

Геофизические исследования структуры Верхне-Кошелевской термоаномалии (Кошелевский вулканический массив, Южная Камчатка)

Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Феофилактов С.О.

Geophysical research of the Verkhne-Koshelevskaya thermal anomaly structure (Koshelevsky volcanic massif, Southern Kamchatka)

Bukatov Yu. Yu., Nuzhdaev I. A., Feofilaktov S. O.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский;

e-mail: tomgf@mail.ru

На площади Верхне-Кошелевской термоаномалии проведены геофизические исследования. Построена и описана вероятная сеточная (грид) двумерная модель структуры поля до глубины 600 м. В структуре термального поля выделяются участки с различными плотностными и магнитными характеристиками, структура поля неоднородна.

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.

Вулкан Кошелева (Кошелевский вулканический массив) расположен в юго-западной части полуострова Камчатка, вытянут в субширотном направлении от Охотского моря до Камбального хребта. Его длина составляет 20 км, ширина 14 км, абсолютная высота 1812 м. Ближайшими населенными пунктами являются п. Озерновский, расположенный северо-западнее на расстоянии 20 км, и п. Паужетка в 10 км на северо-восток. Кошелевский вулканический массив состоит из пяти (Древний, Западный, Валентин, Центральный, Восточный) сросшихся стратовулканов от нижнечетвертичного до голоценового возраста и относится к Паужетско-Камбально-Кошелевскому геотермальному району.

На склонах вулкана Кошелева находятся два очень крупных термальных поля, которые уместно также называть термоаномалиями (т/а) Верхне-Кошелевская и Нижне-Кошелевская, по периферии располагаются термальные источники (до 40 °С) различного состава. Нижне-Кошелевская термоаномалия расположена на западном склоне массива, где на относительно малой площади сосредоточено множество мощных газопаровых струй [1]. Бурением скважин в этом районе оконтурена зона перегретого (сухого) пара, распространяющаяся на глубину более 1.5 км. Установлено пародоминирующее геотермальное месторождение электрической мощностью ≥ 90 МВт [3]. Прогнозные геотермальные ресурсы всего Кошелевского вулканического массива составляют ≥ 300 МВт.

Верхне-Кошелевское термальное поле расположено в северо-западной части Кошелевского вулканического массива, в большой эрозионной котловине на абсолютных отметках 1200-1250 м. Гидрографическая сеть представлена тремя основными ручьями (Восточный, Западный, Дальний), вытекающими из-под снежников и сливающихся в единый поток (истоки р. Шумной) за пределами термального поля. Термопроявления представлены парогазовыми струями, водногрязевыми котлами, горячими источниками и озерами, парящими грунтами. Всего здесь было выделено три участка: Тартарары, Полигон и Кислый. Парогазовая активность приурочена, в основном, к долине руч. Восточный (участок Тартарары) [2]. Температуры парогазовых струй достигают 158 °С. Поле окружено экструзиями дациандезитов, в южной части кромки кратера вскрывается блок пород, отвечающих по составу и структуре микродиоритам (субвулканической фации пород среднего состава). Участок выхода гидротерм имеет весьма сложное геологическое строение. Площадь термального поля составляет 0.4 км².

В 2024 г. авторами были проведены наземные геофизические исследования методами магниторазведки и гравиразведки. В работе представлен анализ полученных результатов.

Аппаратура и методика исследований

В период июль-август 2024 г. проведены первые наземные гравиметрические исследования и магнитная съемка на площади Верхне-Кошелевского термального поля. Гравиметрия выполнялась 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. Время записи на точках ≥ 15 мин. Точность определения координат пунктов исследования в плане составляла 0.04 м, по высоте 0.05 м. Гравиметрические наблюдения выполнены в 40 пунктах по трем профилям широтного простирания (рис. 1). Профили «МН» и «РС» располагались в верхней и нижней части термального поля и имели длину 500 м и 480 м, соответственно. Профиль «ОП» проходил через центральную часть термального поля, его длина составила 1 км.

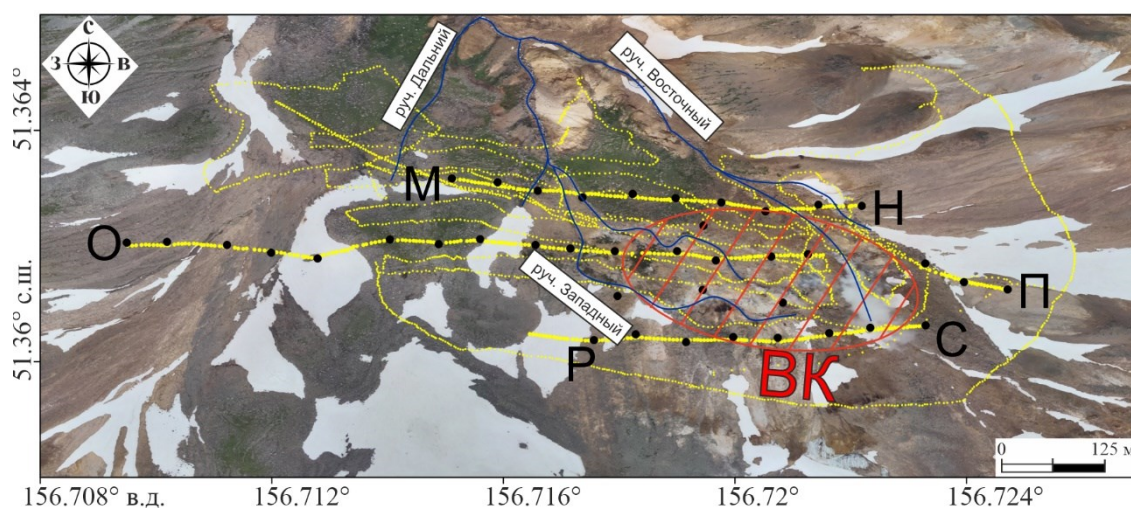


Рис. 1 Схема расположения геофизических профилей в районе Верхне-Кошелевской термоаномалии. Желтым цветом показаны пикеты магнитной съемки, черным – гравиметрические пункты измерений.

Магнитная съемка выполнена двумя магнитометрами «GSM-19W» на эффекте Оверхаузера (GEM Systems, Канада). Один прибор использовался для проведения рядовых измерений, другой – в качестве магнитовариационной станции для отслеживания суточных вариаций магнитного поля. Интервал между измерениями на магнитовариационной станции составлял 5 с, что позволило детально охарактеризовать суточные вариации магнитного поля. Магнитная съемка проведена по трем гравиметрическим профилям (рис. 1), а также по всей площади Верхне-Кошелевского термального поля с выходом за 20 °С изотерму, эта работа проводилась в 2017 г. Всего выполнено около 3000 рядовых замеров.

Для обеспечения работ современным картографическим материалом проводилась аэрофотосъемка с помощью квадрокоптера DJI Mavic 3T (DJI, Китай), оснащенного широкоугольной камерой. Плановая аэрофотосъемка проводилась на заданной высоте (100-500 м) от точки старта квадрокоптера. Полученные снимки обрабатывались в программном обеспечении Agisoft Metashape Professional. В результате обработки построены детальные ортофотопланы для Верхне-Кошелевской термоаномалии.

Полученные результаты

На графиках распределения потенциальных полей наблюдается ряд определенных закономерностей. Термальное поле, основная часть парогазовых струй мощных водных котлов, находится в зоне отрицательных значений аномального гравитационного поля интенсивностью от 0 до -0.4 мГал и отрицательных значений магнитного поля от -100 до -400 нТл. Северо-западная часть поля граничит с положительными аномалиями Δg до 0.5 мГал и ΔT_a от 100 до 300 нТл. Участку Таргарары соответствует область низких значений потенциальных полей Δg (-0.3 до -0.4 мГал) и ΔT_a (-200 нТл). Западная часть профиля О-П проходит в области отрицательных значений Δg , по периферии до -0.4 мГал, и положительных значений ΔT_a до +400 нТл; в центральной части значения Δg увеличиваются до +0.3 мГал, а ΔT_a уменьшаются до первых десятков нТл и происходит переход в область отрицательных значений; восточная часть располагается в области отрицательных значений Δg до -0.3 мГал и ΔT_a до -200 нТл.

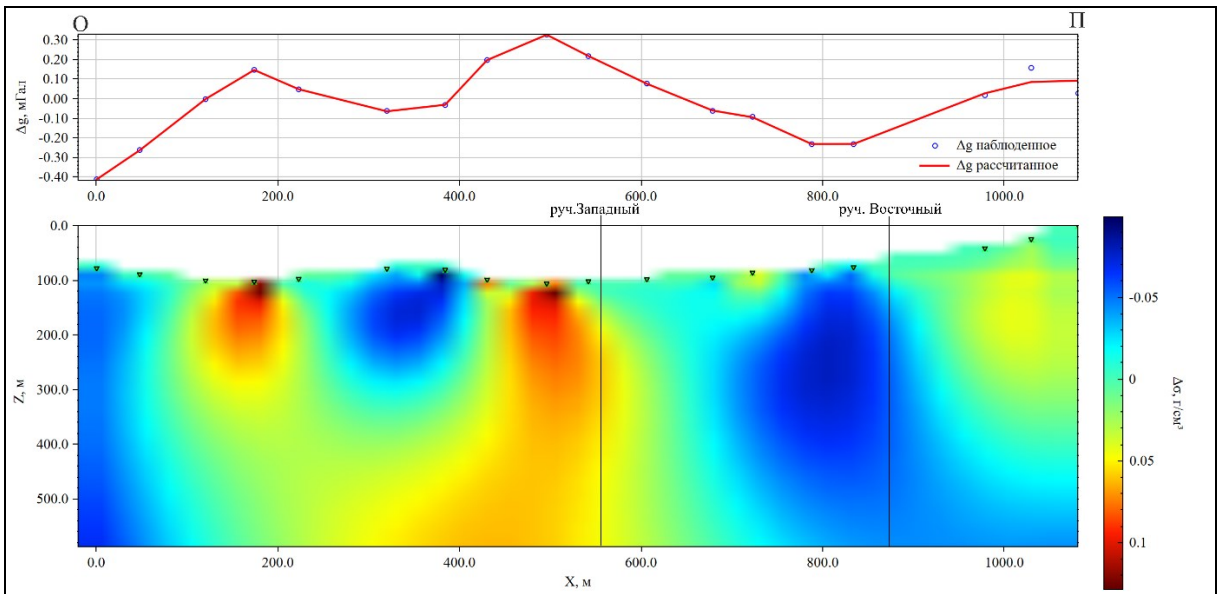


Рис. 2. Вероятная сеточная (гид) двумерная плотностная модель структуры Верхне-Кошелевской термоаномалии по профилю О-П.

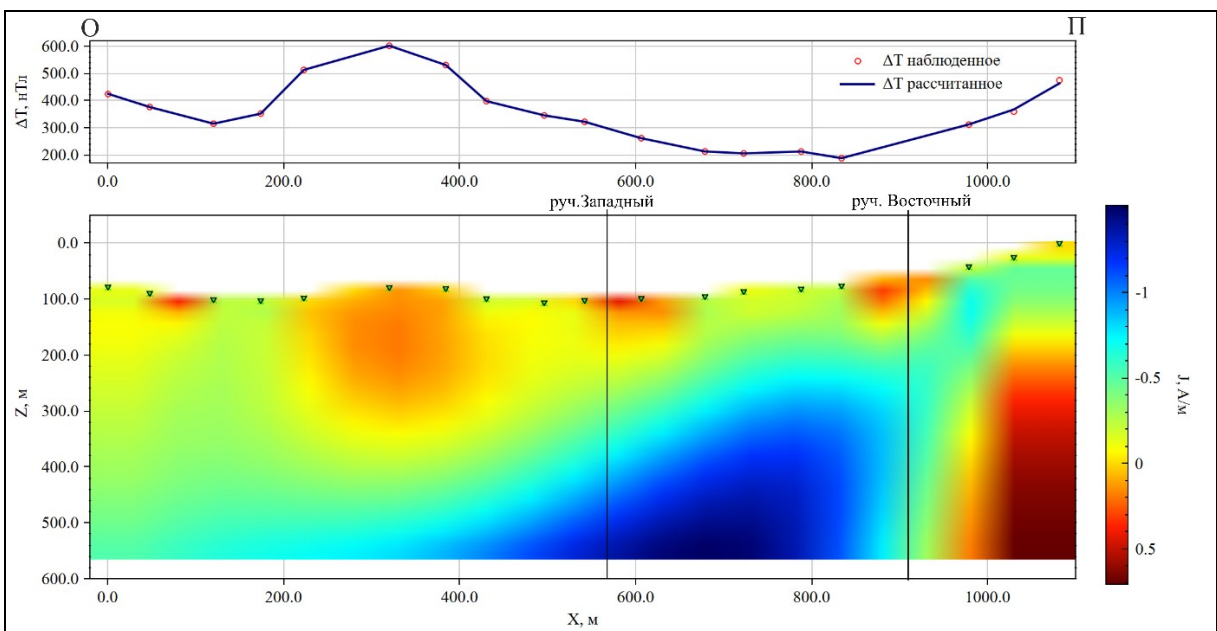


Рис. 3. Вероятная сеточная (гид) двумерная модель намагниченности структуры Верхне-Кошелевской термоаномалии по профилю О-П.

Учитывая все полученные геофизические данные, а также априорную геологическую информацию, построены сеточные модели структуры Верхне-Кошелевской термоаномалии по профилю О-П на глубину до 600 м (рис. 2, рис. 3). Решения двумерной задачи гравиразведки и магниторазведки для сеточных (грид) моделей проводилось в программе GravMagInv («ЛЮЛГЕО», Россия). Моделирование проводилось по данным 2024 г.

На графиках распределения потенциальных полей (рис. 2, рис. 3) наблюдается ряд определенных закономерностей. Центральная часть термального поля, участок Тартарары, характеризуется низкими значениями Δg и ΔT_a . Повышение значений графиков (ΔT_a и Δg) в восточной части соответствует выходу на склон вулкана Валентин. Западная часть профиля расположена на границе борта эрозионной котловины и характеризуется повышенными значениями ΔT_a (+400 нТл) и низкими значениями Δg (-0.4 мГал).

Построены сеточные модели предположительной структуры Верхне-Кошелевской термоаномалии. Сеточная модель, по данным аномального гравитационного поля (Δg), имеет четкую структуру. Выделяется зона с низкими относительными значениями плотности до -0.05 г/см^3 , а также две области повышенных значений в начале и конце профиля. На магнитной модели хорошо выделяются несколько областей: на краях профиля – область с высокими значениями намагниченности (J, А/м), и область низких значений, расположенная под участком Тартарары. На участке профиля от 200 до 400 м выделяется структура, имеющая низкие значения плотности и высокие значения намагниченности. Она территориально совпадает с осыпью крупнообломочных неизмененных пород, ширина осыпи составляет примерно 100 м, а мощность – не более 30-50 м.

В результате моделирования четко выделяется участок Тартарары как проницаемая на значительную глубину зона разрывных тектонических нарушений. В структуре термального поля выделяются участки с различными плотностными и магнитными характеристиками, структура поля неоднородна.

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 № 24-27-20083 (<https://rscf.ru/project/24-27-20083/>).

Список литературы

1. Вакин Е.А., Декусар З.Б., Сережников А.И., Спиченкова М.В. Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58-84.
2. Калачева Е.Г., Рычагов С.Н., Королева Г.П., Нуждаев А.А. Геохимия парогидротерм Кошелевского вулканического массива (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2016. № 3. С. 41-56.
3. Писарева М.В. Зона природного пара Нижне-Кошелевского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. 1987. № 2. С. 52-63.