

Сравнение результатов методов постоянного тока и индуктивной электроразведки на примере определения структуры приповерхностного транспорта вещества термальных полей вулканогенных объектов Камчатки и Курил

Панин Г.Л., Балков Е.В.

Comparison of joint results of applying electrical resistivity tomography and electromagnetic induction methods for hydrothermal objects of Kamchatka peninsula and Kuril Islands

Panin G.L., Balkov E.V.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск;

e-mail: ra9odd@gmail.com

В докладе показаны результаты сравнительных работ на вулканогенных объектах Камчатки и Курильских островов двумя геофизическими методами: электротомографией и электромагнитным частотным профилированием (зондированием).

Введение

Истинные пути формирования составов флюидов и режима функционирования гидротермальных проявлений для небольших глубин (5-10 м) [3] до сих пор мало исследованы. Часто составы флюидов могут иметь яркий контраст, а расстояния между исследуемыми объектами малы, и это порождает вопрос о том, какое место занимает транспорт вещества в наблюдаемой картине. Решение задачи выявления структуры осложнено тем, что исследуемый объект представлен не только твердыми, но и жидкими фазами, разрушающий контроль которых не позволит выявить объективной картины. Одним из методов, который может дать ответ на вопрос о внутреннем строении таких объектов, является метод индукционного профилирования на различных частотах (ИЧЗ ЭМС [4]), другим – методика электротомографии [2].

Результаты и их обсуждение

Практически все работы аппаратурой ЭМС выполнялись на площадках с шагом по профилям 1 м и шагом по точкам измерения 1 м. Электротомография [2] проводилась с использованием двух электроразведочных кабелей, общее количество электродов которых равнялось 48. Шаг между электродами для электрических зондирований был выбран 5 м, что связано с конструктивными особенностями кабеля. Во всех случаях использовались установки Шлюмберже [2]. Для обеспечения наименьшего искажения кривых зондирования из-за рельефа, установки для методов постоянного тока были ориентированы вдоль склонов. Частотное зондирование аппаратурой ЭМС выполнялось в наиболее интересных для совместной геохимической съемки местах. Таким образом, ставилась цель детализации общей картины результатов электротомографии в выбранных участках методом частотного зондирования.

Первый объект – Донное фумарольное поле вулкана Мутновский. На рис. 1а показано расположение профилей частотного зондирования и пересекающие их профили методов постоянного тока.

Качество переходного заземления было достаточное для выполнения работ на постоянном токе и лежало в пределах от 2 кОм до 50 Ом. Для методики частотного зондирования критичной была лишь агрессивность среды.



Рис. 1. Взаимное расположение профилей ЧЗ и электротомографии на а) Донном поле Северо-Восточного картера вулкана Мутновский, б) Северо-Восточном поле вулкана Эбеко, в) Нефтяном поле в кальдере Узон.

Следующий объект – Северо-Восточное фумарольное поле вулкана Эбеко [1]. Профили частотного зондирования прибором ЭМС показаны на рис. 1б. Для сравнительных работ была выбрана площадка, располагающаяся на внутреннем северном склоне кратера. Площадка имеет зоны кипящих котлов и зоны парогазовых выходов. Качество переходных заземлений для работ электротомографией лежало в пределах 0.05-3 кОм. Было построено 5 профилей (отмечены белым на рис. 1б).

Площадка съемки аппаратурой ЭМС показана на рис. 1б красным прямоугольником. Она перекрывает поперек 4 профиля электротомографии и имеет в длину 35 м, а в ширину 18 м.

В 2008 г. на площадке Нефтяного поля кальдеры Узон (рис. 1в) удалось удобно расположить оба типа профилей на одной линии. Линия была выбрана так, чтобы пересечь интересующий геохимиков объект – Нефтяной котел. На рис. 1в он находится в непосредственной близости от середины расстановки электротомографии. Качество переходных заземлений находилось в пределах 0.1-2 кОм.

Согласно результатам инверсии данных электротомографии и трансформации данных ИЧЗ, удельное сопротивление грунтов на рабочем участке Северо-Восточного поля вулкана Эбеко колеблется в пределах 0.5-100 Ом·м для электротомографии и от 1 до 20 Ом·м для ИЧЗ. Это хорошо соотносится с электротомографией ввиду меньшей глубинности ИЧЗ, на таких глубинах нет сопротивлений порядка 50-100 Ом·м, по данным электротомографии. Сравнение результатов трансформации данных частотного зондирования и результатов инверсии электротомографии в одинаковом масштабе, общей шкале УЭС и с привязкой по координатам показано на рис. 2. Немаловажным фактом, говорящим о качестве работы аппаратуры ЭМС, является то, что на принципиальном уровне УЭС по данным электротомографии совпадает с кажущимся УЭС в данных ИЧЗ. То есть, полученные геоэлектрические данные зондирования

аппаратурой ЭМС отражают ту же картину. Для Северо-Восточного поля по данным частотного зондирования явно выделяется не вертикальная, а скорее коническая структура подводных каналов, которая указывает на близкое расположение парогазового резервуара, предположительно на глубине 5-8 м.

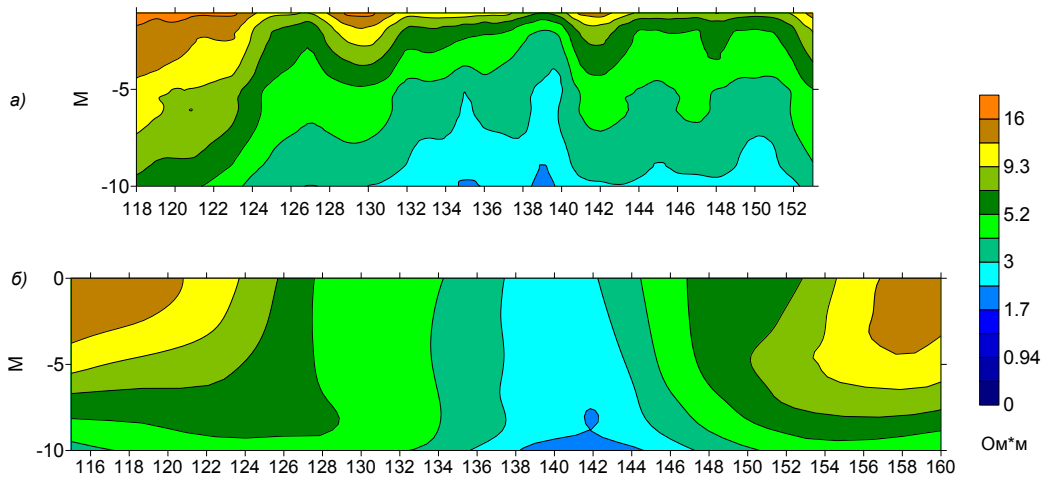


Рис. 2. а) Распределение кажущегося УЭС по профилю частотного зондирования ЭМС и б) распределение УЭС по данным инверсии соответствующего участка профиля электротомографии площадки на Северо-Восточном поле вулкана Эбеко.

Кажущееся удельное электрическое сопротивление среды, по данным частотного зондирования на Донном поле, менялось в пределах от 0.5 до 95 Ом·м. Для Донного поля по данным частотного зондирования выделяется вертикальная структура подводных каналов. По результатам электротомографии (рис. 3) резервуар, питающий систему котлов и фумарол, не обнаруживается, однако видна структура подводных путей.

Построенные в равной шкале и с привязками относительно друг друга сравнительные результаты инверсии электротомографии и трансформации данных частотного зондирования, представлены на рис. 3. Они отражают принципиальное совпадение в УЭС и кажущихся УЭС, подобное результатам для Северо-Восточного поля вулкана Эбеко.

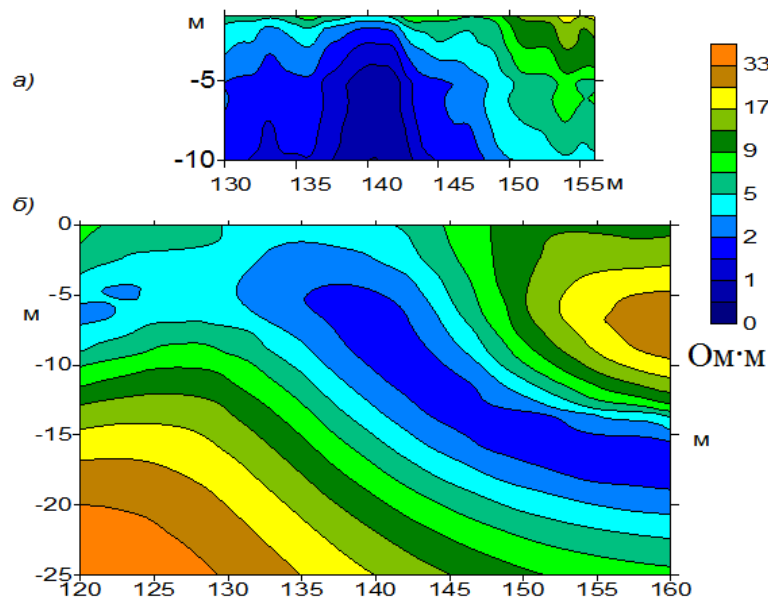


Рис. 3. а) Распределение кажущегося УЭС по профилю частотного зондирования ЭМС и б) распределение УЭС по данным инверсии соответствующего участка профиля электротомографии на площадке Донного Поля вулкана Мутновский.

Результаты геоэлектрических работ по объекту Нефтяное поле в кальдере Узон представлены на рис. 4. Удельное электрическое сопротивление среды, полученное методом инверсии данных электротомографии 0.5-50 Ом·м, также, как и в предыдущем случае, соответствует данным ИЧЗ. Отметка 120 м расстановки приходится на Нефтяной котел, видимый как на профиле ИЧЗ, так и на профиле электротомографии в виде антиклинальной структуры. Данные ИЧЗ аппаратурой ЭМС дополняют верхнюю часть разреза для электротомографии.

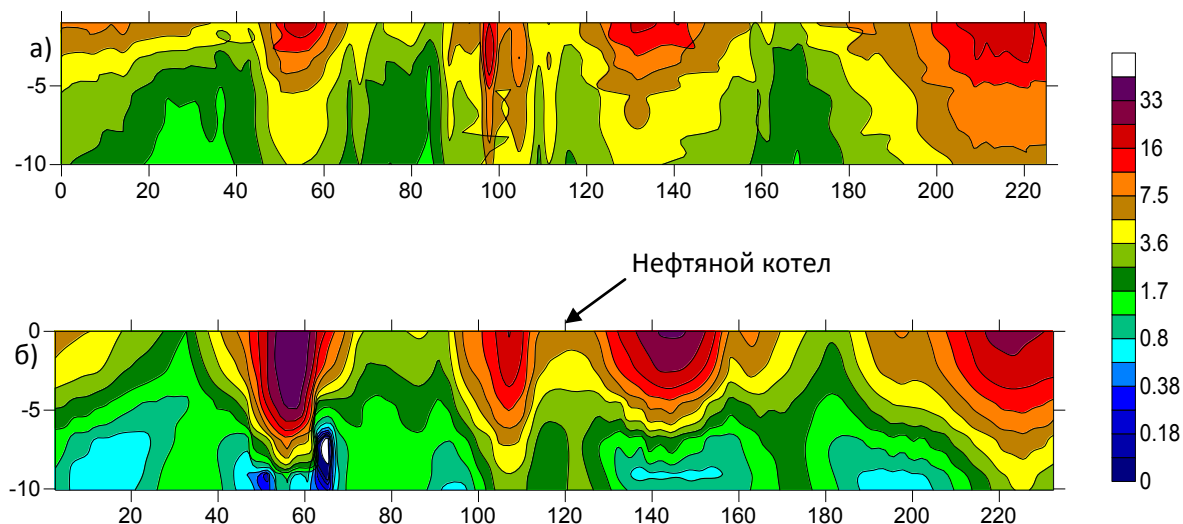


Рис. 4. а) Распределение кажущегося УЭС по профилю частотного зондирования ЭМС и б) распределение УЭС по данным инверсии соответствующего участка профиля электротомографии площадки на Нефтяном поле в кальдере Узон.

Выводы

Представленные результаты демонстрируют возможности комплексирования методов электроразведки для получения представления о картине транспорта вещества к гидротермальным проявлениям вблизи поверхности. Частотное профилирование (зондирование) может быть использовано для быстрой оценки структуры в удельных электрических сопротивлениях, а электрофотография, хотя имеет меньшее разрешение, но может дать привязку по глубине.

Данные работы были выполнены в рамках проектов РФФИ (гранты № 06-05-96002, № 07-05-00910), ДВО РАН (грант № 07-III-C-08-092).

Литература

1. Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая система: геологическое строение, концептуальная модель, геотермальные ресурсы // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 34-50.
2. Бобачев А.А., Горбунов А.А. Двумерная электроразведка методом сопротивлений и вызванной поляризации: аппаратура, методики, программное обеспечение // Разведка и охрана недр. 2005. № 12. С. 52-54.
3. Маништейн Ю.А., Бортникова С.Б., Маништейн А.К. и др. Особенности строения проводящих каналов термальных источников вулкана Мутновский (Южная Камчатка) // Доклады Академии наук. Геофизика. 2008. Т. 423. № 3. С. 383-388.
4. Маништейн А.К., Панин Г.Л., Тикунов С.Ю. Аппаратура частотного электромагнитного зондирования «ЭМС» // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 6. С. 571-579.