

## Опыт применения беспилотных ЭМ зондирований при проведении геолого-съемочных работ

К.М. Анташук<sup>1</sup>, А.И. Атаков<sup>2</sup>, А.Б. Кочеров<sup>3</sup>, А.В. Теремков<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «ВСЕГЕИ», [Kseniya\\_Antashuk@vsegei.com](mailto:Kseniya_Antashuk@vsegei.com)

<sup>2</sup>ФГБУ «ВСЕГЕИ», [Aleksi\\_Atakov@vsegei.ru](mailto:Aleksei_Atakov@vsegei.ru)

<sup>3</sup>ФГБУ «ВСЕГЕИ», [akochoero@marineem.ru](mailto:akochoero@marineem.ru)

<sup>4</sup>ФГБУ «ВСЕГЕИ», [teremok@inbox.ru](mailto:teremok@inbox.ru)

---

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрены результаты применения беспилотных ЭМ зондирований при решении задач геолого-съемочных работ на нескольких участках, перспективных для обнаружения золоторудных объектов. Показана эффективность применения данной технологии для быстрого исследования площадей и выделения проводящих аномалий, заверка которых может быть выполнена наземными методами.

**Ключевые слова:** беспилотные съемки, электромагнитные зондирования, золоторудные месторождения.

---

### ВВЕДЕНИЕ

Геофизические исследования на этапе сопровождения геолого-съемочных работ (ГСР) проводятся с целью решения широкого круга задач, а именно: изучение структурных особенностей площади, картирование скрытых структур, в том числе интрузивных образований, детальное изучение геологического строения на опорных и поисково-оценочных участках, выделение структур, перспективных для обнаружения полезных ископаемых. Перечисленные задачи требуют изучения достаточно больших площадей (несколько сотен квадратных километров), использования комплекса геофизических методов, обеспечения надежности получаемых интерпретационных моделей до глубин первые сотни метров.

Для оценки возможностей беспилотных ЭМ съемок и целесообразности их включения в комплекс геофизических методов, применяемых при проведении ГСР, были проведены опытно-методические работы на нескольких участках, перспективных на обнаружение золото-кварц-сульфидного оруденения. На исследуемых площадях также был выполнен комплекс наземных магниторазведочных и электроразведочных (методами АМТЗ, РМТ-К, СЭП-ВП и ВП-ТЗ) работ.

Задачей комплекса геофизических исследований являлось выявление аномалий, связанных с зонами сульфидной минерализации, интенсивной трещиноватости, сопровождающихся жильной и сульфидной минерализацией, и определение точек заложения поисковых скважин.

По результатам проведенных работ была выполнена оценка возможностей и эффективности применения беспилотных ЭМ исследований в комплексе геофизических методов на этапе сопровождения ГСР.

### Методика проведения работ

Беспилотные ЭМ зондирования проводились на нескольких перспективных площадях Республики Алтай и Алтайского края. Измерения проводились с использованием разработанного нами совместно с компанией ООО «АЛПОМ» электроразведочного комплекса МЭМИ, включающего трехканальный регистратор, три магнитных датчика, инклинометр и GPS, собранных в единый буксируемый модуль (рис. 1). Комплекс позволяет проводить измерения трех магнитных компонент переменного ЭМ поля в диапазоне частот от 10 до 100 000 Гц, частота дискретизации составляет 312 кГц. Конструкция системы позволяет минимизировать взаимное влияние и шумы, создаваемые каждым элементом.

В качестве источника ЭМ полей использовался горизонтальный электрический диполь (ГЭД). Поскольку при проведении ГСР необходимо изучать достаточно большие площади, необходимо обеспечить достаточный уровень сигнала на достаточно больших расстояниях от питающей линии. Для возбуждения переменного ЭМ поля использовался электроразведочный генератор мощностью 37 кВт. Длина питающего диполя составляла от 4 до 6 км, сила тока около 20 А. Использование меандра позволило

регистрировать не только несущую частоту, но и от 5 до 9 её гармоник. Частота излучения подбиралась для каждого участка в диапазоне от 100 до 500 Гц. Выбор частоты базировался на учете шумов носителя, общей помеховой обстановки, особенностей распространения ЭМ поля на исследуемой территории.



**Рисунок 1.** Комплекс беспилотных электромагнитных зондирований МЭМИ: буксируемый модуль (слева), размещение на носителе в ходе проведения съемки (справа).

### Результаты опытно-методических работ

Приведем результаты, полученные на Кивдинском участке (Алтайский край), перспективном для обнаружения золото-сульфидного оруденения. Участок был локализован по результатам интерпретации данных геохимического опробования и данных АМТ зондирований по опорному профилю.

Выполненный комплекс наземных электроразведочных работ позволил выделить в

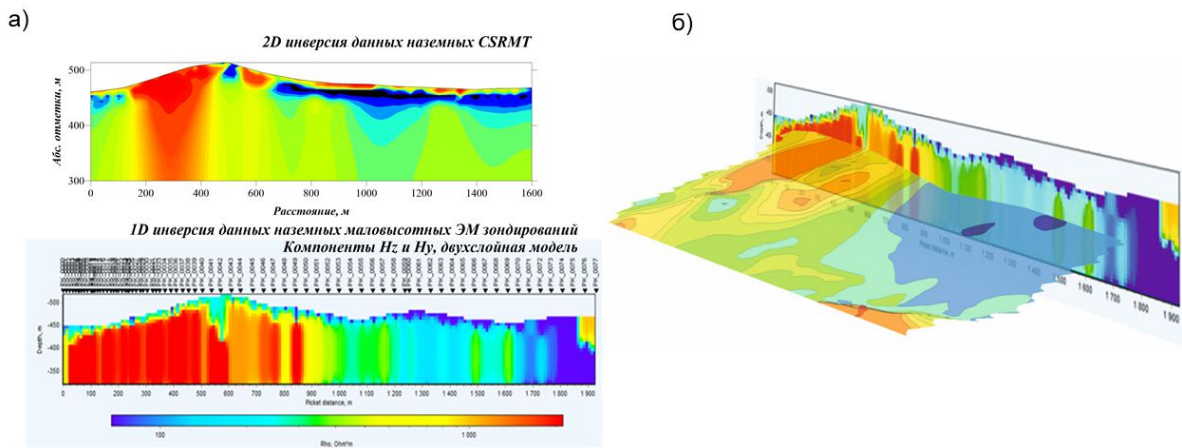
пределах Кивдинского участка локальную аномальную зону северо-восточного простираения на глубине около 80 м и мощностью около 60 м, характеризующуюся пониженными значениями удельного сопротивления и повышенными значениями поляризуемости. Данная зона рекомендована для заверки бурением как наиболее перспективная для обнаружения золото-сульфидного оруденения.

По результатам беспилотной ЭМ съемки были получены значения трех магнитных компонент ЭМ поля в диапазоне частот от 1 до 100 кГц. Была выполнена 1D инверсия данных и получены геоэлектрические разрезы до глубины 200 м. Сопоставление результатов 1D инверсии данных беспилотных ЭМ зондирований и наземных методов (электропрофилированием на постоянном токе и PMT-K) показано на рис. 2. Наблюдается достаточно хорошая сходимость полученных материалов.

### Выводы

Опыт применения беспилотных ЭМ зондирований на этапе сопровождения ГСР позволил сделать вывод о высокой эффективности данной технологии при изучении геоэлектрического разреза до глубины первые сотни метров. По результатам выполненных беспилотных ЭМ исследований могут быть выделены локальные аномальные области, на которых в дальнейшем следует проводить работы методами ВП для уточнения природы аномалий проводимости.

Беспилотные ЭМ исследования могут быть эффективной альтернативой наземных исследований методом профилирования и зондирования при работах на удаленных участках при объемах съемки более 100 пог. км. Кроме того, использование контролируемого источника позволяет оперативно увеличивать глубину исследований при обнаружении перспективного объекта без изменения технологии работ и применяемого аппаратно-программного комплекса. Для наиболее эффективного планирования работ исходя из геологических задач и особенностей района исследований необходимо создание индивидуальной комбинации пилотируемых, беспилотных и наземных ЭМ съемок.



**Рисунок 2.** Сравнение результатов инверсии маловысотных ЭМ зондирований и наземных электроразведочных работ: а) зондирований РМТ-К, б) электропрофилирования СЭП.