

## БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОФИЗИКЕ

И.В. Лыгин, Л.А. Золотая, Т.Б. Соколова, А.А. Булычев, М.В. Коснырева, А.Ю. Паленов, А.А. Фадеев, К.М. Кузнецов

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геофизических методов исследования земной коры.*

В последнее время в различных отраслях широко стали использоваться беспилотные воздушные средства (БВС). В том числе внедрение БВС происходит и в геофизике. Они применяются для обеспечения разведки местности и проектирования полевых работ, геодезической привязки, фото-, теле- профилирования, съемок в различных спектральных диапазонах и др.

Единственным геофизическим методом из наиболее применяемых, полностью совмещенным с БВС, является магнитометрический метод. На отечественном и зарубежном рынках представлен ряд технических решений по магнитометрам и БВС, составляющих единые комплексы [Паршин и др., 2018]. Благодаря высоким производительности, детальности и точности съемок внедрена доработанная методика многоуровневых магнитных измерений, обеспечивающая более точное определение формы и глубины залегания источников магнитных аномалий [UAV-MAG..., 2017; Гоглев, 2019; Лыгин, 2019].

Нами предлагается при решении обратной задачи по восстановлению параметров магнитного разреза выполнять совместную инверсию многоуровневых магнитометрических данных в ходе минимизации взвешенной суммы целевых функций магнитометрических обратных задач на всех уровнях съемки и функционала ограничения  $\Phi_c(k)$ :

$$\Phi(k) \equiv w_1[\Phi_{T1}(k)] + \dots + w_n[\Phi_{Tn}(k)] + \alpha\Phi_c(k) \rightarrow \min_k$$

где  $w_1, \dots, w_n$  – весовые коэффициенты  $n$  уровней наблюдения;

$\alpha$  – (*Alpha, Альфа*) общий весовой коэффициент для всех уровней наблюдения (параметр регуляризации);

$k$  – магнитная восприимчивость.

В ходе тестирования алгоритма на модельных полях от одиночных и сложно распределенных источников показано, что чем больше уровней участвует в подборе, тем меньше отклонение; при совместной инверсии многоуровневых магнитометрических данных случайная (некоррелированная) помеха (погрешность съемки) на верхних уровнях не подбирается и появляется возможность их достоверно выявлять; существенное влияние на качество подбора оказывают погрешности нижнего уровня.

Дальнейшее развитие беспилотных авиационных технологий в геофизике для решения задач геологоразведки связано с разработкой комплексов, позволяющих выполнять электромагнитные, гравиметрические и другие геофизические измерения, упрощать некоторые технологические операции полевой сейсморазведки (например, расстановка сейсмоприемников). Отдельным направлением является развитие геофизического мониторинга для слежения за естественными и связанными с антропогенным воздействием геодинамическими процессами.

### Список литературы

*Лыгин И.В.* Зарубежный опыт подводных магнитометрических съемок // Сборник тезисов Международной геолого-геофизической конференции и выставки «ГеоЕвразия 2019». Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2019. С. 1086-1090.

*Гоглев Д.А.* Маловысотная магниторазведка с применением БПЛА ГК Геоскан // Сборник тезисов Международной геолого-геофизической конференции и выставки «ГеоЕвразия 2019». Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2019. С. 1079-1081.

*Паршин А.В., Цирель В.С., Ржевская А.К.* Методические рекомендации по выполнению маловысотной аэромагнитной съемки (Роснедра, 2018) // Тезисы докладов «Геобайкал-18». Иркутск. 2018.

*UAV-MAG – The leader in Unmanned Geophysics Surveying // Pioneer Aerial Surveys Ltd.* 2017.