

Геофизические исследования Южно-Камбального Центрального термального поля (Камбальный вулканический хребет, Камчатка)

Нуждаев И.А., Феофилактов С.О., Букатов Ю.Ю., Денисов Д.К.

Geophysical studies of the South Kambalny Central thermal field (Kambalny volcanic ridge, Kamchatka)

Nuzhdaev I.A., Feofilaktov S.O., Bukatov Yu.Yu., Denisov D.K.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: ivandf@kscnet.ru

На площади Южно-Камбального Центрального термального поля впервые проведены наземные магнитометрические, гравиметрические и электроразведочные исследования. Выполнен комплексный анализ результатов. Построена и описана вероятная модель структуры до глубины 400 м.

Введение

Южная оконечность Камчатки характеризуется интенсивной и разнообразной геотермальной деятельностью, основная часть которой сосредоточена в Паужетско-Камбально-Кошелевском районе. Авторский коллектив многие годы успешно проводит комплексные геофизические исследования на основных объектах этого района. Для Паужетского геотермального месторождения определены строение и физическая природа основных термальных разгрузок: Восточно- и Верхне-Паужетского термальных полей (т/п) [4, 5]. На глубине от 4 до 8 км выделен горизонт разуплотненных пород, который может служить источником теплового питания Паужетской гидротермальной системы [3]. Для Нижне-Кошелевского месторождения выделена изометричная в плане и распространяющаяся на глубину 250-300 м область, насыщенная парогазовой смесью, а также субвертикальный канал повышенной трещинно-поровой проницаемости, погружающийся на глубину более 5 км [2].

На Камбальном вулканическом хребте гидротермальная деятельность сосредоточена в его осевой зоне. На высотах от 700 до 1000 м, протягивается почти 10-километровая полоса с большим числом рассредоточенных выходов паровых струй. Термопроявления объединяются в 3 группы термальных полей: Северо-, Центрально- и Южно-Камбальные. Наиболее интересной для исследований и мощной по выносу тепла является Южно-Камбальная группа т/п. Ранее наземных геофизических исследований на этих термальных полях не выполнялось. В 2017 году авторы впервые провели такие исследования методом магнитометрии, далее были выполнены вертикальные электрические зондирования и рекогносцировочные гравиметрические наблюдения. В работе представлен качественный анализ полученных результатов по профилю ЮЗ-СВ (АОБ) через Южно-Камбальное Центральное т/п (ЮКЦ) (рис. 1).

Аппаратура и методика исследований

Магнитная съемка на площади ЮКЦ выполнялась магнитометром GSM-19W на эффекте Оверхаузера (GEM, Канада). Шаг съемки 5 м, между профилями 25 м. Всего было выполнено около 7000 рядовых замеров магнитного поля на территории 0.5 км². Для отслеживания суточных вариаций магнитного поля использовались данные с геофизической обсерватории «Паратунка» ИКИР ДВО РАН.

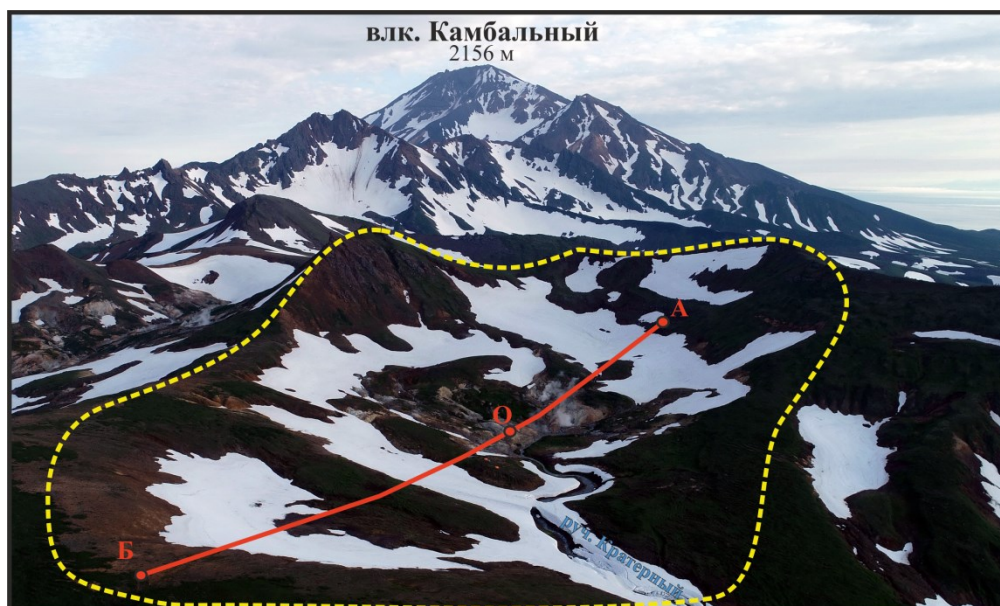


Рис. 1. Южно-Камбальное Центральное термальное поле. Профиль геофизических исследований (АОб) ЮЗ-СВ простирания. Желтым пунктиром отмечены границы магнитной съемки. Слева Южно-Камбальное Дальнее т/п. На заднем плане вулкан Камбальный. Фото: М.С. Чернова, с севера на юг.

Электроразведочные работы методом вертикальных электрических зондирований (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 10 точках с разносами питающей линии до 900 м. Измерения проведены по профилю АОб, длина которого составила 840 м. Расстояния между пикетами на термальной площадке составили 50 м, за ее пределами – порядка 100 м. Полученные кривые зондирований обрабатывались в специализированном программном пакете IP12win.

Гравиметрическая съемка проведена автоматическим микропроцессорным гравиметром CG-5 Autograv (Scintrex, Канада). Диапазон измерений прибора >7000 мГал, разрешающая способность при снятии показаний 0.001 мГал. Геодезическое обеспечение осуществлялось GPS станциями Leica GR 10 с антеннами AR 10. Одна станция использовалась в качестве базовой, другая перемещалась по профилю. Время записи на точках ≥ 15 мин. Гравиметрические наблюдения выполнены в 23 пунктах по профилю (АОб) длиной 930 м.

Полученные результаты

По результатам магнитометрических исследований построена детальная карта аномалий магнитного поля ΔT_a для площади ЮКЦ. Термальное поле по 20 °С изотерме находится в знакопеременной зоне на границе с интенсивной отрицательной аномалией ΔT_a , распространяющейся до Южно-Камбального Дальнего т/п [1].

По результатам электроразведки методом ВЭЗ построен геоэлектрический разрез по профилю АОб. Разрез относится к типу Н и осложнен промежуточным горизонтом повышенного сопротивления до 10 Ом·м. Выделен проводящий горизонт с удельным электрическим сопротивлением до 7 Ом·м, который соответствует породам пониженной пористости и высокой влагонасыщенности. Увеличение мощности этого горизонта до 140 м происходит в южном направлении от разгрузки термальных вод, что коррелирует с результатами магнитометрической съемки [6].

В результате гравиметрических исследований получен график аномального гравитационного поля Δg в редукции Буге. При оценке распределения плотности пород

учитывались лабораторные исследования физических и физико-механических свойств образцов ЮКЦ [7]. Район термального поля сложен породами от андезибазальтов и андезитов до интенсивно измененных гидротермально-метасоматическими процессами.

Учитывая все полученные геофизические данные, а также априорную геологическую информацию, построена комплексная модель структуры ЮКЦ по профилю АОБ на глубину до 400 м (рис. 2).

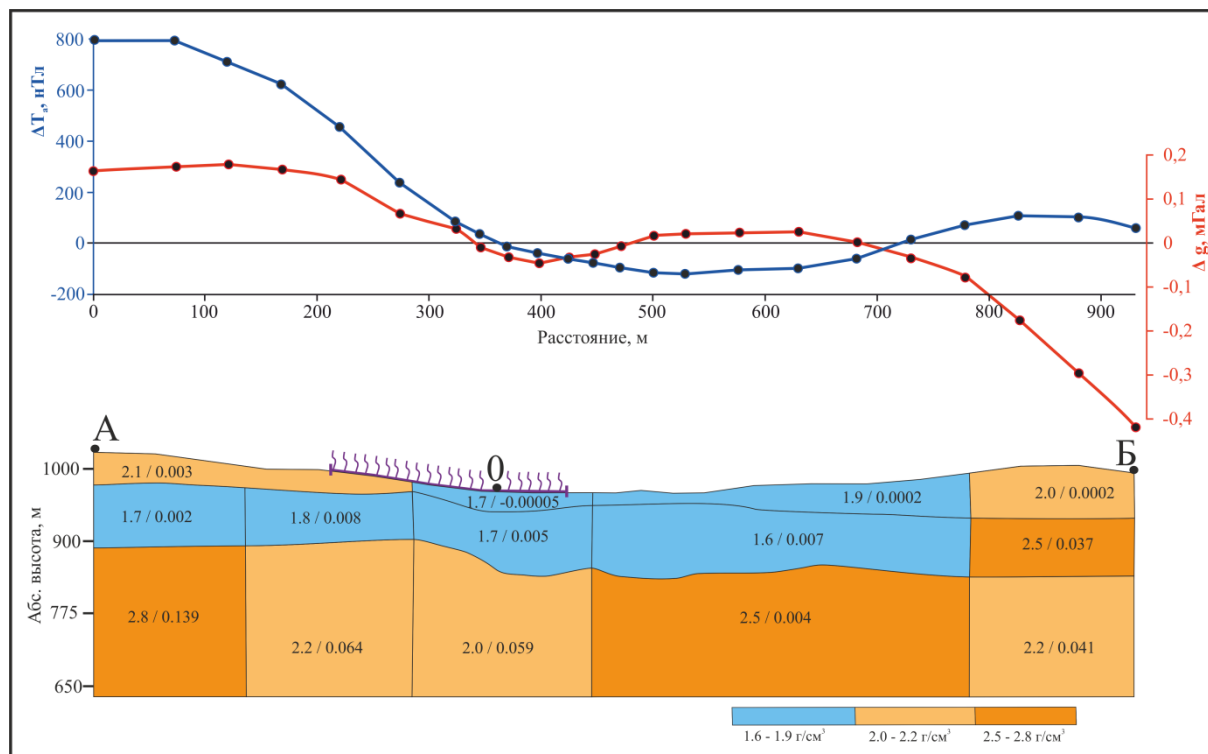


Рис. 2. Модель структуры ЮКЦ на основании гравиразведочных, магниторазведочных и электроразведочных данных по профилю АОБ. Цифрами на схеме отмечены средние значения плотности (г/см^3) и магнитной восприимчивости ($\cdot 10^{-3}$ СИ) (в знаменателе) для каждого блока. Фиолетовая линия – граница термального поля по 20 °С изотерме.

На графиках наблюдается согласованность данных, общий тренд снижения значений (ΔT_a) и (Δg) к центральной части т/п (точка О) с последующим увеличением магнитного поля и снижением плотности на границе блоков.

При моделировании за основу взят слоисто-горизонтальный геоэлектрический разрез, полученный по данным ВЭЗ [6]. Построенная модель структуры ЮКЦ состоит из 14 блоков, объединенных в горизонтально-блоковую структуру с тремя слоями.

В верхнем слое плотность изменяется в пределах от 1.7 до 2.1 г/см^3 , а магнитная восприимчивость от -0.00005 до $0.003 \cdot 10^{-3}$ СИ. Верхний слой состоит из нескольких горизонтов, полученных по данным ВЭЗ [6]. Удельное электрическое сопротивление (у.э.с.) пород приповерхностной толщи имеет высокие значения: 50-3000 Ом·м. Этот горизонт, по-видимому, сложен гидротермально-метасоматическими породами в центральной части и слабо измененными андезитами в краевых частях разреза.

В среднем слое плотность изменяется от 1.6 до 2.5 г/см^3 , магнитная восприимчивость $0.002-0.037 \cdot 10^{-3}$ СИ, у.э.с. 0.5-7 Ом·м и 6-10 Ом·м.

Эти характеристики обычно отвечают также разуплотненным и влагонасыщенным гидротермально измененным породам. В правой части выделен более плотной, магнитный блок, вероятно сложенный породами андезито-, андезибазальтового состава.

Нижний слой, по модельным расчетам, имеет более высокую плотность от 2.0-2.8 г/см³, магнитную восприимчивость от -0.004 до 0.139 ·10⁻³ СИ, удельное электрическое сопротивление 5-20 Ом·м. По-видимому, представлен андезитами разной степени изменения.

Под термальным полем в точке О выделяется область пароводонасыщенных пород с пониженной плотностью от 1.7 до 2.0 г/см³, с отрицательной магнитной восприимчивостью -0.00005 ·10⁻³ СИ, у.э.с. 0.5-0.8 Ом·м. Вероятно эта область является субвертикальным каналом, по которому поднимается флюид к дневной поверхности.

Авторы выражают глубокую признательность всем участникам структурно-геофизического отряда ИВиС ДВО РАН за содействие в проведении полевых исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-27-00019.

Список литературы

1. *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 Всероссийской научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 28-29 марта 2019 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 163-166.
2. *Рычагов С.Н., Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю. и др.* Геолого-геофизическая модель крупнейшего на Камчатке Нижне-Кошелёвского пародоминирующего геотермального месторождения // Доклады Академии наук. Т. 482. № 2. 2018. С. 183-187.
3. *Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Логинов В.А. и др.* Глубинное строение района Паужетской гидротермальной системы (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2021. № 1. С. 40-56. DOI: 10.31857/S020303062101003X
4. *Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю. и др.* Новые данные о строении зоны разгрузки гидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2017. № 5. С. 36-50. DOI: 10/7868/S0203030617050030
5. *Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю. и др.* Строение зоны разгрузки парогидротерм в районе Верхне-Паужетского термального поля (Южная Камчатка) // Геология и геофизика. 2020. Т. 61. № 9. С. 1194-1214. DOI: 10.15372/GiG2019163
6. *Феофилактов С.О., Нуждаев И.А., Денисов Д.К.* Строение зоны разгрузки парогидротерм Южно-Камбального Центрального термального поля по геофизическим данным (Южная Камчатка) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIII Всероссийской научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2020. С. 227-230.
7. *Фролова Ю.В., Рычагов С.Н., Чернов М.С. и др.* Инженерно-геологические аспекты изменения вулканогенных пород в зоне кислотного выщелачивания Южно-Камбальных термальных полей (Южная Камчатка) // Инженерная геология. 2020. Т. XV. № 1. С. 36-51. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2020-15-1-36-51>