

А.К.ВОЛКОВИЦКИЙ, ведущий инженер, *akv@gtcomp.ru*
Е.В.КАРШАКОВ, канд. физ.-мат. наук, ведущий инженер, *karsh@gtcomp.ru*
Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Москва
Е.В.МОЙЛАНЕН, магистрант, *moilanen@mail.ru*
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

A.K.VOLKOVITSKIY, leading engineer, *akv@gtcomp.ru*
E.V.KARSHAKOV, PhD in phys. & math. sc., leading engineer, *karsh@gtcomp.ru*
Institute of Control Sciences RAS, Moscow
E.V.MOYLANEN, undergraduate student, *moilanen@mail.ru*
Lomonosov Moscow State University

НОВАЯ ВЕРТОЛЕТНАЯ АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНАЯ СИСТЕМА «ЭКВАТОР» ДЛЯ АЭРОМЕТОДА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Геофизические методы, особенно электромагнитные, успешно используются для обнаружения промышленного содержания цветных и драгоценных металлов в рудных телах. Разновидностью индуктивных методов электроразведки является аэроэлектроразведка. Существует несколько вариантов аэроэлектроразведки и все они основаны на измерении магнитной компоненты поля. Новым словом в отечественном приборостроении является вертолетная аэроэлектроразведочная система «Экватор». При практически идентичном качестве данных система выгодно отличается от аналогов по себестоимости съемки.

Ключевые слова: аэроэлектроразведка, метод переходных процессов, система «Экватор».

NEW HELICOPTER-BORNE TIME-DOMAIN AIRBORNE ELECTROMAGNETIC «EQUATOR» SYSTEM

Geophysical methods, particularly electromagnetic methods, have been very successfully applied for purpose economic base metal and precious metal ore bodies discovering. Airborne electromagnetics is one of electroprospecting methods. There are several types of airborne electromagnetics variants. All of them measure magnetic part of the electromagnetic field. The achieved goal of the native instrument-making industry is helicopter-borne time-domain electromagnetic «Equator» system. Having practically the same quality of the data, the system favorably differs from analogues on prime-cost surveying.

Key words: airborne electromagnetics, time-domain, system «Equator».

При нынешнем многообразии методов электроразведки для обнаружения и оконтуривания рудного месторождения (например, методы вызванной поляризации, магнитотеллурики, становления поля) окончательное решение о проведении съемки тем, а не другим методом решается, исходя из соотношения цена – качество. До настоящего

времени применение аэроэлектроразведки на участках в несколько квадратных километров было делом чрезвычайно дорогим и невыгодным. Поэтому перед новой системой ставились следующие задачи:

- эффективность системы на широком спектре разрезов, так как традиционный аэрометод переходных процессов (АМПП)

хорошо работает только на изолирующих разрезах;

- мобильность системы (вся установка должна быть легкой и компактной и допускать перевозку на одном легковом автомобиле);

- универсальность (крепление системы на внешней подвеске вертолета без изменений в конструкции летательного аппарата);

- возможность производить съемку с высокой (до 170 км/ч) скоростью.

Тестовый полет готовой системы был произведен в январе 2010 г. (рис.1).

Техническое описание. АМПП отличается применением импульсных полей. Для возбуждения поля переходных процессов необходимо создать импульсное переключение тока в питающей (генераторной) петле [3]. В системе «Экватор» для возбуждения применяется сигнал в форме обрезанного полусинуса длительностью около 1,3 мс. Благодаря такой форме сигнала удается повысить амплитуду высокочастотных гармоник поля и получить кондиционные данные и на изолирующих, и на проводящих разрезах. Базовая частота возбуждения 77 Гц.

В качестве источника поля используется четырехвитковая рамка, установленная на легкий каркас (рис.1). Приемник системы «Экватор» производит непрерывную регистрацию сигнала тремя приемными рамками, расположенными по ортогональным осям в гондоле, буксируемой на тросе (рис.2). Расстояние между генераторной рамкой и приемником около 35 м. В той же гондоле устанавливается квантовый магнетометр.

Система обработки сигнала требует калибровки и определения взаимного расположения передатчика и приемника. Для этих целей на передатчике устанавливаются две дополнительные петли, в каждую из которых подается ток определенной частоты, не входящей в спектр возбуждающего сигнала. Для высот более 500 м, где отклик от земли мал, подбираются поправочные коэффициенты. Так как коэффициенты подбираются автоматически бортовым компьютером, на эти процедуры уходит 2-3 мин. Измерение поля трех диполей, составляющих линейно

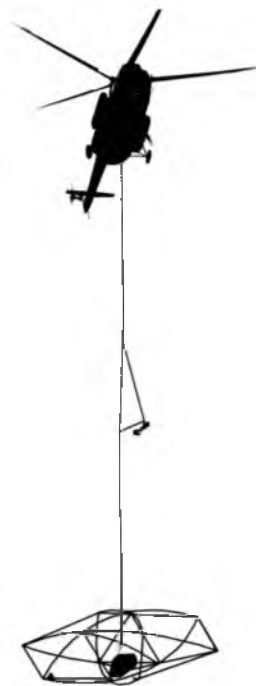


Рис.1. Вертолетная аэроэлектроразведочная система «Экватор»

независимую комбинацию векторов, позволяет определить компоненты радиус-вектора передатчик – приемник с точностью не хуже 10 см [2].

Стабильность системы обеспечена введением специального эталонного сигнала, осуществляющего амплитудно-фазовое сопровождение, в результате чего достаточно производить калибровку один раз за вылет.

Технические характеристики системы «Экватор» следующие:

Пиковый дипольный момент, А·м ²	50 000
Частота возбуждения, Гц	77
Форма импульса	Полусинус
Длина буксировочного кабеля, м	70
Диаметр петли передатчика, м	7,5
Общий вес системы, кг	250
Диапазон временных измерений	От 5 мкс до 4 мс
Диапазон частот приемника, Гц	77-12 000
Чувствительность, ppm	30
Энергопотребление, А (В)	150 (27)
Скорость буксировки, км/ч	До 170

Благодаря высокоточной стабилизации сигналов системы стала возможной регистрация отклика на очень ранних временах,

начиная с 5 мкс. В итоге выходными параметрами системы «Экватор» являются изменения поля (поле B) в 14 временных окнах после выключения тока. Кроме того, стало возможным осуществлять частотное детектирование на 14 гармониках спектра возбуждения. Это почти все нечетные гармоники основной частоты от 77 Гц до 1,7 кГц, а также частот 3, 6 и 12 кГц. Выделение синфазной компоненты отклика проводилось в соответствии с разработанной для частотных систем методикой [1].

Моделирование отклика над слабопроводящими разрезами. Широкий диапазон детектируемых частот и регистрация отклика на ранних временах открывают новые возможности и существенно расширяют сферу применения системы «Экватор». Для иллюстрации приведем результаты моделирования отклика над характерной для Якутии кимберлитовой трубкой. Модель трубки представляет собой цилиндр с удельным сопротивлением 100 Ом·м, помещенный в среду 600 Ом·м. Все это покрыто тонким прово-

дящим слоем глины. Кроме того, над трубкой имеется глиняная шапка мощностью 10 м и удельным сопротивлением 50 Ом·м. Сверху мощный, 40-метровый, слой трапов.

Отклики представлены в виде псевдорезов кажущегося сопротивления (рис.3, а). На рис.3, б показаны результаты моделирования на той же модели, но при отсутствии самой трубки. Как можно видеть, система «Экватор» обладает достаточной чувствительностью, чтобы отличить факт наличия трубки от простого увеличения мощности проводящего слоя глины.

Результаты тестирования позволяют с уверенностью говорить о том, что «Экватор» займет достойное место в ряду аэроэлектроразведочных систем. Особенности конфигурации передатчика позволяют выполнять съемку со скоростью до 170 км/ч, не достижимой ни для одного из аналогов этой системы в мире. Кроме того, ее малая масса делает возможным использование небольших вертолетов (например, Ка-26).

ЛИТЕРАТУРА

1. Волковицкий А.К. Определение полного вектора отклика в частотных аэроэлектроразведочных системах с жесткой базой / А.К.Волковицкий, Е.В.Каршаков, Е.В.Мойланен // Мат. 4-й Всерос. школы-семинара по электромагнитным зондированиям Земли. М., 2009.
2. Павлов Б.В. Низкочастотная электромагнитная система относительной навигации и ориентации / Б.В.Павлов, А.К.Волковицкий, Е.В.Каршаков // Мат. 16-й Санкт-Петербургской междунар. конф. по интегрированным навигационным системам. СПб, 2008.
3. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования. М., 1988.

REFERENCES

1. Volkovitskiy A.K., Karshakov E.V., Moylanen E.V. Defining full vector response in frequency domain airborne electromagnetic system with base (in Russian) // Materials of IV Russian school-seminar on Earth electromagnetic sounding. Moscow, 2009.
2. Pavlov B.V., Volkovitskiy A.K., Karshakov E.V. Low-frequency electromagnetic system on relative navigation and orientation // Materials of 16 Saint Petersburg international conference on integrated navigational systems. Saint Petersburg, 2008.
3. Khmelevskoy V.K. Geophysical methods of investigation // Moscow, 1988.