

## **Строение зоны разгрузки парогидротерм Южно-Камбального Центрального термального поля по геофизическим данным (Южная Камчатка)**

**С.О. Феофилактов, И.А. Нурдаев, Д.К. Денисов**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [serg415@kscnet.ru](mailto:serg415@kscnet.ru)*

Впервые проведены геофизические исследования на территории Южно-Камбального Центрального термального поля методами магниторазведки и электроразведки (ВЭЗ). Зондирования выполнены по двум профилям, пересекающим термоаномалию. Выделены горизонты пород с контрастными удельными электрическими сопротивлениями. Показано, что проводящий горизонт (с низкими значениями у.э.с.) соответствует наиболее обводненным и гидротермально измененным породам лавового комплекса. В центральной части термопроявления его мощность составляет до 140 м, уменьшаясь за его пределами.

### **Введение**

Паужетско-Камбально-Кошелевский геотермальный (рудный) район выделяется повышенной гидротермальной активностью. В центральной части района расположено известное геотермальное месторождение перегретых вод – Паужетское. Оно достаточно хорошо изучено, здесь пробурено порядка 50 скважин, и с 1966 г. успешно работает первая в нашей стране геотермальная электростанция. По результатам проведенных исследований сделан вывод об общем источнике питания Паужетского геотермального месторождения и термальных полей Камбального хребта [4]. Изученность самого Камбального хребта и его гидротермальной системы крайне мала ввиду удаленности и труднодоступности термопроявлений, абсолютная высота расположения которых составляет порядка 1000 м. Термопроявления Камбального вулканического хребта объединяются в 3 группы термальных полей: Северо-, Центрально- и Южно-Камбальные. Наиболее интересной для исследований и мощной по выносу тепла (около 2000 ккал/сек) является группа Южно-Камбальных термальных полей [1, 2, 5].

За последние десятилетия технические характеристики геофизической аппаратуры усовершенствовались: увеличилась точность, возросла емкость аккумуляторных блоков, уменьшился вес, что дает возможность вести автономную работу на удаленных территориях. Все это позволило провести геофизические работы методами магниторазведки и электроразведки на Южно-Камбальном Центральном термальном поле (ЮКЦ) с целью изучения его строения и структурных особенностей.

### **Методика и аппаратура исследований**

Геофизические исследования проведены методами магнитометрии и электроразведки.

Магниторазведочные работы выполнены канадским магнитометром GSM-19W на эффекте Оверхаузера. Площадные измерения проведены по регулярной сети наблюдений с шагом по профилю 5 м, между профилями – 25 м. За пределами основной разгрузки измерения выполнены галсами с шагом 5-10 м между точками ввиду сложного рельефа местности (рис. 1). В результате построена карта распределения аномального магнитного поля ( $\Delta T_a$ ) для площади ЮКЦ.

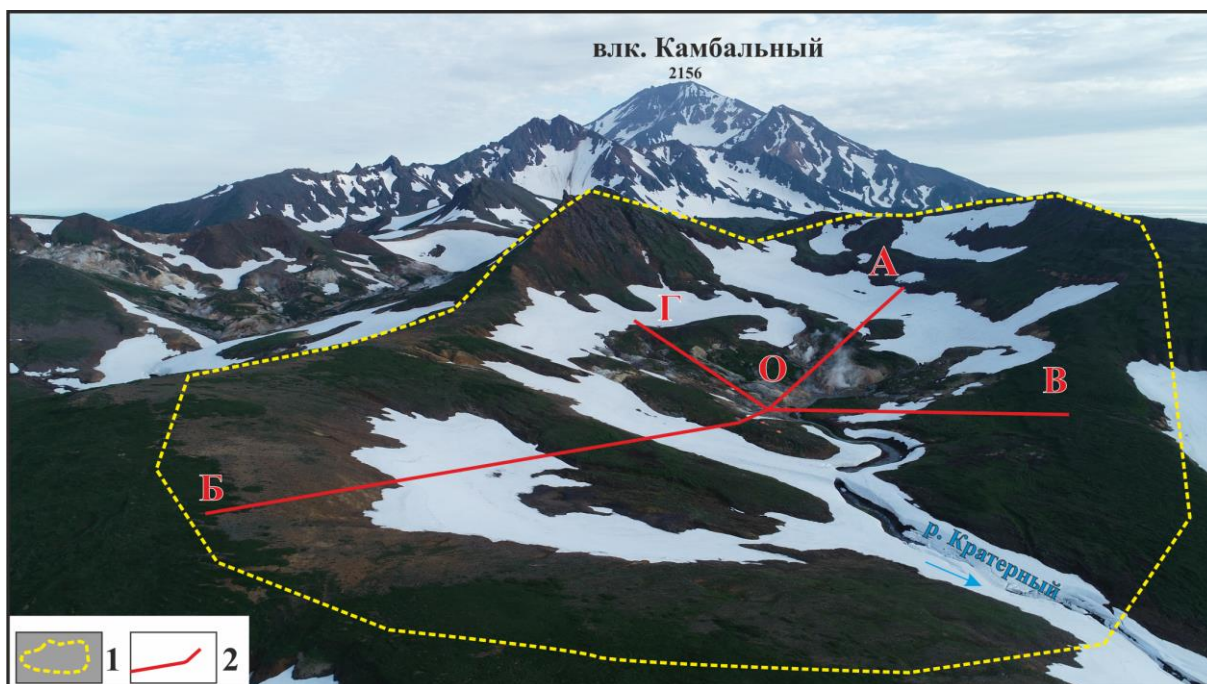


Рис. 1. Участок Южно-Камбального Центрального термального поля с привязкой геофизических исследований. Вид с севера на юг, фото М.С. Чернова. 1 – область покрытия магнитометрической съемкой; 2 – профили ВЭЗ.

Электроразведочные работы методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) выполнены симметричной четырехэлектродной расстановкой с использованием многофункционального измерителя МЭРИ-24 (ООО “Северо-Запад”, Россия) и электроразведочного генератора АСТРА-100 (ООО “Северо-Запад”, Россия). Зондирования выполнены в 16 точках с разносами питающей линии до 900 м. Измерения проведены по двум взаимно перпендикулярным профилям С-З (ГОВ) и С-В (АОБ) простирания, длина которых составила 465 и 840 м, соответственно (рис. 1). Расстояния между пикетами на термальной площадке составили 50 м, за ее пределами – порядка 100 м. Полученные кривые зондирований обрабатывались в специализированном программном пакете IPI2win.

#### **Фактический материал исследований**

Построена детальная карта распределения аномального магнитного поля  $\Delta T_a$  для территории ЮКЦ. Среднее значение наблюдаемого магнитного поля 50300 нТл. Диапазон изменения  $\Delta T_a$  от -679 до 2161 нТл. Причем экстремальные значения поля получены в южной части исследуемого участка (район перевалов). Основная разгрузка терм приурочена к средним значениям  $\Delta T_a$ , что характерно для всех термальных полей Южно-Камбальной группы [3]. Выделяется область отрицательных значений  $\Delta T_a$  южнее термального поля, что так же хорошо видно на представленном графике (рис. 2). Минимальные значения поля, полученные для этой области, составляют -210 нТл. Можно предположить, что это связано с палеогидротермальной деятельностью, вследствие которой магнитные свойства пород были изменены. На основании изучения гидротермального изменения андезитов Южно-Камбального Дальнего термального поля в работе [6] показано, что наиболее тесная корреляция со степенью изменения пород обнаружена для магнитной восприимчивости. По мере распада первичных рудных минералов и пироксенов, ее значения закономерно снижаются от  $34 \cdot 10^{-3}$  СИ у исходных андезитов до нуля и отрицательных значений у вторичных кварцитов.

По результатам электроразведки методом ВЭЗ построены псевдо- и геоэлектрический разрезы по профилям, один из которых представлен на рис. 2.

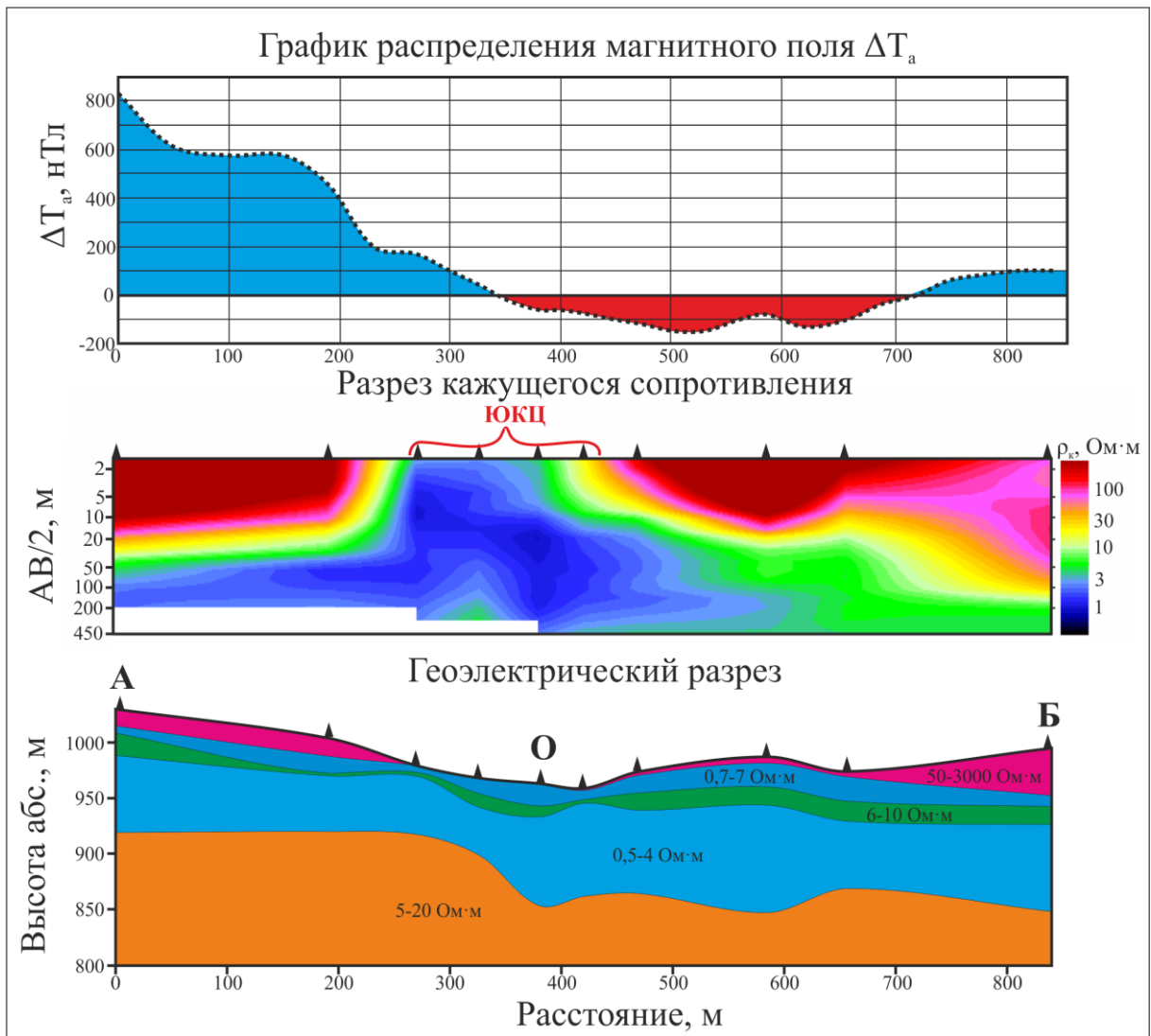


Рис. 2. Геофизические данные по профилю А-В (см. рис. 1). Цифрами на геоэлектрическом разрезе показан диапазон изменения значений у.э.с. для выделяемого горизонта.

Геоэлектрический разрез относится к типу Н и осложнен промежуточным горизонтом повышенного сопротивления (до 10 Ом·м, на рис. 2 показан зеленым цветом). Разрез представлен следующим слоями:

1 – приповерхностный горизонт пород с высокими значениями у.э.с. 50-3000 Ом·м, мощностью от нуля в районе разгрузки терм до 15-40 м за ее пределами. К породам этого горизонта относятся неизменные и слабо измененные андезиты.

2 – горизонт пород с сопротивлением 0.5-7 Ом·м, мощностью от 70 м в краевых частях профиля до 140 м в его центральной части. Он разделен породами с повышенным значением у.э.с. 6-10 Ом·м, мощностью 3-20 м. Геоэлектрический горизонт включает в себя гидротермально измененные разности пород.

3 – горизонт основания разреза со значениями у.э.с. 5-20 Ом·м.

Степень гидротермального изменения пород неоднородна, поэтому, по данным геоэлектрических зондирований, в пределах одного горизонта значения у.э.с. изменяются в довольно широких пределах. Степень пористости для пород этого района колеблется от 7.4 % для неизменных андезитов до 30-45 % для серных опалитов и приповерхностных вторичных кварцитов [6]. Минимальные значения у.э.с. 0.5-0.8 Ом·м получены для центральной части ЮКЦ (точка О на рис. 1, 2).

## Заключение

На основании геофизических исследований получены данные о геолого-гидрогеологическом строении Южно-Камбального Центрального термального поля. В магнитном поле термопроявление расположено на границе между отрицательной и крупной положительной аномалиями  $\Delta T_a$ . В геоэлектрическом разрезе выделен проводящий горизонт с удельным электрическим сопротивлением до 7 Ом·м, который соответствует породам пониженной пористости и высокой обводненности. Увеличение мощности этого горизонта до 140 м происходит в южном направлении от разгрузки парогидротерм, что коррелирует с результатами магнитометрической съемки. Таким образом, под термальным полем выделяется область пароводонасыщенных пород, связанная с дневной поверхностью.

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. Белоусов В.И., Сугробов В.М., Сугрובה Н.Г. Геологическое строение и гидрогеологические особенности Паужетской гидротермальной системы // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 23-57.
2. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. 172 с.
3. Нуждаев И.А., Денисов Д.К., Феофилактов С.О. Магнитометрические исследования на термальных полях Камбального вулканического хребта (Южная Камчатка) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXII региональной научной конференции, посвященной Дню вулканолога 28-29 марта 2019 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 163-166.
4. Паужетские горячие воды на Камчатке. М.: Наука, 1965. 208 с.
5. Структура гидротермальной системы. М.: Наука, 1993. 298 с.
6. Фролова Ю.В., Суровцева К.И., Чернов М.С., Рычагов С.Н. Изменения андезитов в зоне кислотного выщелачивания Южно-Камбального Дальнего термального поля (Камчатка) // Материалы XXI региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2018 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С. 218-221.