

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

XIII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2017

Международная научная конференция

**НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ. ГОРНОЕ ДЕЛО.
НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА,
РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ЭКОНОМИКА.
ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Т. 3

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2017

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, академик РАН,
директор Института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

М. И. Энов

Доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, председатель Президиума
Кемеровского научного центра СО РАН, Кемерово; научный руководитель Института
нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

А. Э. Конторович

Кандидат технических наук, директор Института горного дела
им. Н. А. Чинакала СО РАН, Новосибирск

А. С. Кондратенко

Кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор АО «СНИИГГиМС», Новосибирск

А. С. Ефимов

Начальник департамента по недропользованию по Сибирскому федеральному
округу Федерального агентства по недропользованию «Роснедра», Новосибирск

А. И. Неволько

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля
2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное
дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторожде-
ний полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т.
Т. 3. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 239 с.

ISBN 978-5-906948-28-1 (т. 3)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

В сборнике опубликованы материалы XIII Международного научного конгресса
«Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017», представленные на Международной научной конферен-
ции «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и раз-
работки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 622

ISBN 978-5-906948-28-1 (т. 3)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

© СГУГиТ, 2017

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ КРУГОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИПОЛЯ

Аркадий Владимирович Злобинский

«Научно-техническая компания ЗаВеТ-ГЕО», 630102, Россия, Новосибирск, ул. Восход, 26/1, оф. 56, кандидат технических наук, генеральный директор, тел. (903)935-22-87, e-mail: zlobinskyav@newmail.ru

Владимир Сергеевич Могилатов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории геоэлектрики; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, профессор кафедры геофизики, тел. (913)912-43-36, e-mail: mvecs@yandex.ru

Недропользователи ставят все более сложные задачи перед геофизиками. Для расширения возможностей электроразведки необходимо использовать электромагнитное поле ТМ-поляризации. Важной составляющей применения поля ТМ-поляризации является измерение электрической компоненты электромагнитного поля, которая имеет уникальные свойства.

Ключевые слова: переходные процессы, электроразведка, электрическая компонента, ЗВТ, ТМ-поляризация.

MEASUREMENTS OF ELECTRICAL COMPONENTS WITH USING CIRCULAR ELECTRIC DIPOLE

Arkadiy V. Zlobinskiy

«STC ZaVeT-GEO», 630102, Russia, Novosibirsk, 26/1 Voskhod St., of. 56, Ph. D., General Manager, tel. (903)935-22-87, e-mail: zlobinskyav@newmail.ru

Vladimir S. Mogilatov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, D. Sc., Principal Scientist Officer of the Laboratory of Geoelectrics; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., Professor of Geophysics, tel. (913)912-43-36, e-mail: vecs@yandex.ru

There are more challenges for geophysicists. To expand electrical prospecting capabilities necessary to use an electromagnetic field Tm-polarization. An important part of the application field of Tm-polarization is the measurements of the electrical component of the electromagnetic field, which has unique properties.

Key words: electrical prospecting, VECS, TEM, electrical component, TM-polarization.

Введение

Задачи, которые ставят недропользователи перед геофизиками, становятся все сложнее. Методики работ, применяемые электроразведчиками, развиваются.

За последнее время классическая электроразведка сделала ряд существенных шагов вперед.

1. Благодаря возможности компьютерной обработки материалов расположение генераторных и принимающих систем сейчас весьма разнообразны.

2. Обработывается больше информации, например, от одного источника измеряется несколько переходных процессов в различных точках.

3. Применяется трехмерный подход к интерпретации.

4. Усложняются способы визуализации материала.

К сожалению, большинство электроразведчиков пока игнорирует тот факт, что способ возбуждения электромагнитного поля в среде остается традиционным и преимущественно используется поле только ТЕ-поляризации. Между тем давно предложен новый источник электромагнитного поля – круговой электрический диполь (КЭД) [5, 6] – и проведено множество работ с его использованием [7]. Метод, который использует КЭД в качестве источника электромагнитного поля, называется зондирования вертикальными токами – ЗВТ.

С использованием ЗВТ проведено уже достаточно много исследований. Основной упор в работах с методом ЗВТ делался на измерения магнитных компонент электромагнитного поля – $\partial B_z / \partial t$, в последнее время все больше измеряется компонента $\partial B_\phi / \partial t$. В последних рудных работах измерение этой компоненты достигает тех же объемов, что и измерение поля $\partial B_z / \partial t$ [1–4, 9].

Использование электрической компоненты

Остановимся на измерении электрической компоненты электромагнитного поля. С измерения электрического поля начиналось развитие ЗВТ [11]. В последующих работах в основном измерялись магнитные компоненты, но при использовании ЗВТ важно и измерение электрического градиента. В цилиндрической системе координат электрическое поле КЭД в одномерной среде имеет компоненты E_r и E_z . На дневной поверхности – только E_r . Электрическое поле КЭД на дневной поверхности является «нормальным», одномерного происхождения. Данные измерений приемной радиальной линией позволяют провести послойную интерпретацию, т. е. компонента E_r является откликом одномерной вмещающей среды при работе с КЭД в качестве источника. У электрической компоненты поля КЭД есть также ряд очень интересных и полезных свойств, необычных для классической электроразведки. Обсудим некоторые из них.

1. Резкая смена характера сигнала при наличии трехмерных объектов в горизонтально-слоистой среде.

2. Высокая чувствительность сигналов к параметрам поляризации среды. Эта особенность использования ЗВТ несколько раз обсуждалась, например, в [10]. Высокую чувствительность электромагнитного поля ТМ-поляризации к параметрам поляризации активно использует метод ДНМЭ.

3. Высокая чувствительность сигналов к непроводящим слоям. Эта особенность ЗВТ также несколько раз обсуждалась, например, в [11]. Высокую

чувствительность электромагнитного поля ТМ-поляризации к непроводящим слоям активно использует метод CSEM.

Высокую чувствительность E_r компоненты метода ЗВТ к параметрам поляризации и непроводящим слоям можно проверить, используя распространенные программы для моделирования сигналов зондирований становлением, например, программу “Выбор ЗС” [8]. Используя распространенные в практике электроразведчиков программы и модели, можно убедиться в справедливости этих утверждений. При проведении расчетов можно использовать распространенные горизонтально-слоистые модели, в которых каждый слой среды обладает мощностью, изотропным удельным сопротивлением и параметрами поляризации в рамках модели COLE-COLE.

Резкую смену сигнала при наличии трехмерных объектов в горизонтально-слоистой среде в рамках активно используемых в практике моделей объяснить не удастся. Это экспериментальный факт, который был зарегистрирован при проведении работ на кимберлитовых трубках и полиметаллических месторождениях. Мы пытались объяснить такой характер сигналов, используя программы для расчета сигналов с учетом трехмерных включений, но все расчеты демонстрируют только небольшую аномалию в сигналах, что не соответствует наблюдаемым значениям.

На рис. 1 приведены измеренные кривые на различных пикетах.

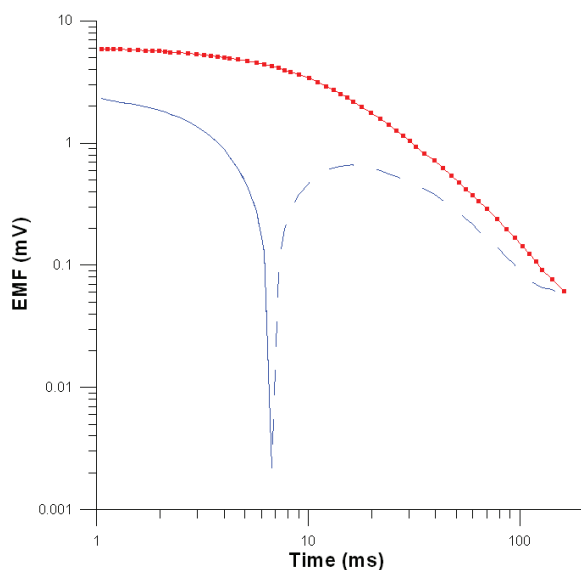


Рис. 1. Пикет 01_01 – красная, 09_05 синяя

Исследуемая площадь находилась в Восточном Казахстане, объектом поисков было месторождение полиметаллических руд. Кривая в пикете 01_01 не имеет переходов через 0 и хорошо подбирается в рамках горизонтально-слоистого разреза без учета параметров поляризации. Кривая в пикете 09_05 имеет переход через ноль, нам не удалось подобрать среду для этой кривой, хотя мы использовали параметры поляризации. Такое существенное изменение

характера сигнала невозможно объяснить погрешностями аппаратуры. Сигнал на границе объекта меняется существенно, не на доли %, это изменение легко измерить любой аппаратурой. Проведенные нами расчеты с привлечением трехмерных задач дают незначительное изменение в характере кривой, всего на несколько процентов, и не содержат переходы через ноль.

На рис. 2 приведено распределение сигналов E_r на изучаемой площади в Восточном Казахстане. На рисунке хорошо видно, что ближняя к КЭД граница объектов хорошо совпадает с границей, по которой наблюдается переход через ноль в сигналах E_r .

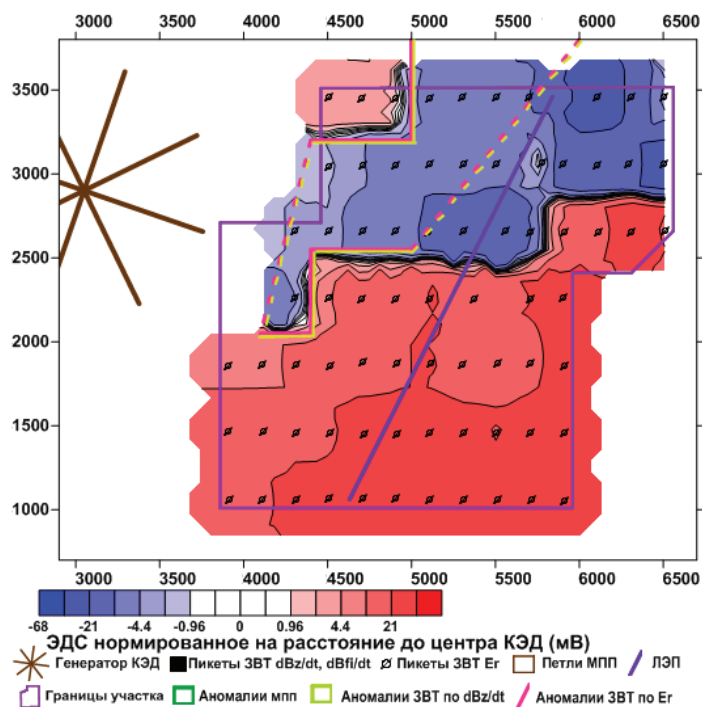


Рис. 2. Площадные сигналы ЗВТ. Компонента E_r время 111 мс

Выводы

Необходимо развивать измерение электрических компонент электромагнитного поля при проведении работ методом ЗВТ. Эти измерения обладают существенным потенциалом:

- 1) высокой чувствительностью сигналов к параметрам поляризации среды;
- 2) высокой чувствительностью сигналов к непроводящим слоям;
- 3) резкой сменой характера сигнала при наличии трехмерных объектов в горизонтально-слоистой среде.

Два первых свойства укладываются в рамки существующих теорий, принятых в электроразведке, и эти особенности поля ТМ-поляризации признаются электроразведчиками.

Третье свойство пока является экспериментальным фактом, для его объяснения еще не существует устоявшейся теории. Однако, несмотря на отсутствие

теоретических объяснений, этот экспериментальный факт является великолепным поисковым признаком. Изменения сигнала легко измеряются любой аппаратурой, а граница объекта совпадает с границей, по которой происходит смена формы сигнала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Злобинский А.В., Могилатов В.С. Электроразведка методом ЗВТ в рудной геофизике // Геофизика. – 2014. – № 1. – С. 26–35.
2. Злобинский А. В., Могилатов В. С., Шишмарев Р. А. Использование метода зондирования вертикальными токами при изучении кимберлитовых трубок и рудных объектов // 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. 2. – С. 85–90.
3. Злобинский А.В., Могилатов В.С. Расширение возможностей рудной электроразведки. // XIII-й международный геофизический научно-практический семинар «Применение современных электроразведочных технологий при поисках месторождений полезных ископаемых»: тезисы докладов. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 37–40.
4. Злобинский А. В., Могилатов В. С. Комплексные работы электроразведочными методами использующими электромагнитные поля ТЕ- и ТМ-поляризации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII 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, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 187–191.
5. Могилатов В.С. Круговой электрический диполь новый источник для электроразведки // Изв. РАН. Сер. Физика Земли. – 1992. – № 6. – С. 97–105.
6. Могилатов В.С. Вторичные источники и линеаризация в задачах геоэлектрики // Геология и геофизика. – 1999. – № 7. – С. 1102–1108.
7. Могилатов В.С., Балашов Б.П. Зондирования вертикальными токами: монография. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. – 207 с.
8. Могилатов В.С. Захаркин А.К. Злобинский А.В. Математическое обеспечение электроразведки ЗСБ. Система «Подбор»: монография. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2007. – 157 с.
9. Могилатов В.С., Злобинский А.В. Свойства кругового электрического диполя как источника поля для электроразведки // Геология и Геофизика. – 2014. – Т. 55, № 11. – С. 1692–1700.
10. Могилатов В.С., Злобинский А.В. Комплексное исследование электродинамических параметров среды над сейсмическим поднятием с целью оконтуривания нефтяного месторождения // Геофизика. – 2013. – № 2. – С. 51–57.
11. Потапов В.В. Программно-алгоритмическое и методическое обеспечение зондирований вертикальными токами (ЗВТ): дис. ... канд. техн. наук. – 2010. – 133 с.

© А. В. Злобинский, В. С. Могилатов, 2017