



**ИНЖЕНЕРНАЯ
:: И РУДНАЯ ::
ГЕОФИЗИКА 2025**

Инженерная и рудная геофизика 2025

**Научно-практическая конференция и выставка,
включая**

Инженерная и рудная геология 2025

**Сборник материалов конференции - 338 листов
ISBN – 978-5-9651-1559-4**

Опыт проведения беспилотных аэромагнитных съёмок в Антарктиде (оазис Бангера) в рамках 69 РАЭ.

А.Е. Симаков* (АО «НПП «Радар-ммс»), Ф.Г. Гуторов (АО «НПП «Радар ммс»), В.Г. Анцев (АО «НПП «Радар ммс»), Егорова Ю.И. (АО «НПП «Радар ммс»), Лейченков Г.Л. (ФГБУ «ВНИИОкеангеология», СПбГУ), Голынский А.В. (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»), Голынский Д.А. (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»)

Введение

Аэрофизические исследования, в частности, магнитная съёмка, в Антарктиде проводятся с середины XX века [1]. Применение магнитометрии является крайне важным при исследовании Антарктиды и прилегающих территорий Мирового океана, поскольку позволяет расширить наши представления о геологическом строении этого региона и его роли в глобальных тектонических процессах. До последнего времени подобные работы выполнялись, с привлечением пилотируемой авиации, хотя отдельные попытки применения беспилотных носителей и предпринимались. Впрочем, в таких областях, как, например, аэрофотосъёмка, исследования атмосферы и др., беспилотные системы в Антарктиде уже довольно широко применяются.

В рамках 69 Российской антарктической экспедиции в сезоне 2023-2024 гг. в районе оазиса Бангера и холмов Хайджамп (Земля Уилкса, Восточная Антарктида) над территорией шестого континента была впервые в мировой практике выполнена полноценная аэромагнитная съёмка с использованием беспилотной авиационной системы. Работы проводились АО «НПП «Радар ммс» по заданию ФГБУ «ВНИИОкеангеология» в рамках Государственного задания Агентства по недропользованию (Роснедра), Минприроды России. Рельеф участка представляет собой чередование крупных холмов и долин, частично заполненных пресными и солёными озерами, а также ледников и морских акваторий, занимающих более половины площади. В подобных условиях выполнение наземной магнитной съёмки здесь сопряжено с очевидными трудностями, в то время как для аэросъёмки участок вполне благоприятен. Выбор беспилотного комплекса был обусловлен тем, что в районе исследований отсутствуют взлётно-посадочные полосы, и проводить геофизические работы с использованием пилотируемой авиации было нерационально.

Целями работ было установление информативности крупномасштабной магнитной съемки в антарктических оазисах, частично перекрытых моренами, ледниками и озерами, для геологического картирования, а также использование полученных данных для интерпретации средне- и мелкомасштабных геологических съемок. По результатам съемки был подготовлен комплект материалов, который совместно с результатами предшествующих исследований будет использован для комплексной интерпретации и уточнения информации о геологическом строении района оазиса Бангера и архипелага Хайджамп. Результаты аэромагнитной съемки с использованием БПЛА, представленные в тезисах, были ранее опубликованы в [2].

Описание технологии

Для описываемых работ применялась магнитометрическая система, где в качестве носителя использовалась БАС «Диам-20», представляющая собой беспилотный самолёт с максимальной взлётной массой 29 кг и грузоподъёмностью до 5 кг. Это воздушное судно сконструировано по аэродинамической схеме «утка» с винтомоторной группой, расположенной в его кормовой части. При этом, чувствительный элемент цезиевого магнитометра ДМ (производство АО «НПП «Радар ММС»), расположен на стингере перед носовой частью самолёта на максимально возможном удалении от основных магнитных масс и источников электромагнитных помех – двигателя и силовой электроники (Рисунок 1). Несмотря на это, носитель всё равно создаёт слабую (около 3.5 нТл) магнитную помеху, которую необходимо компенсировать, чтобы избежать появления ложных аномалий и соблости требованиям к качеству аэромагнитной съёмки. В качестве компенсатора помехи носителя в состав комплекса помимо квантового магнитометра входит трёхкомпонентный феррозондовый датчик, расположенный в грузовом отсеке самолёта. Следует отметить, что до начала работ в Антарктиде, данный магнитометрический комплекс был в достаточной мере отлажен и хорошо зарекомендовал себя во время полевых работ на территории России, включая северные районы и местности с горным рельефом. В период с 2021 по 2023 г., общий объём аэромагниторазведочных работ, выполненных с помощью беспилотного самолёта, превысил 11 000 погонных километров.

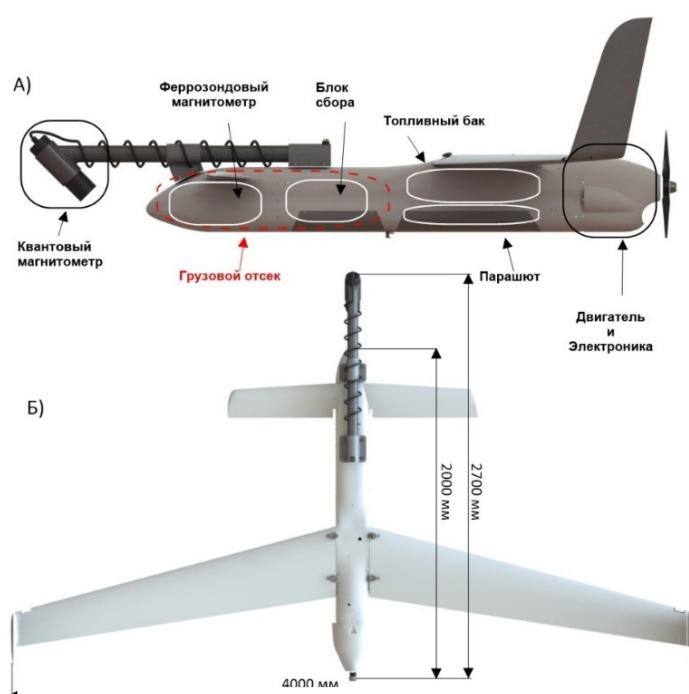


Рисунок 1 Компоновочная (А) и габаритная (Б) схемы магнитометрической системы на базе беспилотного носителя самолётного типа, использовавшейся во время проведения работ в оазисе Бангера.

Всего в период с 03 по 11 января 2024г. на участке «Оазис Бангера» было произведено 13 самолёто-вылетов на аэромагнитную съёмку общей продолжительностью 48 часов 11 минут. Суммарный объем работ составил 3343 пог. км.

При планировании вылетов были подготовлены десять полётных миссий со средней продолжительностью около 4-х часов каждая. Движение БАС осуществлялось полностью в автоматическом режиме, и контролировалось внешним экипажем по радиоканалу и посредством

Оборудование и персонал полевого отряда в количестве двух человек были доставлены в Восточную Антарктиду на борту научно-исследовательского судна «Академик Фёдоров» в конце декабря 2023г. В период с 29 декабря 2023г. по 02 января 2024г. проводились тестирование и проверка оборудования, были выбраны места для старта БАС и установки магнитометрической станции. Полёты начались 03 января 2024 и продолжались с перерывами на нелётную погоду до 11 января. Съёмка проводилась по 112 рядовым маршрутам длиной 20 000 – 25 000 м по азимутам: 90° и 270° с межмаршрутным расстоянием 250 м. Для увязки данных по рядовым маршрутам, ортогонально им был проложен 31 опорный маршрут длиной 2 000 – 29 000 м (азимуты 0° и 180°) с интервалом 1250 м. Кроме того, для оценки погрешности итоговой карты аномального магнитного поля, по главным диагоналям участка съёмки были проложены три секущих маршрута длиной 20 000 – 47 000 м.

GNSS-трекера. Характеристики носителя позволяют выполнять полёты и большей длительности, однако, было принято решение сделать миссии короче, уменьшить взлётную массу за счёт снижения количества топлива, но, при этом, увеличить маневренность и скороподъёмность. Съёмка проводилась с генеральным огибанием рельефа на базовой высоте 130 м. Для планирования обтекания использовалась цифровая модель местности района оазиса Бангера и холмов Хайджамп, составленная по спутниковым данным.

С целью получения коэффициентов компенсации, непосредственно на участке работ была выполнена аэромагнитная съёмка на девиационном маршруте. Для минимизации влияния аномальной части магнитного поля Земли на определение коэффициентов компенсации эти полёты проводились на высоте 1 500 м. По результатам обработки данных компенсатора помехи, были получены наборы коэффициентов, позволяющие учитывать влияние постоянной, вихревой и индуктивной компонент магнитного поля носителя.

Результаты

Камеральная обработка данных съёмки проводилась по стандартной методике, включающей в себя ввод поправок за вариации, за нормальное магнитное поле (IGRF), а также внутреннюю увязку по опорным маршрутам.

По результатам обработки данных была построена карта аномального магнитного поля масштаба 1:25 000, анализ которой свидетельствует, что для района оазиса Бангера и холмов Хайджамп ~~и~~ показывает характерную для глубокометаморфизованных комплексов древних орогенов морфологическую неоднородность и изменчивость по амплитуде, и наряду с относительно спокойными участками в районе работ имеются области резко дифференцированного поля. Полученная по данным беспилотной съёмки карта аномального магнитного поля, в целом, детальнее, чем любая из существующих опубликованных геологических карт. При этом, масштаб выделяемых контрастных аномальнообразующих объектов варьирует от нескольких десятков метров до крупных структур, прослеживаемых в пределах всего участка.

Геологическая интерпретация результатов аэромагнитной съёмки не является темой доклада, однако, даже беглый анализ распределения аномального магнитного поля и опубликованных материалов по геологическому строению оазиса Бангера и холмов Хайджамп (Рисунок 2) позволяет сделать вывод о высокой информативности полученных данных.

Выводы

Результаты съёмки обеспечили прирост геолого-геофизической изученности района работ, особенно тех его частей, что скрыты под ледниками или находятся под поверхностью воды. Было подтверждено, что беспилотная аэромагнитная съёмка, является важным геофизическим инструментом, позволяющим эффективно решать задачи геологического картирования масштаба 1: 25 000 и мельче, в сложных условиях Антарктики. В этой области она способна эффективно заменить аналогичные работы, традиционно выполняющиеся с помощью пилотируемой авиации, особенно на станциях, не оснащённых местами базирования авиатехники. Дополнительными преимуществами беспилотной съёмки являются её относительная дешевизна, по сравнению с той, что выполняется с использованием пилотируемой авиации, а также безопасность внешнего экипажа, осуществляющего удалённый контроль беспилотного комплекса.

Опыт, полученный при выполнении данных работ, позволит усовершенствовать, как сами беспилотные магнитометрические комплексы, так и методику выполнения последующих съёмок в Антарктике и других регионах.

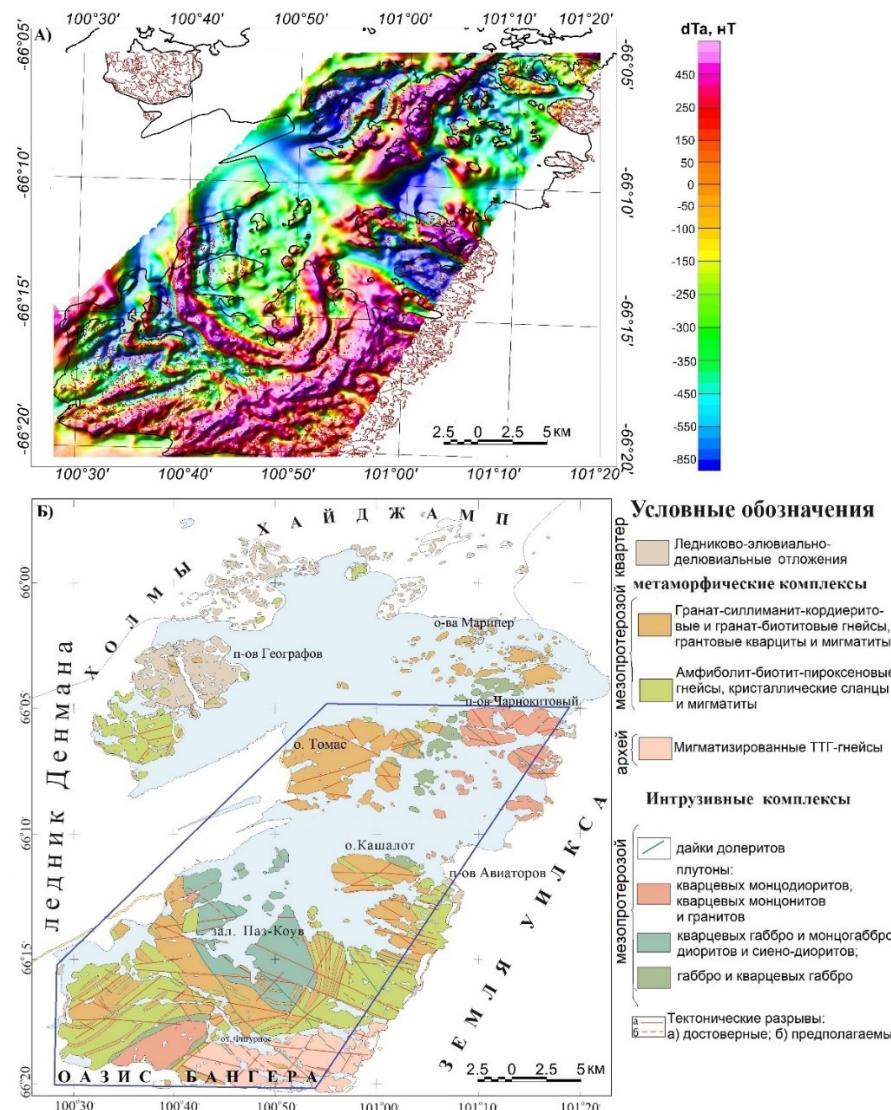


Рисунок 2. Схемы: по материалам карты аномального магнитного поля района оазиса Бангера и холмов Хайджамп масштаба 1:25 000, построенной по результатам беспилотной аэромагнитной съёмки 69 РАЭ (А); по материалам упрощённой геологической карты оазиса Бангера и холмов Хайджамп масштаба 1: 200 000 (Б). Синим обозначен контур участка съёмки.

Благодарности

Авторы выражают благодарность персоналу сезонной базы Оазис за гостеприимство и помошь в проведении полевых работ, а также членам аэромагнитного отряда, непосредственно задействованных в проведении съёмки.

Библиография / References

1. Golynsky A.V., Golynsky D.A., Kiselev A.V., Masolov V.N. Russian magnetometry studies in Antarctica // Voprosy geografii Sb. 150: Antarctic studies / ed. by: V.M. Kotlyakov, M.Yu. Moskalevsky. - Moscow, «Codex», 2020, P.175-198. (in Russian)

2. Simakov A.E., Gutorov F.G, Leitchenkov G.L., Golynsky A.V., Ancev V.G., Golynsky D.A. Some results of UAS aeromagnetic survey at Bunger Hills and Highjump archipelago, Wilkes Land, East Antarctica // Journal of Mining Institute, 2025 (accepted to publication)