

Глубинная электропроводность в районе Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка)

**В.А. Логинов¹, М.А. Клементьев^{1,2}, С.О. Феофилактов¹, И.А. Нуждаев¹,
Д.К. Денисов¹, Ю.Ю. Букатов¹**

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: naick1609@mail.ru

²Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский

Представлены предварительные результаты электроразведочных работ в районе Паужетского геотермального месторождения методами аудио-магнитотеллурического (АМТЗ) и магнитотеллурического (МТЗ) зондирования. Выполнено численное двумерное моделирование результатов. Оценены геоэлектрические свойства разреза до глубины 15 км. Выделены два проводящих горизонта пород (с низкими значениями у.э.с. до 2 Ом·м): приповерхностный и на глубине от 3.5 км, погружающийся в южном направлении.

Введение

К Паужетской гидротермальной системе проявляется большой научный интерес в связи со сложным генезисом, наличием долгоживущего вулканического центра и субкольцевых структур [3]. В 1950-80 гг. в этом районе проведен большой комплекс геологических, геофизических, геохимических и других исследований, выделено и разбурено Паужетское геотермальное месторождение. Керны из скважин были подробно изучены и описаны до глубин 1200 м. Высказано предположение о едином источнике питания Паужетского геотермального месторождения и термопроявлений Камбального хребта [4], однако данных о глубинном строении крайне мало. В последние годы сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН выполнен большой комплекс геофизических работ – магниторазведка, гравиразведка, электроразведка (методы ВЭЗ, ЕП), термометрия и микросейсмические зондирования, которые существенно дополнили информацию о структуре месторождения [2, 3, 6]. Известно, что наличие контрастов электропроводности в области геотермального месторождения создает предпосылки к использованию методов магнитотеллурического зондирования. Полученная информация позволяет выделять зоны флюидонасыщения, питания и циркуляции растворов в структуре месторождения.

Методика наблюдений и обработки данных

В 2019 г. проведены работы методами магнитотеллурики по 8-км профилю. АМТЗ выполнены в 18 пунктах наблюдений, МТЗ в 5 пунктах. Наблюдения проведены с использованием аппаратуры канадской фирмы Phoenix Geophysics. Комплект измерительного оборудования состоял из двух пятиканальных станций MTU-5A, которые регистрируют электрические (Ex, Ey) и магнитные (Hx, Hy, Hz) компоненты естественного электромагнитного поля. Диапазон регистрируемых периодов от 0,0001 до 1000 с и более. Регистрация электрического поля проводилась четырехэлектродной крестообразной установкой с заземленными слабополяризующимися электродами. Длина измерительных линий для АМТЗ составляла 50 м, а для МТЗ – 90 м. Азимуты приемных линий 0° и 90°. Расстояние между пунктами измерений на профиле изменялось от 200 до 700 м (рис. 1). Для уменьшения влияния техногенных и ветровых помех использовалась синхронная запись с удаленной базовой станцией.

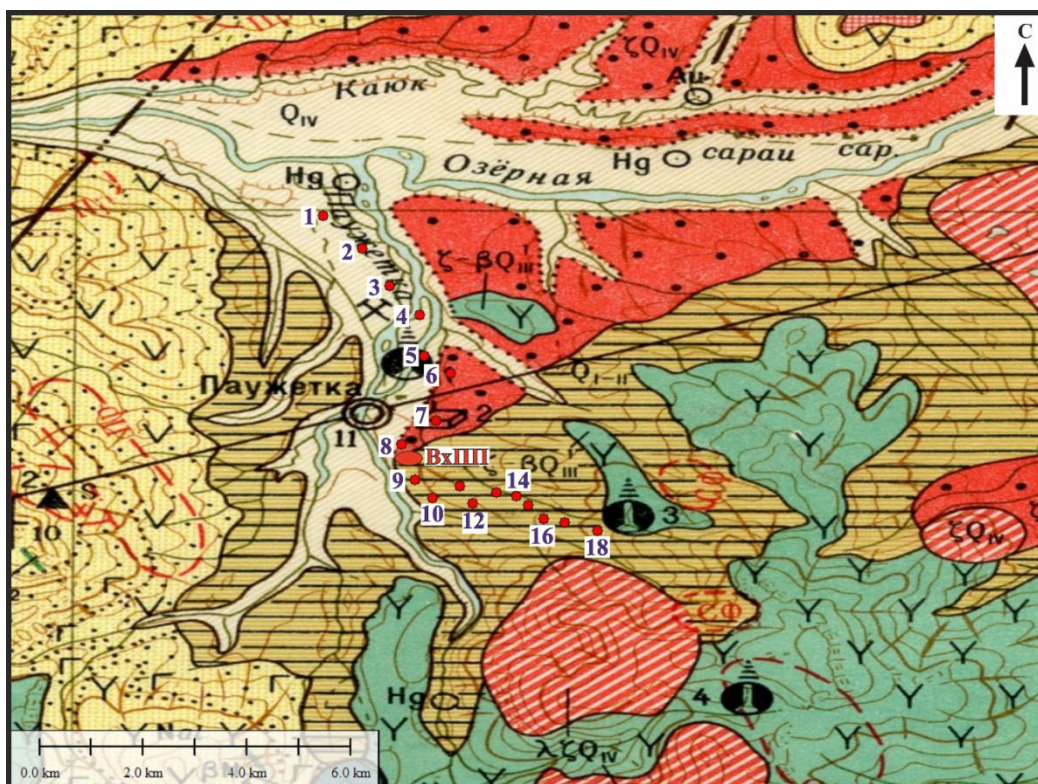


Рис. 1. Схема расположения пунктов зондирования по профилю (Фрагмент государственной геологической карты М: 1:200000)

Обработка полученных данных проводилась с использованием специализированного пакета программ. В результате были получены тензоры импеданса в каждом пункте измерений. Амплитудные кривые АМТЗ имеют преимущественно тип Н. Выполнен анализ тензора импеданса, выбраны главные направления, соответствующие простиранию (продольные кривые) и вкрест простирания (поперечные кривые) основных геологических структур [1]. Анализ тензора показал, что в первом приближении среда может быть аппроксимирована двухмерной неоднородной моделью. Проведена нормализация МТ данных, выполнено численное моделирование [7] по продольным кривым (ТМ мода), которые имеют повышенную разрешающую способность к наличию глубинных проводящих зон, но в меньшей степени подчеркивают наличие субвертикальных зон, которые могут быть связаны с тектоническими нарушениями. Для этой задачи в дальнейшем будет выполнена бимодальная (совместная) инверсия МТ кривых [1].

Предварительные результаты

Полученный геоэлектрический разрез (рис. 2) представлен пятью слоями:

- верхний слой с сопротивлением до 100 Ом·м, мощностью 10-100 м, представлен аллювиально-делювиальными отложениями;
- ярко выражен слой низкого сопротивления 2-20 Ом·м, верхняя кромка которого расположена на глубине от 150 м с выходом к поверхности, мощностью до 600 м. Слой представлен породами вулканогенно-осадочного комплекса (туфы, туффиты);
- слой с сопротивлением 50 Ом·м, мощностью 200-300 м характеризует толщу анавайских песчаников;
- ниже выделяется слой мощностью 2-2.5 км, с сопротивлением 100-500 Ом·м, связанный с меловым фундаментом;

– на протяжении всего профиля на глубине от 3.5 км выделяется слой с сопротивлением 10-20 Ом·м, мощностью от 2.5 до 5 км. Он интерпретируется как коровый проводник и погружается на глубину в Ю-В части профиля.

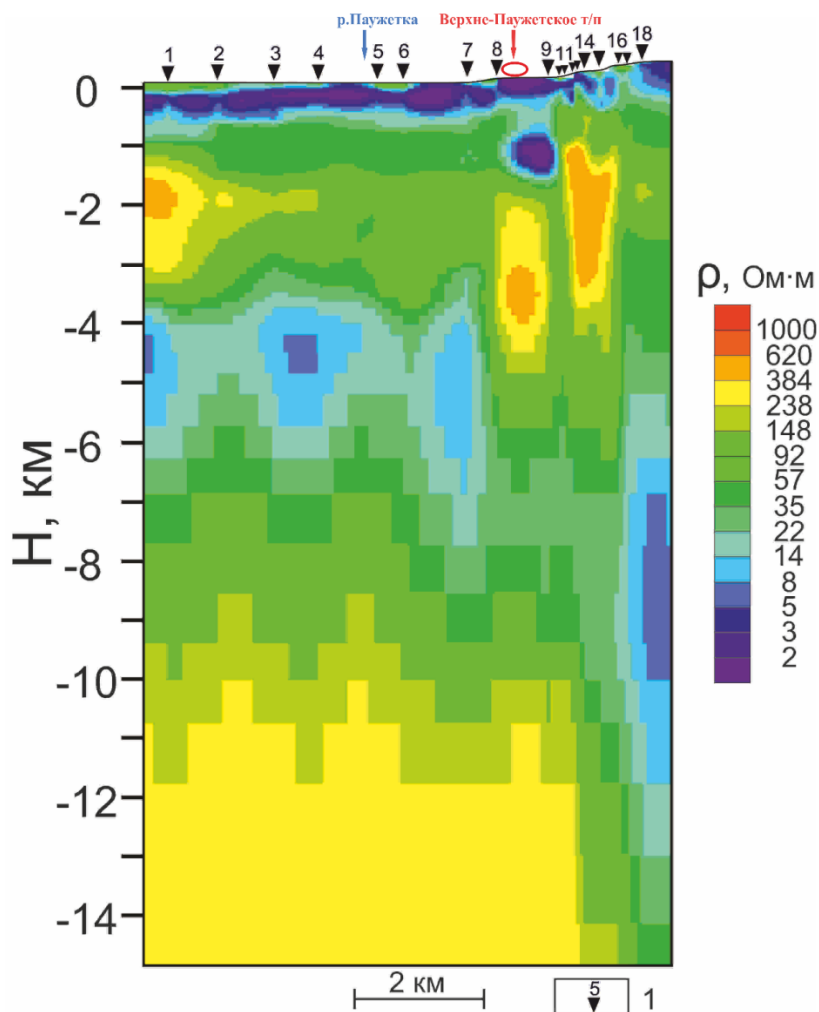


Рис. 2 Геоэлектрический разрез Паужетского геотермального месторождения. 1 – пункт наблюдений и его номер

В районе Верхне-Паужетского термального поля на глубине 800-1400 м выделяется аномалия пониженных сопротивлений, интерпретируемая как субкольцевая структура приподнятого тектонического блока [5]. Полученные структурные особенности по результатам АМТЗ и МТЗ хорошо коррелируют с имеющимися данными гравитационного и магнитного поля [2].

Авторы выражают глубокую признательность всем сотрудникам Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН за содействие в проведении полевых исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты №№ 18-35-00138 и 19-05-00102).

Список литературы

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. Научный мир. 2009. 677 с.
2. Букатов Ю.Ю., Феофилактов С.О., Нуждаев И.А. и др. Структурные особенности Паужетской гидротермальной системы по гравиметрическим и магнитометрическим данным // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXII Всероссийской

- научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 28-29 марта 2019 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 140-143.
3. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. Отв. ред. Ю.П. Масуренков. М.: Наука, 1980. 172 с.
 4. Паужетские горячие воды на Камчатке / Отв. ред. Б.И. Пийп. М.: Наука, 1965. 208 с.
 5. Структура гидротермальной системы / Отв. ред. В.И. Белоусов и И.С. Ломоносов. М.: Наука, 1993. 298 с.
 6. *Феофилактов С.О., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А. и др.* Характеристика зоны разгрузки парогидротерм в центральной части Паужетского геотермального месторождения по геофизическим данным // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXII Всероссийской научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 28-29 марта 2019 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 175-178.
 7. *Rodi W., Mackie R.L.* Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion // *Geophysics*. 2001. Vol. 66. P. 174-187.