

## MobileMT: Детальное геоэлектрическое картирование – от поверхности до глубины более 1 км



### АННОТАЦИЯ

**Mobile MagnetoTellurics (MobileMT)** это инновационная разработка в аэроэлектроразведке, которая относится к новейшему поколению в семействе аэро AFMAG технологий. Заявленная на патент MobileMT технология основана на использовании естественных электромагнитных полей в частотном диапазоне 25 – 20000 Гц. В мае 2018 года проведена съемка в окрестностях поселка Cochrane, в северном Онтарио, Канада. MobileMT потоковые данные обработаны в 21 частотных окнах от 33 Гц до 13 кГц. Полученные материалы демонстрируют высокое пространственное разрешение, как в плане, так и на глубину, практически от поверхности до глубины более чем 1 км. Результаты предварительного анализа полученных MobileMT данных, на начальном этапе, до проведения инверсий, представлены в этой статье.

### ОПИСАНИЕ MOBILEMT СИСТЕМЫ

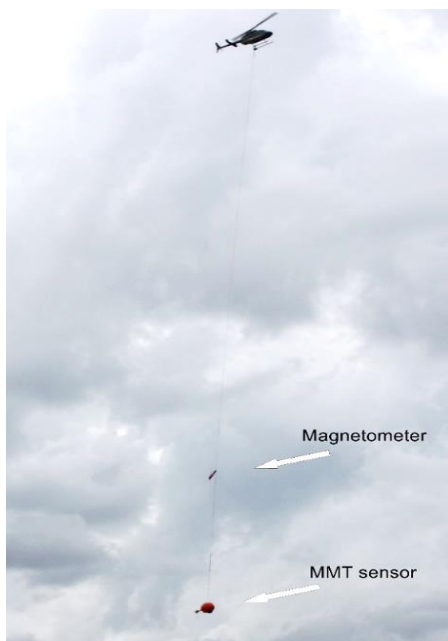


Рис. 1: MobileMT подвесная система, буксируемая вертолетом

MobileMT система состоит из двух главных частей – подвесной (Рис.1), с высокочувствительным трехкомпонентным сенсором с бортовой станцией управления, обработки и регистрации данных и наземная

базовая станция с двумя парами электрических линий и, также, станцией управления, обработки и регистрации данных. Воздушная система, буксируемая вертолетом, измеряет изменения магнитного поля с помощью трех ортогонально расположенных индукционных катушек, в то время как наземная станция измеряет изменения электрического поля в стационарном режиме, с помощью 4х установок заземленных линий. Каждая электрическая компонента базовой станции MobileMT регистрируется независимо друг от друга. В каждой паре линий, одна контрольная, вторая рядовая, что позволяет значительно уменьшить искажения сигнала. Магнитное поле измеряется квантовым магнитометром Geometrics G-822A закрепленном в отдельной подвесной гондole над подвесным электромагнитным сенсором MobileMT. Вспомогательное оборудование включает навигационную систему GPS с двумя антеннами, на борту вертолета и в гондole магнитометра, радар-альтиметр и систему регистрации данных.

### ОПИСАНИЕ СЪЕМКИ

Съемка была выполнена в мае 2018 года в окрестностях поселка Cochrane, в северном Онтарио (Канада) (Рис.2). Съёмочная площадь находится в пределах поисковой площади Broken Evil перспективной на обнаружение VMS минерализации. Площадь находится в восточной части геологической провинции Superior в пределах зеленокаменного пояса Abitibi (Kaminski et al., 2016).

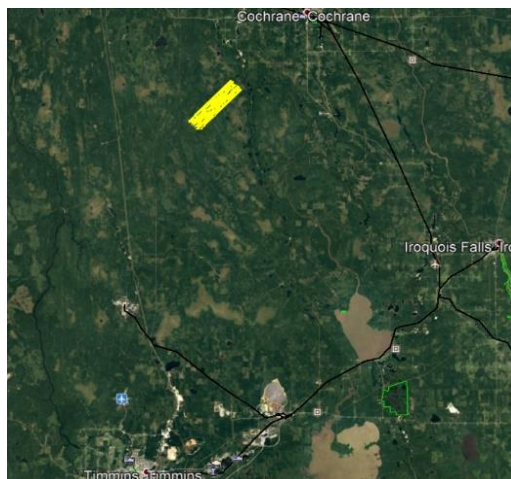


Рис 2: Положение площади съемки

Исходя из предыдущих электромагнитных съемок, в целом, площадь умеренно электропроводная, и глубинность исследования с популярной аэроМПП системой, составляла 200-500 м (Kaminski et al., 2010, 2016). Целью MobileMT съемки была демонстрация возможностей технологии в электромагнитных исследованиях геологической среды в большом диапазоне глубин, от поверхности до более чем 1 км, с высокой и непрерывной разрешаемой способностью. Используемый для данной съемки вертолет Bell 206 Long Ranger компании Expedition Helicopters. Съёмочный блок

размером 8 км x 2 км, включал 12 съёмочных линий 8 км длиной каждая. Средняя высота подвесной системы MobileMT составила 126 м над земной поверхностью.

## РЕЗУЛЬТАТЫ СЪЕМКИ

Типичные спектры сигнала магнитной и электрической компонент MobileMT представлены на Рис. 3 и Рис.4. Пример графиков MobileMT данных вдоль съёмочной линии показан на Рис.5.

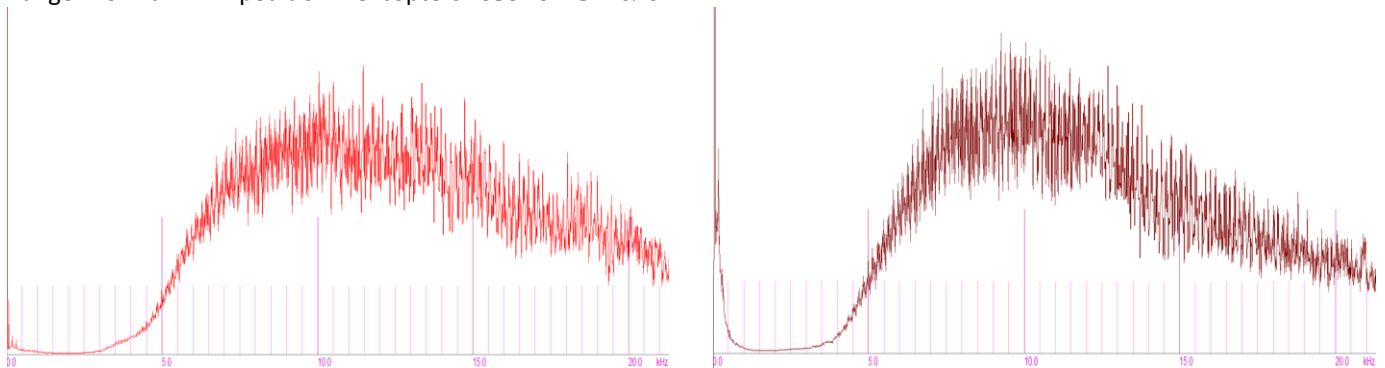


Рис 3: Спектр сигнала воздушной магнитной X-компоненты в диапазоне до 22 кГц (слева) и соответствующий спектр электрического сигнала наземной установки X (справа)

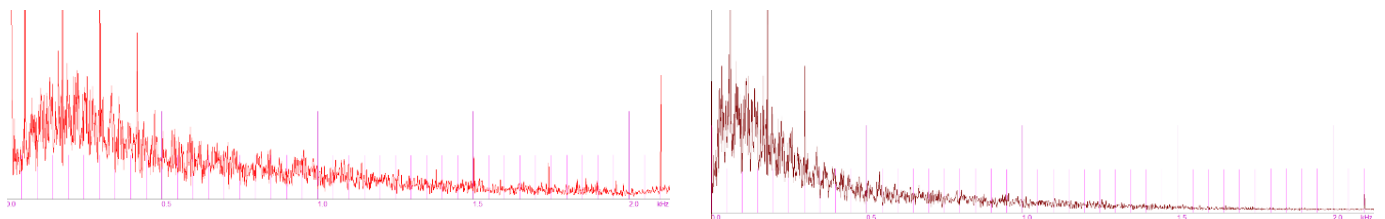


Рис 4: Спектр сигнала воздушной магнитной X-компоненты в диапазоне до 2.2 кГц (слева) и соответствующий спектр электрического сигнала установки X (справа)

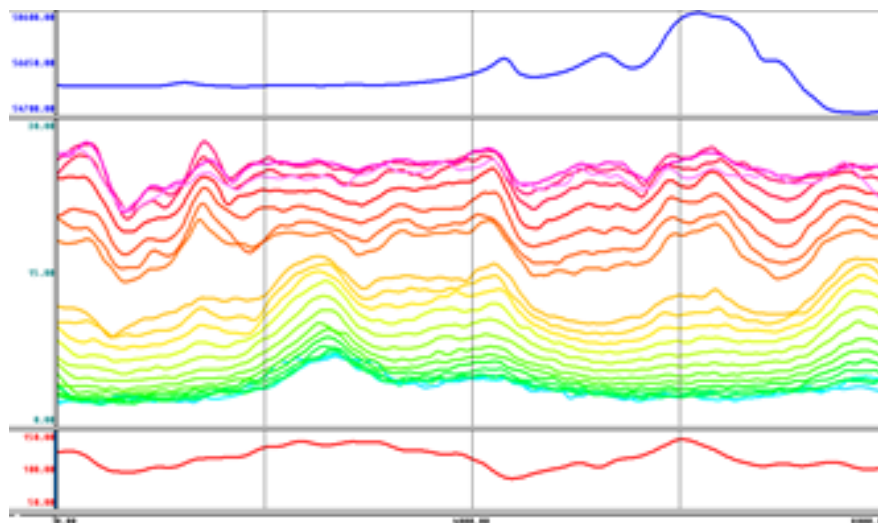


Рис 5: Графики MobileMT данных по профилю (В), частоты (с низу вверх): 33 Hz, 42 Hz, 54 Hz, 70 Hz, 91 Hz, 118 Hz, 152 Hz, 197 Hz, 256 Hz, 332 Hz, 432 Hz, 561 Hz, 730 Hz, 948 Hz, 2703 Hz, 3515 Hz, 4569 Hz, 5939 Hz, 7721 Hz, 10037 Hz и 13047 Hz; А – график магнитного поля, С – график высоты подвесной системы над землей.

Выходные данные измерений MobileMT системой представляются в единицах кажущейся удельной проводимости (mS/m) и набор кривых MobileMT зондирования вдоль съемочной линии представлен на Рис.6. Как видно из диаграммы (Рис.6) и на разрезе кажущейся электропроводности (Рис.7), геоэлектрический фон на участке съемки характеризуется доминирующей тенденцией уменьшения электропроводности с глубиной – верхняя часть разреза (высокие частоты) более электропроводная чем нижняя (низкие частоты).

При решении поисковых задач на большинство твердых полезных ископаемых очень важно извлечение из данных структурных признаков в геологической среде и выявление локальных аномалий на общем фоне вмещающей среды и её отражения в геофизических полях. В данном случае, фоном является относительно постепенное уменьшение проводимости среды с глубиной (Рис.6 и 7). Все детали в электромагнитном

поле (или кажущейся удельной проводимости, в случае с MobileMT) легко визуализировать на разных частотах (или глубинах с разным фоном) применяя уникальное распределение цветов для грида каждой частоты отдельно (Рис.8, 9, 10).

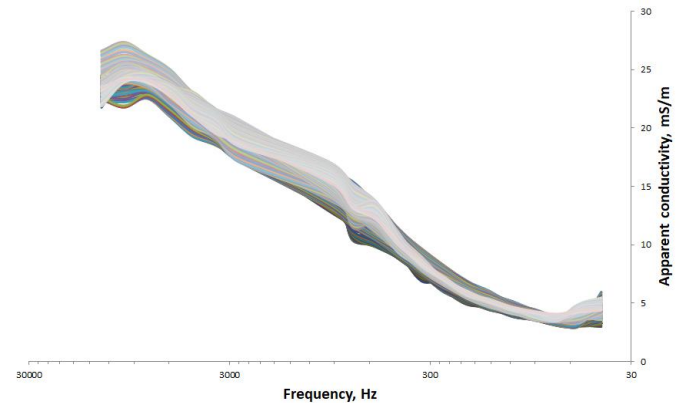


Рис.6: Серия кривых кажущейся электропроводности MobileMT зондирования полученных вдоль линии съемки.

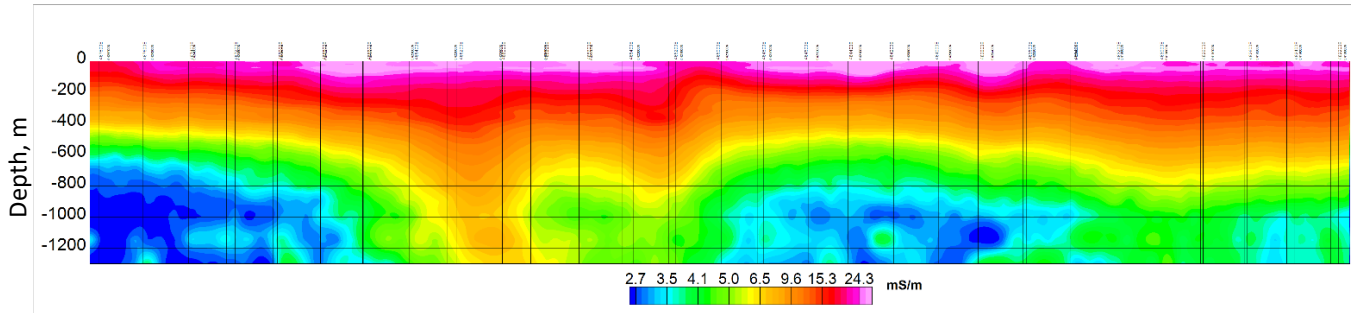


Рис 7: Разрез кажущейся удельной электропроводности MobileMT вдоль линии L7520. Приблизительная оценка глубины предварительно проведена на основе её зависимости от частоты и сопротивления.

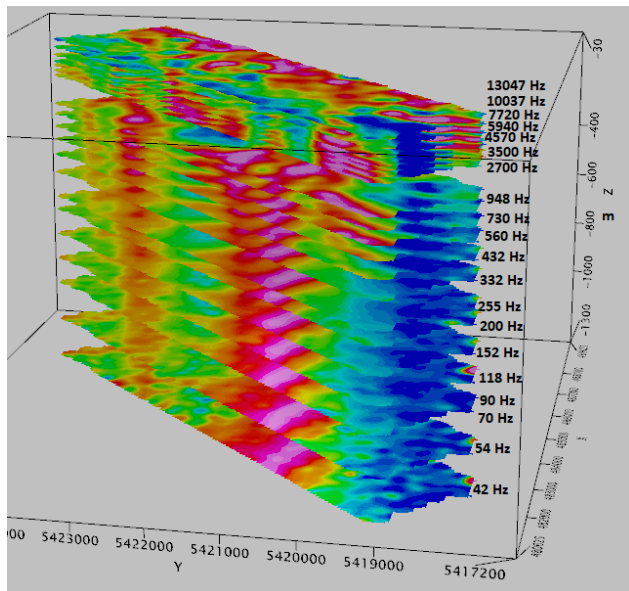


Рис 8: Гриды кажущейся удельной проводимости для 20 частот, распределенных по глубине в 3D виде

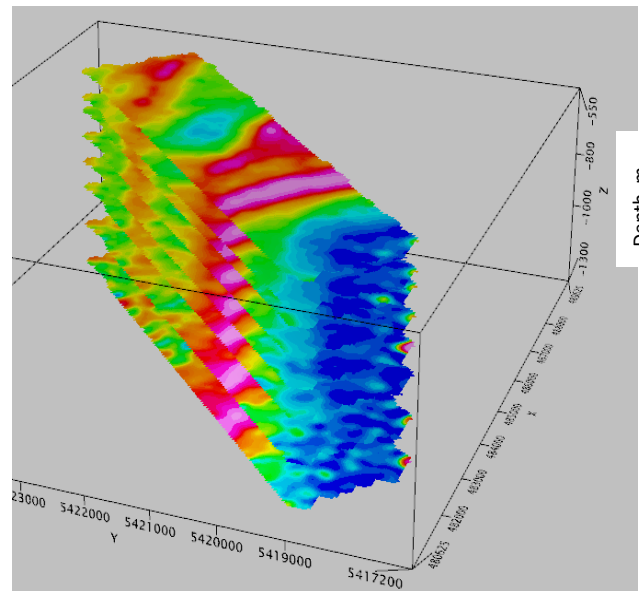


Рис 9: Гриды кажущейся удельной проводимости для 7 низких частот, распределенных по глубине в 3D виде

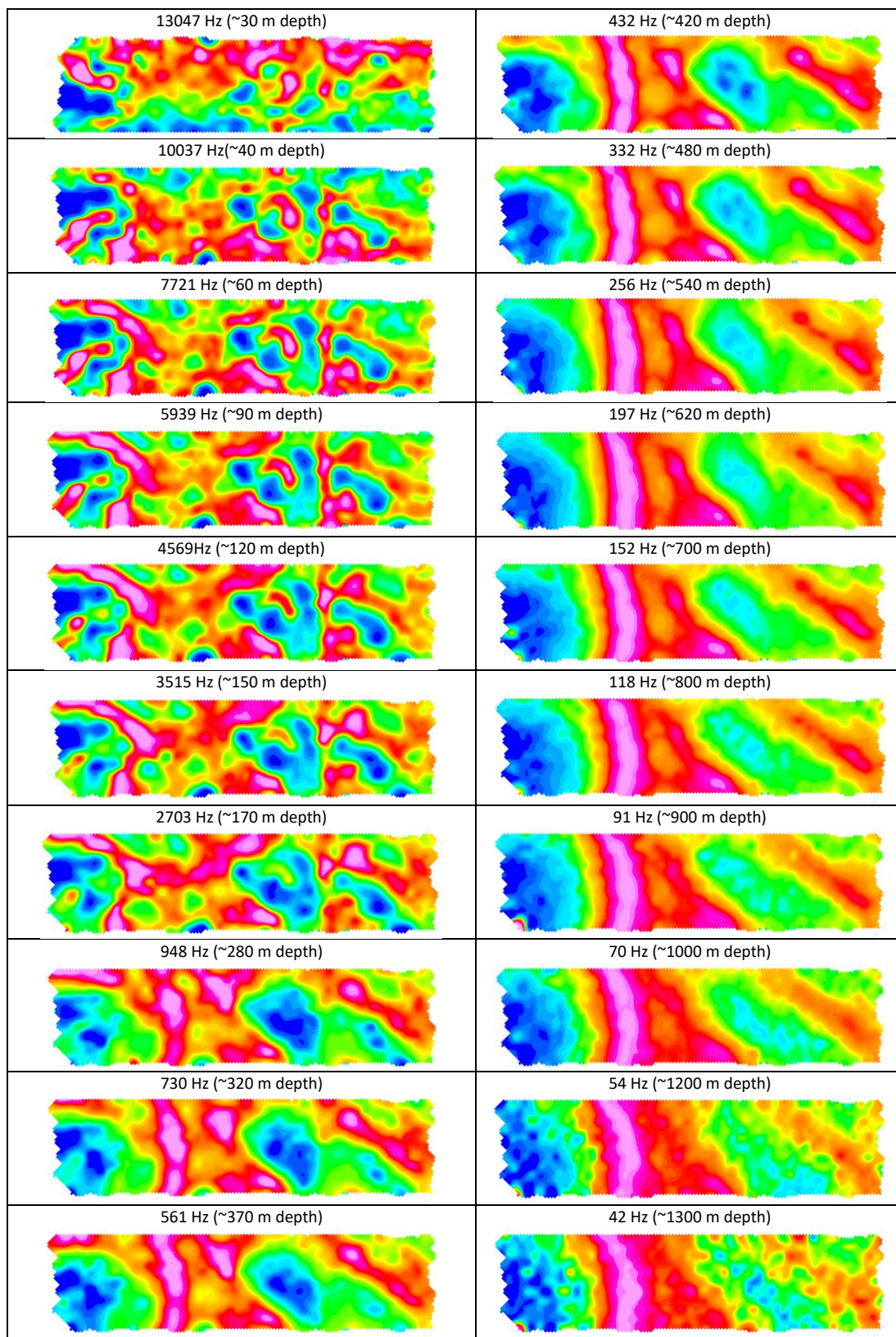


Рис 10: Гиды кажущейся удельной проводимости MobileMT (в плане) для 20ти частот, с оценкой глубины

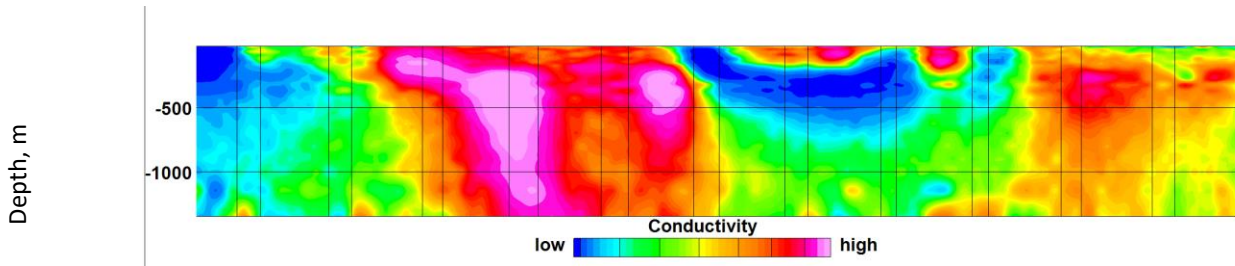


Рис 11: Разрез редуцированной проводимости вдоль съемочной линии L7520. См. Рис.7 для сравнения с оригинальным распределением кажущейся удельной проводимости по той же линии.

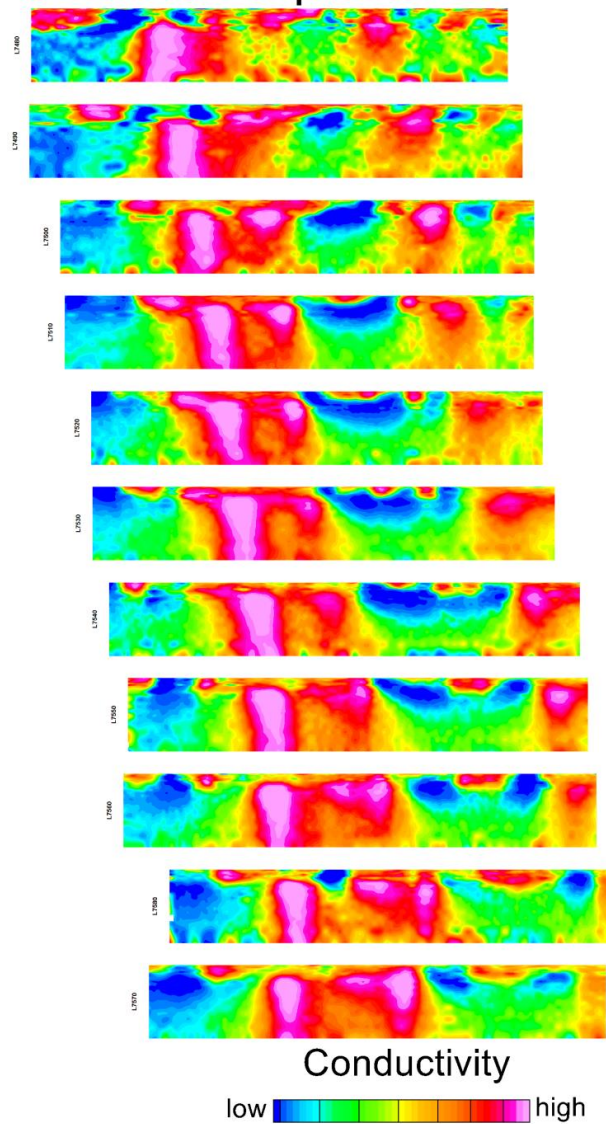


Рис 12: Разрезы редуцированной проводимости вдоль 11 съемочных линий. Диапазон глубины 0-1300 м.

Для выделения аномальной составляющей поля и представления её в виде разрезов, полиномиальная редукция была применена к данным MobileMT (Рис. 11, Рис.12). Но в этом случае, единицы проводимости

относительные и в некоторой степени носят качественный характер.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты данной тестовой съемки продемонстрировали способность MobileMT системы детального геоэлектрического картирования практически от поверхности до глубин более 1 км. Любая поисковая программа исследований, от региональной до детальной, получит большие преимущества от широкого частотного диапазона MobileMT (в четыре порядка!), высокого пространственного разрешения, как по глубине, так и по площади, низкого уровня шума системы, и комбинации измерений магнитной и электрической составляющих. Съемки MobileMT могут быть эффективны как в приложении к твердым полезным ископаемым, так и углеводородам. Метод может быть эффективным при решении следующих задач:

- Прямое детектирование электропроводных металлических руд, без ограничений по проводимости и глубине присущих МПП аэроэлектромагнитным системам;
- 3D сплошное глубинное геоэлектрическое и структурное картирование при поисках широкого набора МПИ: золота, PGM, полиметаллов, алмазов (кимберлитов);
- Обнаружение и картирование рудоносных систем включая порфировые;
- экономичный, быстрый и детальный способ решения проблем нерешаемых сейсмическим методом.
- расчленение осадочных толщ и исследования их структурных особенностей в 3D от поверхности до больших глубин.

## Использованная литература

Kaminski V., Di Massa D., Vezzoli A. (2016) Joint inversions of two VTEM surveys using quasi-3D TDEM and 3D magnetic inversion algorithms. *Exploration Geophysics*, 47(4) 260-268.

Kaminski, V. F., P. Kuzmin, and J. M. Legault (2010), The AirMT passive airborne EM system, presented at 3rd CMOS-CGU Congress.