

## Результаты применения БАС- $\mu$ ЗСБ

А.А. Белая (АО «ЕМ-Разведка»), М.В. Абрамов (АО «ЕМ-Разведка»), А.В. Куклин (АО «ЕМ-Разведка»), Г.М. Тригубович (АО «ЕМ-Разведка»), И.Н. Бердюгин (ООО «НН Технические сервисы»).

### Введение

Сегодня широко востребована технология импульсной индуктивной электроразведки ЗСБ и ее модификации, которые, в основном, отличаются глубиной изучения геологической среды и пространственной плотностью исследований. Из них три основные - это 3ДЗСБ, мЗСБ и  $\mu$ ЗСБ [1,2].

Пилотируемые технологии становятся менее конкурентными при решении достаточно популярных поисковых задач до глубины 100 м. Здесь технология БАС-  $\mu$ ЗСБ, кроме прочих особенностей, потенциально обладает более высокой разрешающей способностью по сравнению с пилотируемой авиацией.

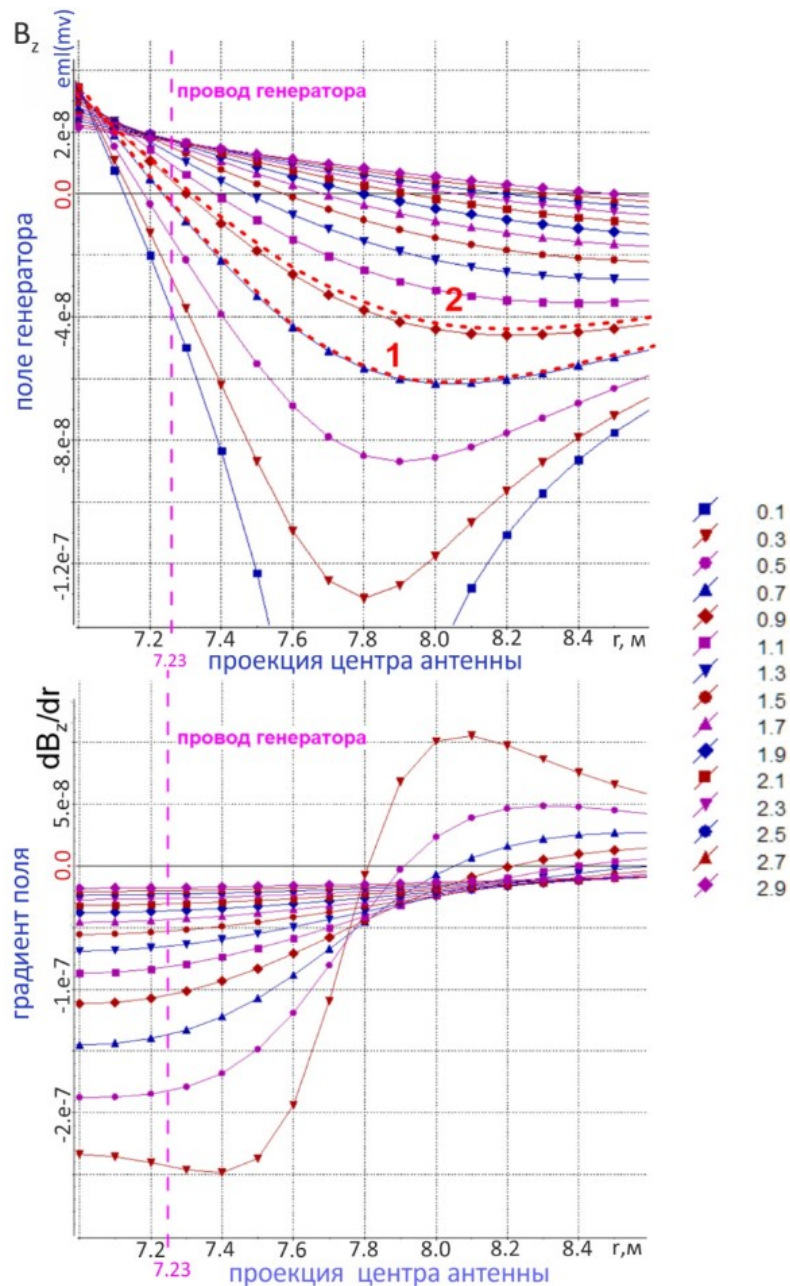
В работе рассмотрены первые результаты применения системы  $\mu$ ЗСБ «воздух-воздух» для детализации электрофизической модели верхней части разреза.

### Теория

Область применения  $\mu$ ЗСБ – самая верхняя часть разреза от первых метров до глубин 50-100 м. Микросекундный диапазон переходного процесса, субметровые приемно-генераторные конструкции, существенно увеличенные проблемы с учетом поляризационных эффектов – все это заставляет пересматривать методику проведения исследований и интерпретацию. Для корректного извлечения информации в микросекундном масштабе времен требуется детальный учет формы зондирующего импульса, учет тока смещения, поляризационных эффектов ИВП, СПМ, геометрии приемно-генераторных конструкций, их амплитудно-частотных характеристик, взаимоиנדукции источника и среды и др. В настоящее время микро-ЗСБ по классу решаемых задач переходит в область  $\mu$ ЗСБ технологий.

При проведении работ была решена проблема компенсации собственного процесса системы, который в ранней стадии переходного процесса может существенно превышать отклик среды. Компенсация процесса индуктора осуществлена путем точной геометрической установки измерительной антенны над проводом индуктора магнитного поля.

На рисунке 1 показано магнитное поле и его производные при перемещении антенны в радиальном направлении от центра генератора. Шифр кривых - расстояние от плоскости антенны до плоскости индуктора. Целевая задача конструирования геометрии приемно-генераторной системы - снижение высокого градиента поля над проводом индуктора в окрестности точки компенсации ( $B_z=0$ ). При поднятии антенны над проводом индуктора градиент ожидаемо снижается.



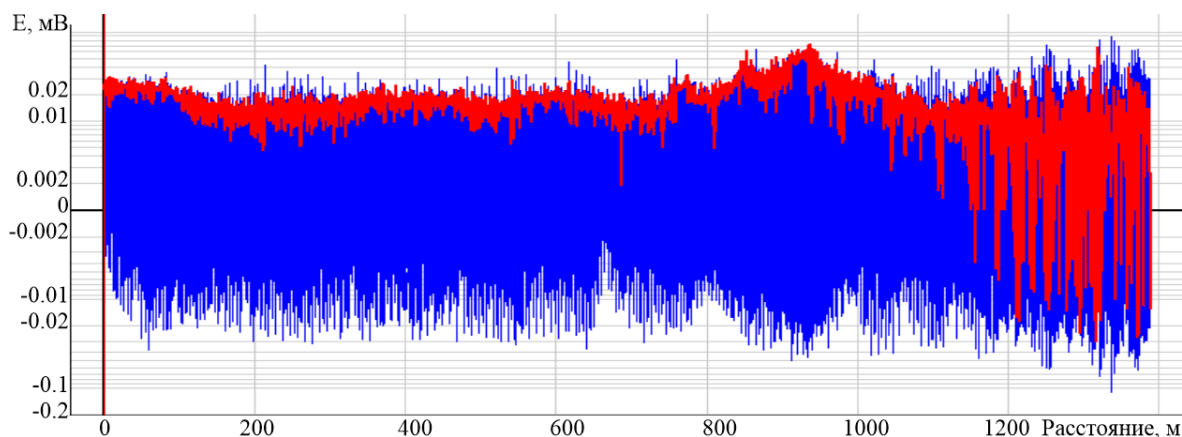
**Рисунок 1.** *Магнитное поле  $B_z$  и градиент поля для измерительной антенны*

### Пример использования

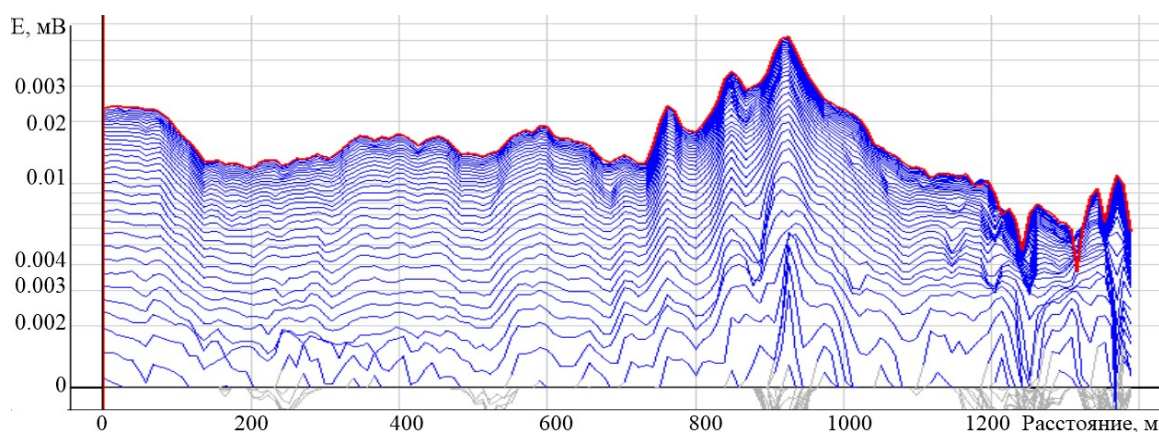
Были выполнены детальные электромагнитные исследования строения ВЧР для обнаружения скрытых гидрогеологических окон с использованием высокочастотной ЕМ-системы БАС- $\mu$ ЗСБ-25. Частота дискретизации переходного процесса – 1 мкс. Магнитный момент индуктора - 1250 кв. м. при фронте выключения тока не более 5 мкс, момент измерителя 100 м<sup>2</sup>.

Сбор информации масштаба 1: 5 000 происходил в пределах промышленной площадки ТРУ в условиях высокого уровня промышленных помех и техногенных металлоконструкций. Это предопределило разработку и применение специального математического обеспечения и адаптированных электромагнитных параметров системы. Основной высокоамплитудный спектр частот, который осложнял измерения сигнала переходного процесса был отмечен в диапазоне от первых десятков герц до десятков килогерц (рис 2). С целью улучшения соотношения сигнал/помеха были использованы статистические методы выделения полезного сигнала на

пространственных интервалах не превышающих 5 метров при частоте опроса среды 250 Гц на скорости съемки 5-8 м/сек. Использовалась также адаптивная временная фильтрация, в программном комплексе EMDP [3](рис.3).



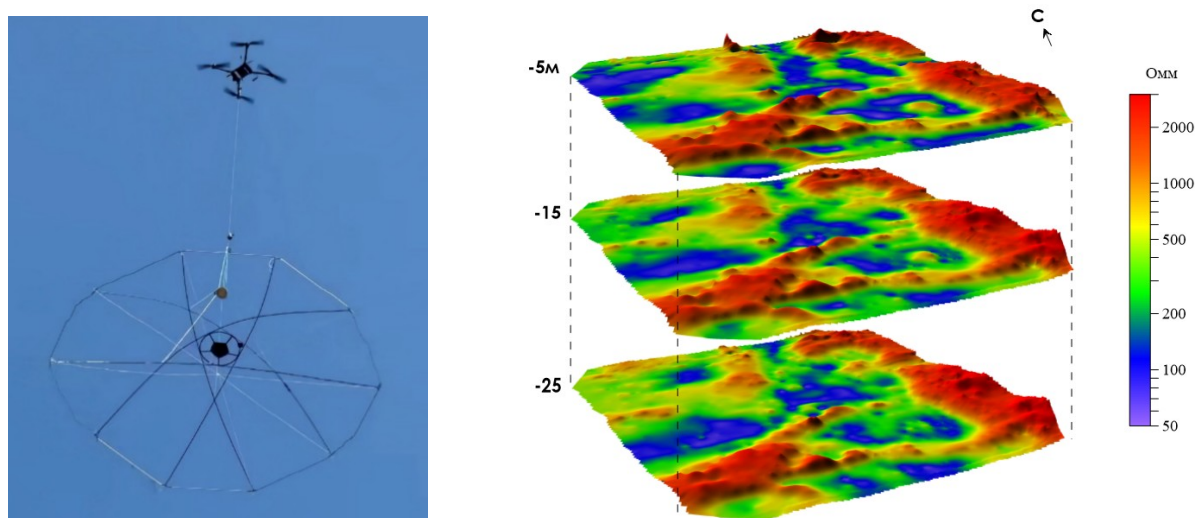
**Рисунок 2.** Электрограмма по профилю до фильтрации



**Рисунок 3.** Электрограмма по профилю после фильтрации

Второй тип техногенных помех - помехи от металлических конструкций. Металлические конструкции, как известно, могут оказывать существенные искажения на результаты измерения. Перед выполнением аэро-электроразведки БАС-μЗСБ-25 были задействованы априорные экспериментальные данные, которые на основе математического моделирования позволили определить диапазон времени - «временное окно» отсутствия значимого влияния металлоконструкций. По существенной разнице спектров отклика металла технолитосферы и горного массива на импульсное воздействие был определен диапазон времен, когда влияние металлоконструкций незначительно [4]. Это временное окно валидности позволило достичь глубины зондирования не менее чем 50 м. Принципиально возможно увеличение глубины исследований, но при этом потребуются проведение предварительного этапа проектирования. Проектирование предполагает наличие исполнительной документации по металлоконструкциям площадки и проведения трехмерного моделирования становления поля всей техногенной инфраструктуры, прилегающей к профилям съемки.

По результатам работ была получена детальная электрофизическая модель ВЧР до глубины более 30 м в задаче картирования гидрогеологических окон над рудничным пространством (рис.4). На дневной поверхности участка работ хорошо прослеживаются зоны с высокими УЭС 300-2000 Ом·м. Эти зоны разбиты низкоомными включениями, что свидетельствует о локальном обводнении этой части разреза. Средняя крейсерская скорость при съемке на минимально допустимой высоте с максимально возможным огибанием рельефа составила 8 м/с (28 км/ч).



**Рисунок 4.** Система БАС-μЗСБ-25 «воздух-воздух» (а), резистивная модель среды по результатам измерений (б)

### Выводы

Применение системы «воздух-воздух» показало, что разработанные на сегодня БАС-μЗСБ системы позволяют проводить высокоразрешающие геофизические исследования ВЧР, в том числе и на промышленных площадках.

### Библиография / References

1. Светов, Б.С. Основы геоэлектрики. / Б.С. Светов.— М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 656 с.
  2. Тригубович Г.М. МИКРО-ЗСБ / Тригубович Г.М. // Инженерная и рудная Геофизика 2023. Сборник материалов 19-й научно-практической конференции и выставки. Москва, 2023. С. 680-687.
  3. Тригубович Г.М., Чернышев А.В., Гнусин Я.А., Сверкунов А.С. EM-DataProcessor // Свидетельство о регистрации № 2011611248 от 7 февраля 2011 г.
  4. Тригубович Г.М., Белая А.А. [2014] Способ геоэлектроразведки в условиях техногенной инфраструктуры// Патент РФ № 2528115
- 
1. Svetov, B.S. Osnovy geoelektriki. / B.S. Svetov.— М.: Izdatelstvo LKI, 2008. — 656 s.
  2. Trigubovich G.M. Mikro-ZSB / Trigubovich G.M. Engineering and Ore Geophysics 2023. Collection of materials of the 19th scientific and practical conference and exhibition. Moscow, 2023. P. 680-687
  3. Trigubovich G.M., Chernyshev A.V., Gnusin Ya.A., Sverkunov A.S. EM-DataProcessor // Certificate of registration No. 2011611248 dated February 7, 2011.
  4. Trigubovich G.M., Belaya A.A. [2014] Method of geoelectric exploration in conditions of man-made infrastructure// Russian Federation Patent № 2528115