

Ю. Г. Карин¹, Е. В. Балков¹, Д. И. Фадеев¹*

Подходы к обработке данных электромагнитного площадного профилирования

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: Karinyg@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Создание более производительных технологий электромагнитного профилирования приводит к изменению условий эксплуатации аппаратуры, что, в свою очередь, приводит к развитию подходов в обработке данных. Например, увеличение скорости перемещения аппаратуры по профилю приводит к нестабильному ее положению относительно дневной поверхности. Для стабилизации этой высоты применяются специальные стеклопластиковые сани, на которых монтируется аппаратура и перемещается за транспортным средством. Для увеличения области покрытия за один проход применяется группирование нескольких приборов в одну измерительную установку. Несмотря на однотипность применяемого оборудования, могут возникнуть изменения уровня регистрируемого сигнала, индивидуальные для каждого прибора, не связанные с изменением электрического сопротивления исследуемой среды. В работе рассмотрены подходы к обработке данных, полученных измерительной установкой из трех приборов Геовизер, на примере археологического памятника Чича-1.

Ключевые слова: электромагнитное профилирование, обработка данных, частотная фильтрация

Y. G. Karin¹, E. V. Balkov¹, D. I. Fadeev¹*

Approaches to processing electromagnetic area profiling data

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: Karinyg@ipgg.sbras.ru

Abstract. The creation of more productive electromagnetic profiling technologies leads to changes in the operating conditions of the equipment, which in turn leads to the development of approaches to data processing. For example, an increase in the speed of movement of the equipment along the profile leads to an unstable position relative to the day surface. To stabilize this height, special fiberglass sleds are used, on which the equipment is mounted and moved behind the vehicle. To increase the coverage area in one pass, grouping several instruments into one measuring setup is used. Despite the uniformity of the equipment used, changes in the level of the recorded signal may occur, individual for each device, not associated with changes in the electrical resistance of the medium under study. The work discusses approaches to processing data obtained by a measuring setup consisting of three similar Geoviser devices, using the example of the archeological site Chicha-1.

Keywords: electromagnetic profiling, data processing, frequency filtering

Введение

Малоглубинные аппаратурные реализации электромагнитного профилирования, функционирующие в частотной области, широко распространены и при-

меняются, в том числе на археологических памятниках, особенно за рубежом [1, 2]. Специфика исследования археологических объектов электромагнитным профилированием такова, что необходимо произвести измерения на большой площади (более 10 000 м²) или с плотным шагом (менее 1 метра по профилю) в течение одного-двух рабочих дней, пока погодные условия не повлияли на электрические свойства исследуемого объекта. В противном случае могут возникнуть проблемы из-за разного уровня регистрируемых сигналов от среды с изменившимся удельным электрическим сопротивлением (УЭС). К тому же сокращение времени, затраченного на проведение полевых работ, существенно сокращает финансовые расходы. Именно, поэтому развитие технологии электромагнитного профилирования идет по пути увеличения скорости перемещения аппаратуры, применению высокоточных GNSS приемников для привязки измеренных данных и использования специальных немагнитных санок, буксируемых за автомобилем или другим транспортным средством.

Однако изменение в условиях применения аппаратуры электромагнитного профилирования приводит к появлению новых источников помех. Так, например, измерение в непрерывном режиме, когда оператор не останавливается на каждом пикете для проведения измерения, приводит к нестабильному расстоянию от аппаратуры до дневной поверхности. В связи с изменением этого расстояния меняется уровень регистрируемого аппаратурой сигнала. В результате карты распределения регистрируемого сигнала по исследуемой площади сильно зашумлены [3].

Колебательный контур генератора настраивается в резонанс на необходимую частоту подключением конденсатора соответствующей емкости. Для каждого колебательного контура в разных приборах применяется свой набор конденсаторов. Из-за изменения температуры конденсаторов в процессе работы могут наблюдаться различные эффекты, которые будут выражаться в изменении начальной фазы или амплитуды прямого поля генератора. Для учета описанных эффектов применяются различные нормировки регистрируемого сигнала. Тем не менее не всегда удается добиться необходимой стабильности аппаратуры, изменения регистрируемого сигнала могут быть связаны не только с изменением УЭС изучаемой среды. Особенно отчетливо это, может быть, заметно, когда для исследований применяется сразу несколько приборов, которые работают последовательно один за другим.

На примере результатов полевых исследований археологических объектов в представленной работе показаны подходы к обработке данных электромагнитного профилирования аппаратурой Геовизер.

Методы и материалы

Для исследований методом электромагнитного профилирования (ЭМП) применялась аппаратура Геовизер – двухкатушечный зонд с геометрическим способом компенсации прямого поля [4, 5]. Измерительная установка содержала три прибора Геовизер, установленные на специальные стеклопластиковые сани (рис. 1). Профилирование выполнялось на частоте 100 кГц, измерения выполня-

лись приборами по очереди с паузой между измерениями в 20 мс. Измерительная установка перемещалась по территории археологического памятника за автомобилем со скоростью 10-15 км/час. Привязка данных осуществлялась с помощью дифференциального GPS-приемника.

Обработка данных осуществлялась в программе GVZ_v2.25 (ИНГГ СО РАН). Основные функции этой программы заключаются в визуализации полученных данных, нормировке измеренного сигнала на ток и учет изменения начальной фазы генератора. Затем данные экспортировались в текстовом формате в программу Powergraph (<http://www.powergraph.ru>), в которой производилась частотная фильтрация. Суть операции в том, чтобы использовать частотные фильтры для уменьшения вклада низкочастотных колебаний измеренного сигнала, не связанных с изменением УЭС среды.

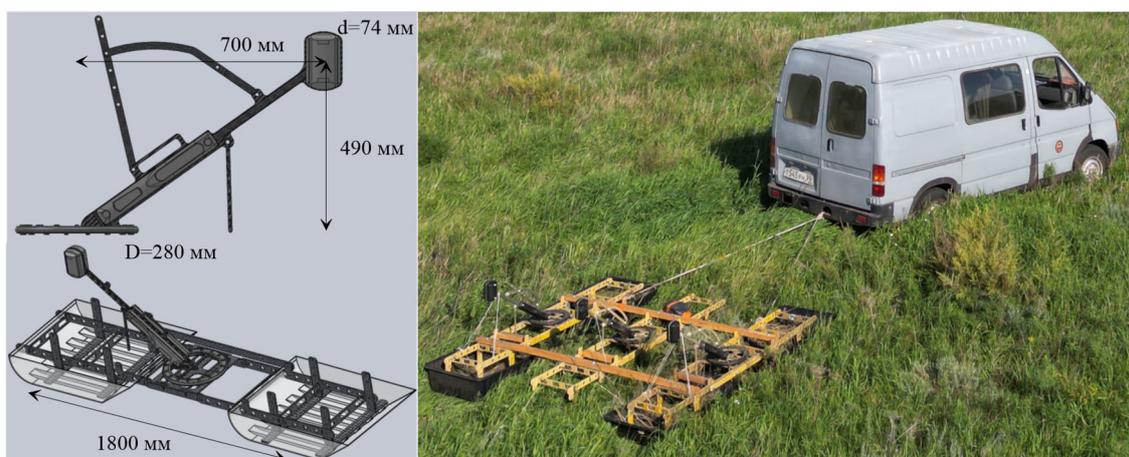


Рис. 1. Трехмерные модели аппаратуры Геовизер и саней для ее транспортировки (а, б) и фотография процесса полевой съемки сборкой из 3 приборов (в)

Визуализация результатов после фильтрации осуществляется в программе Serfer (Golden Software, США).

Результаты

Апробация подходов к обработке данных ЭМП была выполнена на археологическом памятнике, не имеющем выраженных рельефных признаков, но с существенным контрастом искомых объектов по уровню регистрируемого сигнала к вмещающей среде.

Памятник Городище Чича-1 находится в Здвинском районе Новосибирской области, на берегу оз. Малая Чича. Поселение функционировало в эпоху поздней бронзы и переходное от бронзы к железу время (XIV-VIII вв. до н.э.). На памятнике неоднократно производилась геофизическая съемка в разные периоды времени [6, 7]. На участке исследования жилищные западины и укрепления не выделяются в рельефе, но их геометрические размеры и расположение достоверно известно по результатам прошлых исследований.

На рис. 2 показаны распределения сигналов трех приборов Геовизера, сведенных в единую карту до частотной фильтрации (а) и после частотной фильтрации (б). Для уменьшения зернистости в областях пересечения траекторий движения приборов было дополнительно применено сглаживание двумерным фильтром в программе Surfer.

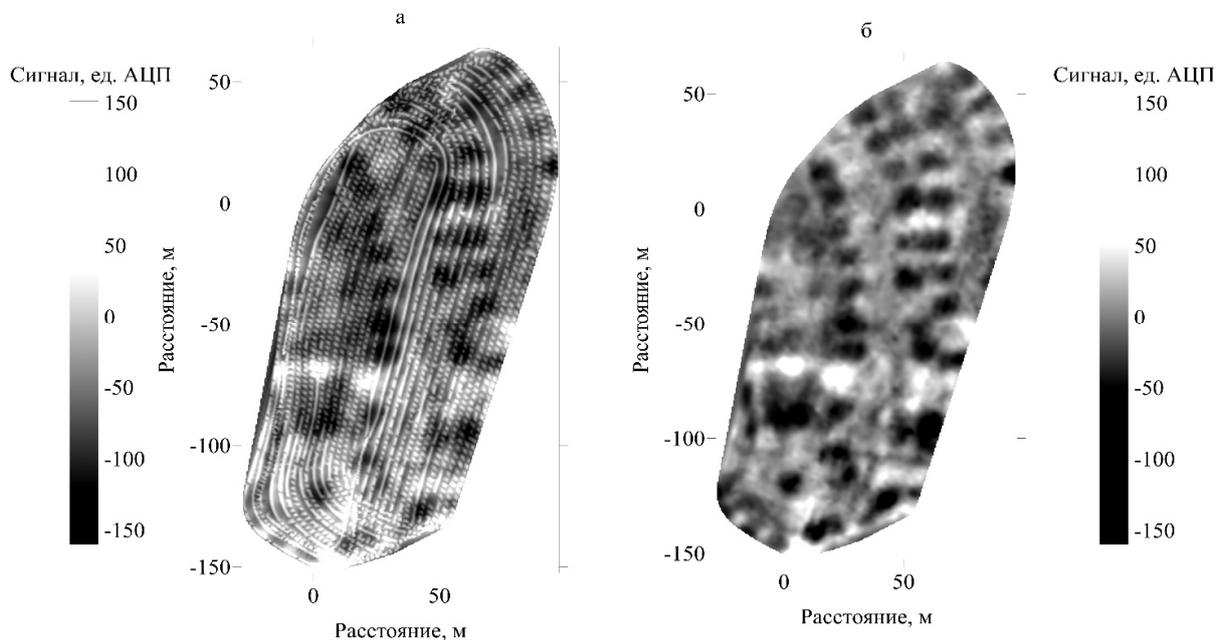


Рис. 2. Карты распределения реальной компоненты сигнала аппаратуры Геовизер до (а) и после (б) частотной фильтрации

Обсуждение

В результате проведенных полевых экспериментов было установлено, что применяемые подходы позволяют снизить влияние собственного дрейфа приборов и учесть различия в настройке аппаратуры без применения калибровки отдельно каждого прибора. Это, в совокупности со способом проведения полевой съемки, позволяет получить карту распределения регистрируемого сигнала по площади в 20 000 м² за время менее 4 часов. Расстояние между точками наблюдения по профилю при этом составило не более 2 м, между профилями 1 м. Однако калибровка аппаратуры все же потребуется, если необходимо получать информацию в кажущихся сопротивлениях.

Заключение

Разрабатываемое в ИНГГ СО РАН программное обеспечение GVZ_v2.25 успешно прошло испытание в работе с полевыми данными. Учет смещения начальной фазы генератора, нормировка регистрируемого сигнала на ток генератора и последующая низкочастотная фильтрация дают возможность получать качественную картину распределения регистрируемого сигнала по исследуемой площади. В том числе, и при применении сразу трех однотипных приборов Геовизер.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта НИР: FWZZ-2022-0025.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Christiansen A. V. et al. Improved geoarchaeological mapping with electromagnetic induction instruments from dedicated processing and inversion // *Remote Sensing*. – 2016. – Vol. 8. – № 12. – P. 1022.
2. Turner J. R., Stine R. S., Stine L. F. A comparison of ground-penetrating radar, magnetic gradiometer and electromagnetic induction survey techniques at House in the Horseshoe State Historic Site // *Journal of Archaeological Science: Reports*. – 2018. – Vol. 20. – P. 33-46.
3. Карин Ю. Г. Применение цифровых частотных фильтров для постобработки данных электромагнитного профилирования и аэрофотосъемки // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь – XIX Международный научный конгресс. Международная научная конференция "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология"*: Сборник материалов в 8 т. (г. Новосибирск, 17-19 мая 2023 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2023. – Т. 2. – № 3 – С.117-122.
4. Карин Ю. Г., Балков Е. В., Фадеев Д. И., Манштейн А. К., Панин Г. Л., Алымов А. О., Романов Д. Б. Электромагнитное профилирование компактной аппаратурой: новый подход и результаты применения. // *Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии*. – 2018. – Т. 16. – № 4. – С. 68-78.
5. Балков Е. В., Фадеев Д. И., Карин Ю. Г., Манштейн А. К., Манштейн Ю. А., Панин Г. Л. Новый подход к малоглубинным электромагнитным зондированиям // *Геология и геофизика*. – 2017. – Т. 58. – № 5. – С. 783-791.
6. Молодин В. И. и др. Чича – городище переходного времени от бронзы к железу в Барабинской лесостепи. – Новосибирск: ИАЭТ СО РАН, 2009. – 240 с.
7. Балков Е. В., Карин Ю. Г., Позднякова О. А., Фадеев Д. И., Шапаренко И. О. Комплексование аэрофотосъемки, электромагнитного профилирования и электротомографии для изучения древних археологических поселений и городищ Новосибирской области // *Геофизика*. – 2023. – № 1. – С. 26-33.

© Ю. Г. Карин, Е. В. Балков, Д. И. Фадеев, 2024