

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ **2021**

Москва
2021

УДК 550.8
ББК 26.34
С23

С23 **Сборник тезисов** научно-практической конференции «Электроразведка 2021»; под ред. М.С. Судаковой, В.В. Оленченко, М.Р. Садуртдинова. — М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2021. — 187 с.

ISBN 978-5-91327-701-5

В сборнике представлены тезисы докладов первой научно-практической конференции «Электроразведка 2021», которая прошла с 24 по 26 марта 2021 г. в онлайн формате. В рамках конференции поднят широкий круг вопросов методов электроразведки. Особенности конференции является проведение мастер-классов ведущих специалистов России в области электроразведки и демонстрация аппаратуры ведущих производителей геофизического оборудования. В работе конференции принимают участие представители производственных и научных организаций России, стран СНГ и Западной Европы.

Сетевое научное издание

Под редакцией кандидата физико-математических наук М.С. Судаковой,
кандидата геолого-минералогических наук В.В. Оленченко,
кандидата технических наук М.Р. Садуртдинова



ISBN 978-5-91327-701-5

© Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, 2021
© ИП Абизгильдин И.Х., 2021
© ИД «Академия Естествознания»
© АНО «Академия Естествознания»

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА
В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ**

Могилатов В.С.¹, Потапов В.В.¹, Шеин А.Н.¹

*¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимук СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академик Коптюг, 3, Россия*

Реферат

Нами разработана математическая модель влияния магнитного поля Земли (геофизического эффекта Холла) на результаты зондирования становлением поля в ближней зоне искусственного источника (ЗСБ).

Для обнаружения эффекта при ЗСБ предложена схема специального эксперимента с источником типа токовой петли с импульсным возбуждением и регистрацией сигналов радиальными приемными линиями при одинаковых положениях относительно петли.

Проведены специальные полевые эксперименты в 2018 и 2019 годах в Татарском районе Западно-Сибирской низменности для обнаружения вклада эффекта Холла в ЗСБ. Для обнаружения эффекта Холла основные измерения сигналов выполнены на четырех радиальных линиях от квадратной петли 500x500 м. По результатам ЗСБ после обработки, направленной на повышение качества сигналов и уменьшения влияния помех, сигналы с радиальных линий оказались примерно одинаковыми, что по теоретическим представлениям возможно лишь вследствие влияния эффекта Холла. Сравнение полевых сигналов с теоретическими оценками величины эффекта позволило также получить оценки холловской проводимости ~ 0.002 См/м.

Ключевые слов : Электроразведка, зондирование становлением поля в ближней зоне (ЗСБ), геомагнитное поле, эффект Холла.

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE HALL
EFFECT IN GEOLOGICAL MEDIA**

Mogilatov V. S.¹, Potapov V. V.¹, Shein A. N.¹

*¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090,
Novosibirsk, prosp. Akademika Koptyuga, 3, Russia*

Abstract

We have developed a mathematical model of the influence of the Earth's magnetic field (the geophysical Hall effect) on the results of transient electromagnetic method (TEM) of an artificial source.

To detect the effect in the case of TEM, a scheme of a special experiment with a current loop type source with pulsed excitation and registration of signals by radial receiving lines at the same positions relative to the loop is proposed.

Special field experiments were conducted in 2018 and 2019 in the Tatar district of the West Siberian Lowland to detect the contribution of the Hall effect to the TEM. To detect the Hall effect,

the main signal measurements were made on four radial lines from a square loop of 500x500 m. The results of TEM after treatment, aimed at improving the quality of signals and reduce interference, the signals from the radial lines are approximately the same, which in theory is possible only due to the influence of the Hall effect. Comparison of the field signals with theoretical estimates of the effect size also allowed us to obtain estimates of the Hall conductivity of ~ 0.002 Cm/m.

Keywords: Electrical exploration, near-field formation sensing, geomagnetic field, Hall effect.

Введение

Как известно, сила Лоренца проявляется в воздействии стороннего магнитного поля на движущиеся заряженные частицы и, следовательно, на электрический ток. Сила направлена поперек магнитному полю и поперек направлению движения заряженных частиц (поперек току). Это весьма реальный физический феномен. Если проводник достаточно объемный (проводящий «брусок»), то возникает поперечная к направлению стороннего магнитного поля и к направлению тока электродвижущая сила. В этом случае мы говорим об эффекте Холла. Наконец, в неограниченном проводнике (проводящая геологическая среда) также возникает поперечная ЭДС, если есть какие-то токи (природные или искусственные), а стороннее магнитное поле есть всегда – магнитное поле Земли. Проблема состоит только в установлении реального проявления этого фактора в геоэлектромагнитных зондированиях. Самый первоначальный анализ показывает, что это может проявляться в эффективной анизотропии проводимости горных пород, вызванной силой Лоренца и эффектом Холла. Понятно, что эффект весьма слаб, поскольку до сих пор не обнаруживался и не обсуждался (за исключением наших же предположений о возможных проявлениях эффекта в электроразведке [Могилатов, 2013]). По нашему мнению, наиболее подходящей экспериментальной основой для обнаружения влияния магнитного поля Земли на сигналы в геоэлектрике является метод зондирования становлением электромагнитного поля (ЗС), как наиболее чувствительный.

Рассмотрим наиболее простую ситуацию – процесс становления от горизонтальной токовой петли в горизонтально-слоистой среде. Примем, что магнитное поле Земли вертикально (рис. 1а). Вторичные токи соосны генераторной петле, и в этом случае, в результате действия силы Лоренца, возникает электродвижущая сила, направленная по радиусу. Таким образом, предлагается простая экспериментальная схема (рис. 1б). На выбранном участке с ровной поверхностью и горизонтально-слоистым разрезом (насколько это известно) располагается источник – токовая петля с импульсным возбуждением. Дополнительный, «холловский» сигнал регистрируется радиальной приемной линией при четырех одинаковых ее положениях относительно петли. В то же время при таком положении приемных линий нормальный сигнал становления, как известно, отсутствует, так же, как и сигнал вызванной поляризации (ВП).

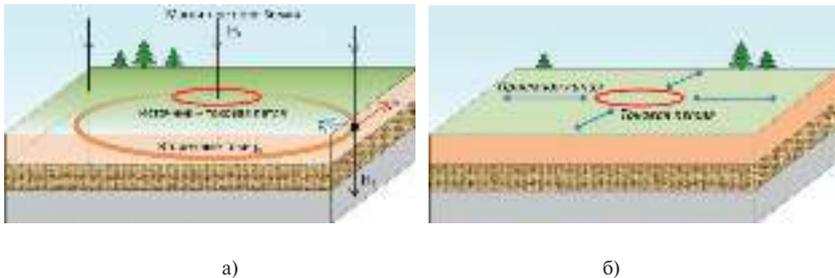


Рис. 1. Появление холловской напряженности электрического поля (а) и экспериментальная установка (б).

Искомые сигналы, связанные с магнитным полем Земли, во всех четырех линиях должны быть одинаковыми в силу симметрии, в то время как все мыслимые нарушения дадут совершенно различные сигналы в четырех разнонаправленных приемных линиях.

При поддержке Российского фонда фундаментальных исследований мы смогли летом 2018 года провести специальные полевые эксперименты в Новосибирской области, а в 2019 повторили их, подтвердили и дополнили.

Подготовка эксперимент

Место проведения экспериментов

Необходимо добиться минимизации влияния всех факторов, которые могут исказить искомый сигнал. Основными факторами являются: наличие электромагнитных помех, локальные неоднородности в среде, горизонтально-неоднородная структура среды в районе эксперимента, нарушение параметров генераторно-измерительного комплекса (расстановка на местности петель и линий).

После рекогносцировочных выездов было выбрано место в Татарском районе Новосибирской области недалеко от поселка Орловка. Местность характеризуется ровным рельефом. По априорным данным предыдущих геологических и геофизических исследований район работ очень близок к горизонтально-слоистому разрезу. Ближайший поселок удален на расстояние 5 км и вблизи нет никаких промышленных объектов и высоковольтных ЛЭП. Таким образом, по предварительному анализу необходимые условия были максимально подготовлены. Кроме того, в ходе полевых работ уже нашими собственными электроразведочными средствами проверялась горизонтально-слоистая структура среды.

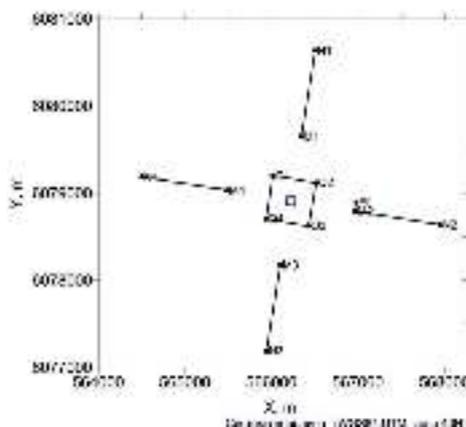


Рис. 2. Схема установки.

Расположение элементов экспериментальной установки

Схема расположения всех линий и генераторной петли показана на рис. 2. Генераторная петля выкладывалась на ровной поверхности из провода марки ГППП размером 500 на 500 метров. Все приемные линии расположены радиально, одинаково по отношению к петле и заземлялись неполяризуемыми электродами на расстоянии от центра 750 м и 1750 м. По мере условий на местности, мы постарались расположить петлю и приемные линии в направлениях север-юг и восток-запад.

Аппаратура

Измерения методом зондирования становлением (ЗС) осуществлялись двумя типами измерительной аппаратуры: 1) комплекс Цикл-7 (г. Новосибирск), 2) FastSnap (г. Иркутск). В качестве генераторной группы выступал коммутатор тока Цикл-Г50 (г. Новосибирск) и блок управления коммутатором тока того же производства. Синхронизация измерений осуществлялась посредством GPS. Питание петли – от аккумуляторов (11,5-12,5 Ампер).

Основные измерения 2018 год

На рис. 3 приведены устанавливающиеся сигналы со всех четырех линий, измеренные в 2018 г. На графиках ЭДС приведена на 1 Ампер в источнике. Главное – сигналы одинаковы с четырех линий. Приведем результаты трехмерного моделирования сигналов [Ив нов и др., 2009] в этих четырех линиях в присутствии неоднородности (рис. 4). Они отличаются радикально от наших сигналов, но и между собой, качественно и количественно. Поскольку источник сигналов погруженная неоднородность, то становление начинается с нулевого уровня.

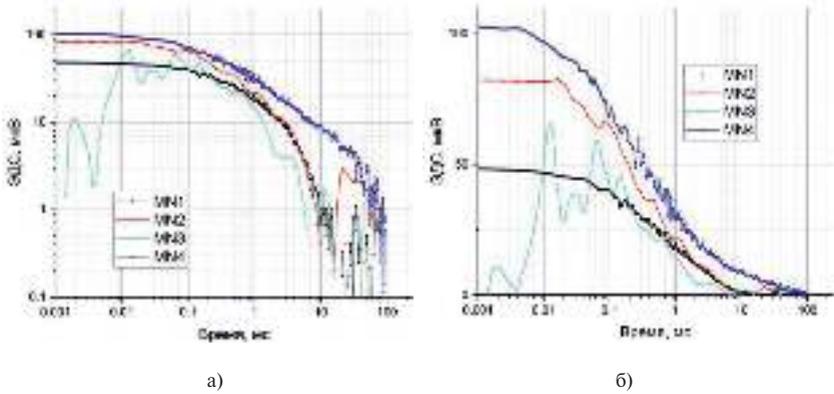


Рис. 3. Измерения 2018 года.
В блоке рифмическом м сит бе () и линейном (б).

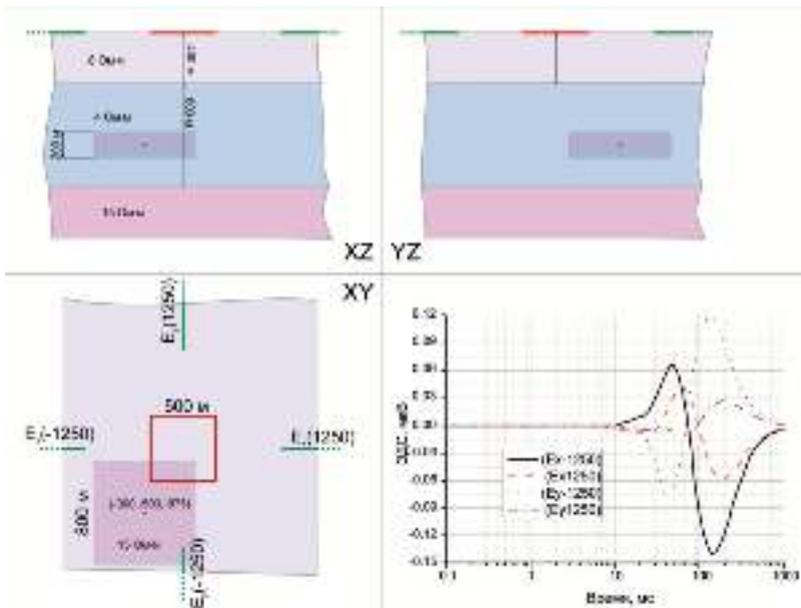


Рис. 4. Кривые становления сигналов в 4-ех линиях в присутствии локальной неоднородности.

Конечно, мы провели более обширное моделирование с разными неоднородностями, и можем уверенно заявить, что наши полевые сигналы

не связаны с неоднородностью разреза. Впрочем, неоднородности и нет на месте проведения эксперимента, как и подтверждают анализ архивных геолого-геофизических данных и наши вспомогательные измерения.

Измерения 2019 год и основные результаты

Результаты 2018 года были обнадеживающими, но, конечно, недостаточными. Было решено в 2019 продолжить эксперименты на том же месте, чтобы проверить повторяемость сигналов. Полевые работы удалось провести в более значительных объемах. Во-первых, были повторены прошлогодние измерения в точности на том же месте с независимой раскладкой установки. Во-вторых, были проведены измерения в другой точке с переносом всей установки на несколько километров и некоторым поворотом (центр установки: 54.952° СШ, 76.114° ВД).

Теперь обсудим основные результаты в совокупности, конечно, с результатами 2018 года. На рис. 6 представлены новые сигналы с четырех приемных линий на первой точке, где повторялась расстановка 2018 года, и сигналы на второй точке. Хотя сигналы несколько изменились на второй точке, но можно признать, что сигналы имеют устойчивый повторяющийся характер, они реальны.

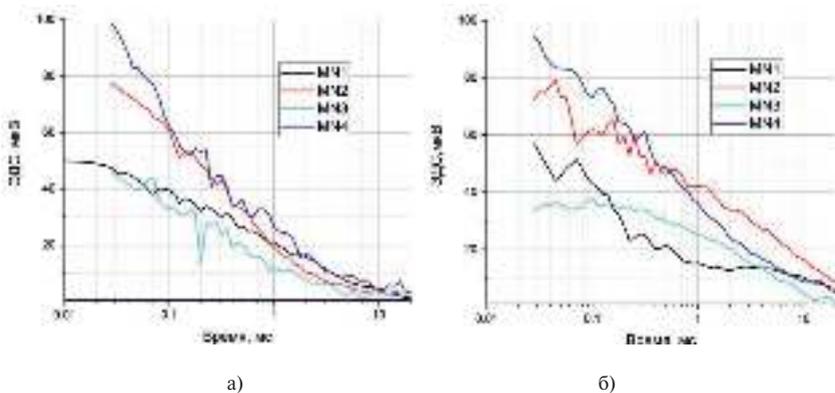


Рис. 5. Сравнение сигналов в линиях MN в 2019 году
а) и первой уч. точке, б) и второй.

Покажем сопоставление сигналов 2018 года и 2019 года на первой точке (рис. 6). Итак, сигналы весьма значительны. На рис. 5 и 6 приведены значения на 1 Ампер тока источника при токе в генераторной петле 12 Ампер. Можно только повторить, что сигналы 2019 года вполне повторяют сигналы 2018 года, и сигналы со всех четырех линий примерно (в рамках 3С) одинаковы. Что, по нашим понятиям, возможно только, если объяснить природу сигналов именно так, как мы предлагаем.

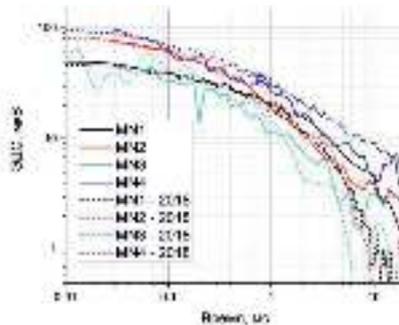


Рис. 6. Сравнение сигналов в линиях MN в 2018 и 2019.

Однако, теперь, по совокупности всех сигналов, можно отметить и основную разницу в сигналах. А именно, сигналы можно разделить на две группы – сигналы от «широтных» приемных линий (с четными индексами – 2, 4) и сигналы от «долготных» линий (1, 3). В первой уровень сигналов заметно выше. Качественно это можно объяснить опять-таки влиянием магнитного поля Земли, поскольку в нем есть и горизонтальная составляющая, которая воздействует на токи в широтном направлении. Получается, что четкое разделение сигналов по географическому признаку является серьезным аргументом в пользу «холловского» происхождения зафиксированных нами сигналов.

Выводы

Проведены первые целенаправленные полевые исследования с целью обнаружения эффекта Холла в геологической среде, и эта цель, по предварительным данным и мнению самих исследователей достигнута. Получена оценка холловской проводимости – $\sim 2 \cdot 10^{-3}$ См/м. Достоверность полученных результатов подтверждена повторными измерениями, дополнительными экспериментальными исследованиями, анализом полученного материала на соответствие теории и математическим моделированием.

Бл год рности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 17-05-00083.

Литер тур

- Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.: Наука. 1967.
 Кучие Е.В. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования // Радио и связь. 1990. Москва.
 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. 1982. Наука, Москва.
 Могилатов В.С. О влиянии геомагнитного поля на процесс установления токов в земле // Геофизика – 2013. – № 4 – с.70-75.
 Плоткин В.В., Могилатов В.С., Потапов В.В. Модификации метода Треффца для оценки вклада эффекта Холла при магнитотеллурическом зондировании. // Геология и геофизика. – 2019. Т.60. – № 3. – с.420-432.
 М.И. Иванов, В.А. Катешов, И.А. Кремер, М.И. Эпов Программное обеспечение Модем 3D для интерпретации данных нестационарных зондирований с учётом эффектов вызванной поляризации // Записки Горного института. – 2009. – Т. 183. – С. 242–245.