directions and technologies of prospecting, exploration and development of mineral deposits. Geoecology: collected articles). Novosibirsk: SGUGiT, 2015, vol. 2, pp. 299–304.
8. Firsov A. P., Zlygostev I. N., Savluk A. V., Popadyuk I. F., Epov M. I., Vasilevsky A. N. Effektivnost geologorazvedochnyh rabot na almazy: prognozno-resursnye, metodicheskiye, innovatsionno-tehnologicheskiye puti yeye povysheniya: sb. st. (The effectiveness of geological exploration for diamonds: predictive resource, methodological, innovative and technological ways to improve it: collected articles). Mirny, 2018, pp. 325–330.
9. Cunningham M. Aeromagnetic surveying with unmanned aircraft systems (Aeromagnetic surveying with unmanned aircraft systems). URL: [https://www.researchgate.net/publication/291345900\\_Aeromagnetic\\_surveying\\_with\\_unmanned\\_aircraft\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/291345900_Aeromagnetic_surveying_with_unmanned_aircraft_systems) (Date of access: 25.09.2020). Text: electronic.
10. Parshin A. V., Kanaikin V. S., Blinov A. V., Mikhalev A. O. Cost-saving low-altitude UAV magnetic survey technology and its GIS software (Cost-saving low-altitude UAV magnetic survey technology and its GIS software). URL: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=84648> (Date of access: 12.09.2020). Text: electronic.

**Коротко об авторе**

**Briefly about the author**

*Груздев Роман Викторович*, аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геофизика  
rogruzdev@mail.ru

*Roman Gruzdev*, postgraduate, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geophysics

**Образец цитирования**

*Груздев Р. В. Магниторазведочные работы – наземная технология, аэромагнитная съемка на самолете и беспилотном летательном аппарате: сопоставительный анализ результатов (на примере Восточного Забайкалья) // Вестник Забайкальского государственного университета // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 8. С. 6–15. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-6-15.*

*Gruzdev R. Magnetic survey – ground technology, aeromagnetic survey on aircraft and unmanned aerial vehicles: a comparative analysis of the results (on the example of Eastern Transbaikalia) // Transbaikal State University Journal, 2020, vol. 26, no. 8, pp. 6–15. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-6-15.*

Статья поступила в редакцию: 22.09.2020 г.

Статья принята к публикации: 14.10.2020 г.