

КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ М-ЗСБ И МТЗ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ EM-DATAPROCESSOR

Георгий Михайлович Тригубович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, доктор технических наук, профессор, научный руководитель геофизических исследований, тел. (383)222-53-24, e-mail: tgm@sniiggims.ru

Анастасия Александровна Белая

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, заведующая лабораторией, тел. (383)222-42-03, e-mail: nz1@ngs.ru

Антон Владимирович Чернышев

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)222-42-03, e-mail: chernshv@sniiggims.ru

Надежда Валерьевна Симанкович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, инженер, тел. (383)222-42-03, e-mail: nadya-simankovich@gmail.com

При интерпретации данных, получаемых в методе МТЗ, существует проблема учета неоднородной по проводимости верхней части разреза. Для ее изучения и параметризации проводят дополнительные исследования методом М-ЗСБ, после чего по данным МТЗ независимо оцениваются параметры глубинных объектов. В работе рассмотрены возможности программного комплекса EM-DataProcessor при проведении совместной интерпретации данных М-ЗСБ и МТЗ на примере модели участка регионального профиля.

Ключевые слова: EM-DataProcessor, нормализация данных МТЗ, комплексная 3D-интерпретация.

COMPLEX INTERPRETATION OF TEM AND MT DATA IN EM-DATAPROCESSOR PROGRAM

Georgiy M. Trigubovich

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Doctor of Science, Professor, Supervisor of Geophysical Research, tel. (383)222-53-24, e-mail: tgm@sniiggims.ru

Anastasiya A. Belaya

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Laboratory Manager, tel. (383)222-42-03, e-mail: nz1@ngs.ru

Anton V. Chernyshev

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Ph. D., Leading Researcher, (383)222-42-03, e-mail: chernshv@sniiggims.ru

Nadezhda V. Simankovich

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, engineer, tel. (383)222-42-03, e-mail: nadyasimankovich@gmail.com

In MT data interpretation there is a problem of accounting for nonuniform conductivity of the upper part of the section. For its parameterization additional studies using M-TEM are often conducted. After that the parameters of the underlying objects are independently estimated using MT data. The paper consider the capabilities of the EM-DataProcessor software for joint interpretation of the M-TEM and MT data based on the regional profile model example.

Key words: EM-DataProcessor, MT data normalization, complex 3D interpretation.

При интерпретации данных электроразведки в средах с неоднородной верхней частью разреза (ВЧР) часто возникают проблемы с определением параметров глубинных объектов [1, 2]. Для корректного изучения глубинной части разреза исследования проводят по технологии совместного использования М-ЗСБ и МТЗ, которая позволяет учесть неоднородность ВЧР и оценить параметры глубинных объектов. При такой технологии проведения электроразведочных работ необходимо программное обеспечение, которое позволило бы максимально быстро выполнять совместную трехмерную интерпретацию данных М-ЗСБ и МТЗ и получать результат в рамках единой модели среды.

Рассмотрим технологию комплексной интерпретации электроразведочных данных М-ЗСБ и МТЗ в программном комплексе EM-DataProcessor [3] на примере модели, построенной по данным, полученным на участке регионального профиля. Модель и схема наблюдений МТЗ приведена на рис. 1. Шаг съемки МТЗ – 1000 м, шаг съемки М-ЗСБ – 500 м, расстояние между генераторными петлями – 3500 м. Модель осложнена неоднородной ВЧР и наличием проводящих объектов в стороне от профиля.

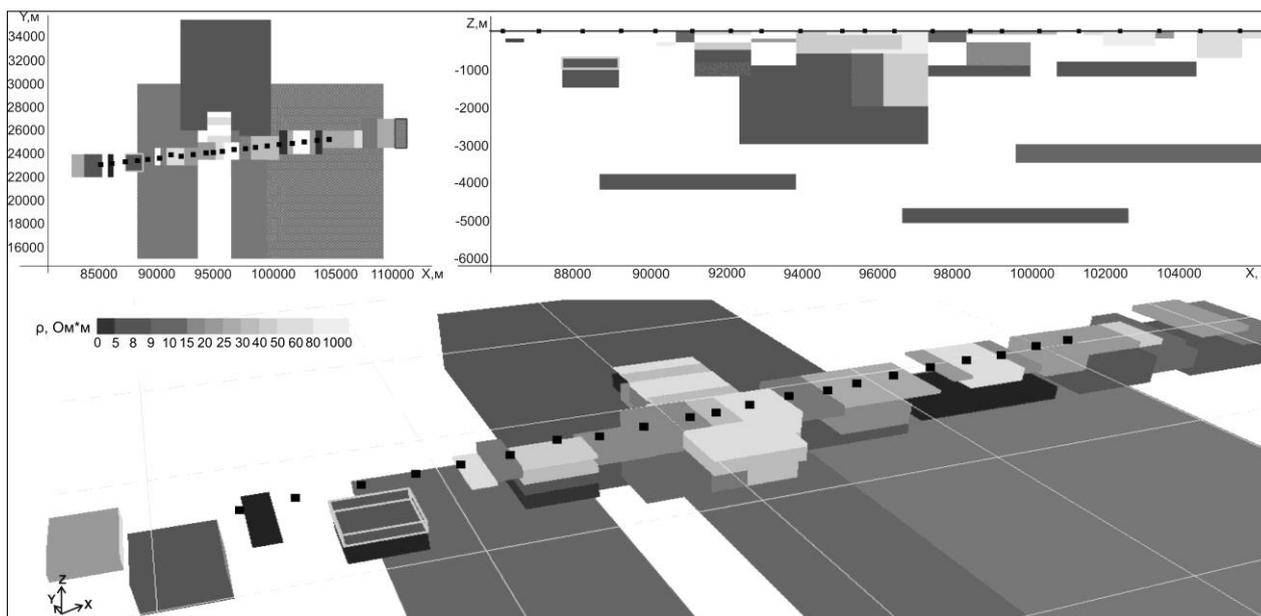


Рис. 1. Тестируемая трехмерная модель

Первым этапом интерпретации таких данных часто является 1D-инверсия. Результат полностью автоматической 1D-инверсии данных МТЗ в EM-DataProcessor изображен на рис. 2, из которого видно, что без выполнения процедуры нормализации данных МТЗ интерпретировать полученный разрез не представляется возможным. Для коррекции смещений графиков кажущихся сопротивлений, которые возникают из-за наличия локальных неоднородностей в ВЧР (Shift-эффект), часто прибегают к нормализации данных МТЗ [1].

Если мы располагаем только данными МТЗ, то нормализация проводится по среднему уровню в группе схожих кривых (близких по фазам). При такой нормализации искажается информация о ВЧР, которая хотя и не является целевым объектом исследования, но ее неточное восстановление может привести к существенному искажению глубинной части геоэлектрического разреза. Наиболее же корректным способом нормализации является использование данных М-ЗСБ, которые либо практически не реагируют на такого рода объективные помехи, либо дают достаточную информацию для их корректного учета. Поэтому следующим этапом интерпретации комплекса данных М-ЗСБ и МТЗ является инверсия данных М-ЗСБ.

В результате 1D-инверсии данных М-ЗСБ был получен геоэлектрический разрез, представленный на рис. 3. Как видно из рисунка, среда является существенно трехмерной, и для точной параметризации ВЧР необходимо проведение 3D-интерпретации, в результате которой был получен разрез, представленный на рис. 4.

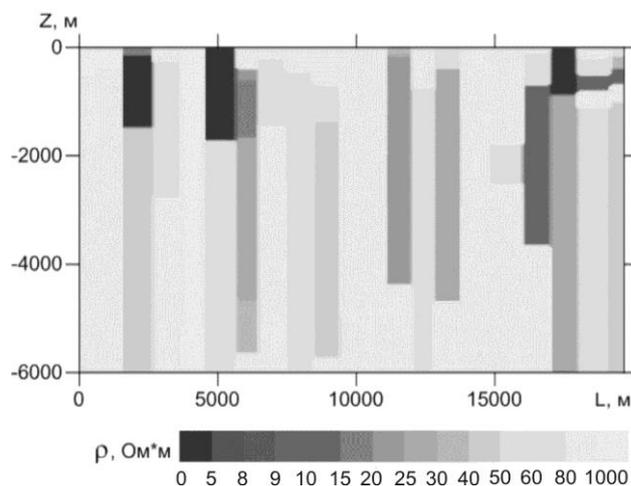


Рис. 2. Результат 1D-инверсии данных МТЗ по направлению ХУ

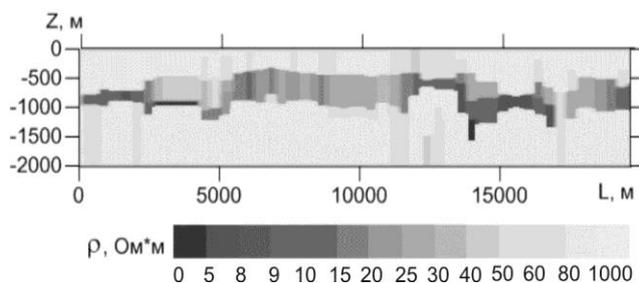


Рис. 3. Результат 1D-инверсии данных М-ЗСБ

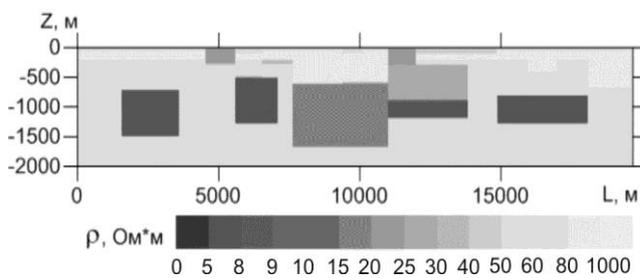


Рис. 4. Результат 3D-интерпретации данных М-ЗСБ

Далее проводится нормализация данных МТЗ с использованием 3D-модели, полученной по данным М-ЗСБ. Для этого рассчитывается прямая задача МТЗ для 3D-модели ВЧР и проводится совмещение рассчитанных и практических кривых кажущихся сопротивлений МТЗ в выбранном диапазоне частот. На рис. 5 приведены характерные кривые кажущихся сопротивлений до и после нормализации. Отметим, что нормализация, основанная на 3D-модели ВЧР, позволяет более адекватно интерпретировать глубинную часть исследуемой среды, а в рассматриваемом примере – даже по результатам 1D-инверсии. Так, на рис. 6 представлен геоэлектрический разрез, полученный в результате 1D-инверсии нормированных данных МТЗ, в сравнении с разрезом исходной модели. После нормализации в разрезе появился проводящий слой на глубине 3–5 км.

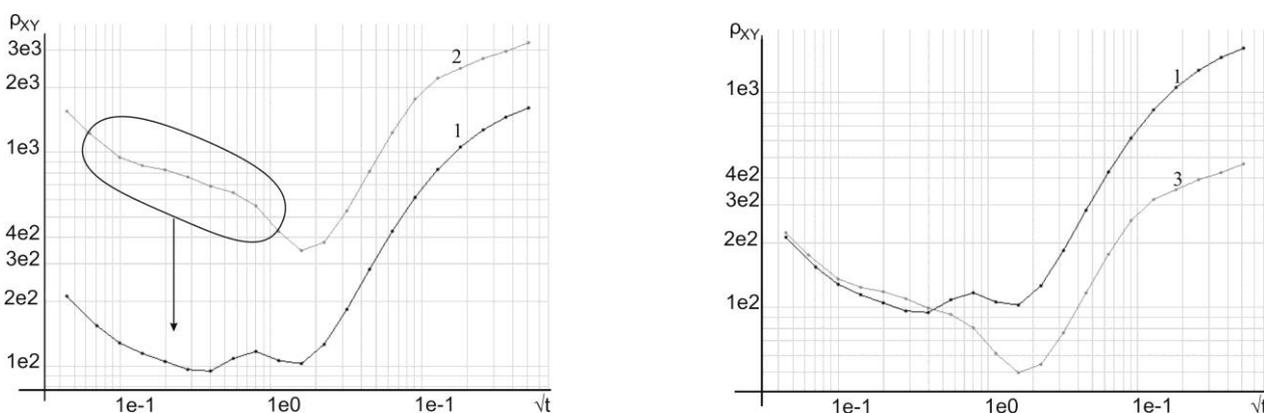
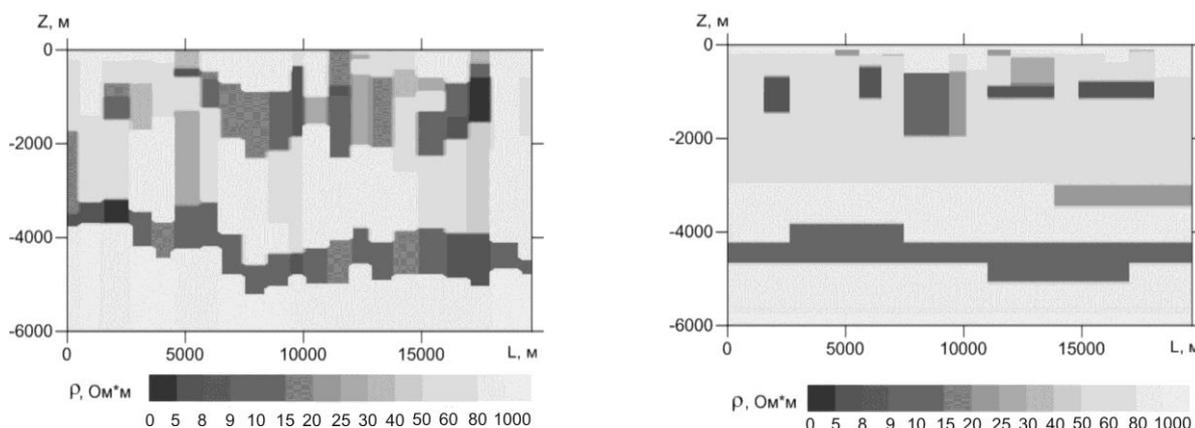


Рис. 5. Нормализация ρ_{XY} : кривая 1 получена путем расчета прямой задачи МТЗ от 3D-модели ВЧР; кривая 2 – экспериментальная; кривая 3 получена в результате нормализации в диапазоне $\sqrt{t} = 0.1..1 \text{ мс}^{1/2}$



а) геоэлектрический разрез по результатам 1D-инверсии нормированных данных МТЗ по направлению XY

б) геоэлектрический разрез по исходной 3D-модели

Рис. 6. Результат 1D-инверсии (МТЗ) в сравнении с тестируемой моделью

Для более качественной параметризации разреза далее проводится 3D-интерпретация данных МТЗ с фиксированной 3D-моделью ВЧР, полученной по данным М-ЗСБ. На этом этапе подбор выполняется только для глубинной части разреза. На рис. 7 приведены результаты 3D-интерпретации, полученные по данным МТЗ. Как видно из рисунка, в результате детализирована структура глубинной части разреза. Отличия в ВЧР обусловлены недостаточной плотностью измерений М-ЗСБ, а также влиянием объектов, расположенных сбоку от профиля [2]. Заметим, что осевая линия глубинного целевого горизонта, показанная на рис.7а пунктирной линией, и соответствующая суммарная продольная проводимость пласта на практике определяются с высокой точностью (2–3 % от глубины залегания), но в силу эквивалентности определить мощность таких пластов затруднительно без привлечения дополнительной информации (данные сейсморазведки, скважинные данные).

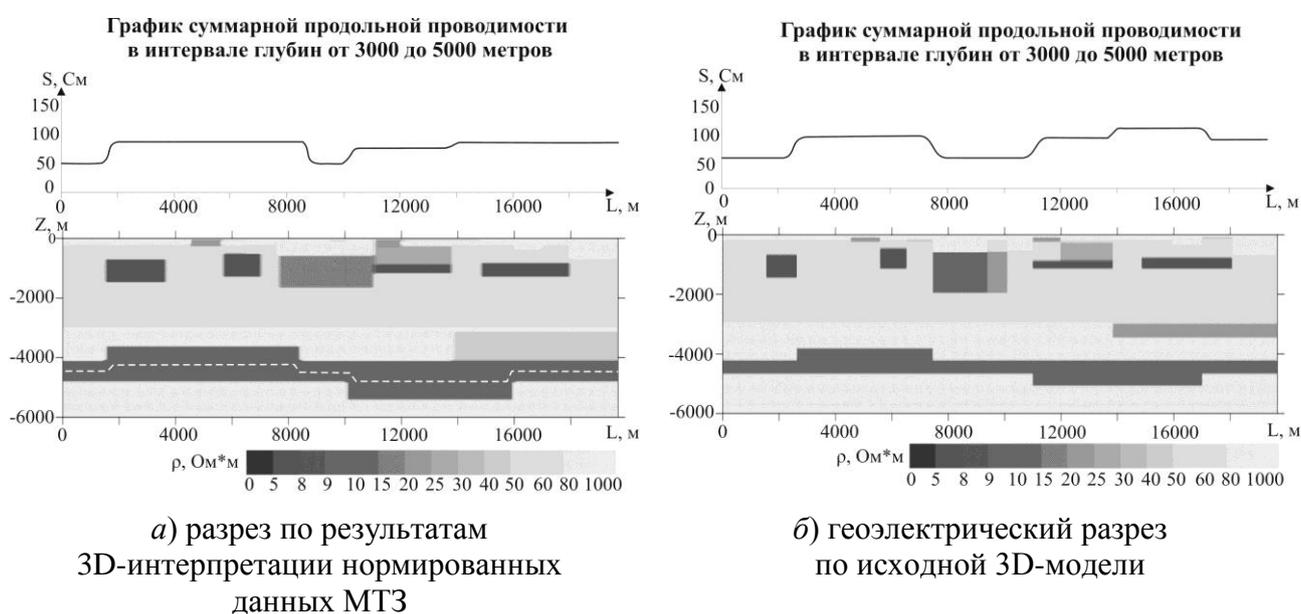


Рис. 7. Результат 3D-интерпретации нормированных данных МТЗ в сравнении с тестируемой моделью

Отметим также, что для учета влияния трехмерных неоднородностей в стороне от основного профиля необходимо применение адаптивной системы наблюдений М-ЗСБ: при превышении допустимого уровня невязки решения обратной задачи для горизонтально-слоистой среды в точках базового профиля проводят дополнительные измерения – «рассечки», ортогональные основному профилю. Дополнительные выносные измерения выполняются с целью параметризации искажающего фактора в ВЧР. При профильной системе наблюдений восстановить объекты в стороне от профиля невозможно.

Итак, совместная интерпретация данных М-ЗСБ и МТЗ в программном комплексе EM-DataProcessor позволяет повысить качество объемной реконструкции глубинной части разреза за счет детального восстановления неодно-

родной верхней части разреза по данным М-ЗСБ, нормализации данных МТЗ на основе полученной модели ВЧР и 3D-интерпретации глубинного строения среды по данным МТЗ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. - М.: Научный мир, 2009. - 668 с.

2. Персова М.Г., Соловейчик Ю.Г., Тригубович Г.М. Опыт применения 3D-моделирования для интерпретации профильных данных магнитотеллурических зондирований // Актуальные вопросы современных зондирующих электромагнитных систем. Международная конференция. - Киев, 2012. - [Электронный ресурс].

3. EM-DataProcessor: оперативная 3D-инверсия данных импульсной индуктивной электро-разведки / Г. М. Тригубович, А. В. Чернышев, А. В. Куклин, Я. Ф. Ковальский, А. С. Сверкунов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 3. – С. 100–105.

© Г. М. Тригубович, А. А. Белая, А. В. Чернышев, Н. В. Симанкович, 2015