

Характеристика зоны разгрузки парогидротерм в центральной части Паужетского геотермального месторождения по геофизическим данным

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

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: serg415@kscnet.ru

Работа посвящена изучению геологического строения и структурных особенностей центральной части Паужетского геотермального месторождения. Выполнены геофизические исследования методами термометрии, гравиметрии, магнитометрии, электроразведки (ВЭЗ, ЕП). Уточнена структура верхнего водоупора и водоносного горизонта. Выделены физические неоднородности, вероятно, определяющие распределение восходящих термальных, смешанных и метеорных вод.

Введение

Области гидротермальных разгрузок всегда были объектом повышенного интереса для фундаментальных исследований. Интересно и важно разобраться в природе и структуре таких участков, понять их взаимосвязь друг с другом и гидротермальной системой в целом. Методы геофизики, основанные на выделении контрастных по физическим характеристикам зон, идеально подходят для таких задач. В последние годы сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН проводятся тематические исследования по комплексному геолого-геофизическому изучению структурных особенностей термопроявлений геотермальных месторождений юга Камчатки [1, 3, 5, 7, 8, 9]. Большой объем работ выполнен на Паужетском геотермальном месторождении. Оно включает в себя четыре крупных термопроявления: Южно-, Верхне-, Нижне- и Восточно-Паужетское термальные поля (т/п). На месторождении выделены субкольцевые области тектонически приподнятых блоков пород, к которым приурочены гидротермальные разгрузки [6]. В районе Восточно-Паужетского т/п установлено наличие контрастного по физическим характеристикам блока пород на глубине первые десятки метров, предположительно субинтрузивного тела основного или среднего состава [9]. Наличие подобных тел, вероятно, обуславливает перераспределение теплового потока и движение термальных вод в гидротермальной системе. В центральной части месторождения выделена подобная структура приподнятого блока, к которой приурочены Южно-, Верхне-, Нижне-Паужетское т/п. Настоящая работа направлена на изучение строения и физической природы зоны разгрузки парогидротерм в этой части Паужетского геотермального месторождения.

Методика и аппаратура исследований

Геофизические исследования проведены методами термометрии, гравиметрии, магнитометрии, электроразведки (ВЭЗ и ЕП). Площадные работы выполнены в районе Верхне-Паужетского т/п с выходом за его пределы. Сеть наблюдений составила 20×20 м со сгущением в области естественной разгрузки гидротерм. Для изучения структурных особенностей крупнейших термопроявлений центральной части Паужетского геотермального месторождения проведены геофизические исследования по профилю А-Б (рис. 1). Профиль расположен субширотно (З-В) и начинается от правого берега реки Паужетка, проходя через Южно-, Верхне-, Нижне-Паужетское т/п. Последнее находится в долине ручья Быстрый, на правом борту которого заканчивается профиль. Его длина составляет 700 м. Шаг измерений по профилю составил 5-10 м для температурной съемки грунтов, магниторазведочных и электроразведочных работ методом ЕП, 10-20 м – для гравиразведки, 30-50 м – для электроразведочных работ методом ВЭЗ.

Температурная съемка грунтов производилась заводским комплектом термопар на глубине 60-80 см, что исключает влияние атмосферных факторов на результаты измерений. Магниторазведочные работы выполнены комплектом из двух магнитометров GSM-19W на эффекте Оверхаузера (GEM Systems, Канада). Один использовался в качестве магнитовариационной станции, вторым проводились рядовые измерения. Электроразведочные работы методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) выполнены симметричной четырехэлектродной расстановкой с использованием многофункционального измерителя МЭРИ-24 (ООО “Северо-Запад”, Россия) и электроразведочного генератора ВП-1000 (ООО “Элгео”, Россия). Разносы питающей линии до 800 м. Измерения методом естественного электрического поля (ЕП) выполнены по способу потенциала с использованием неполяризующихся электродов и портативного цифрового мультиметра.

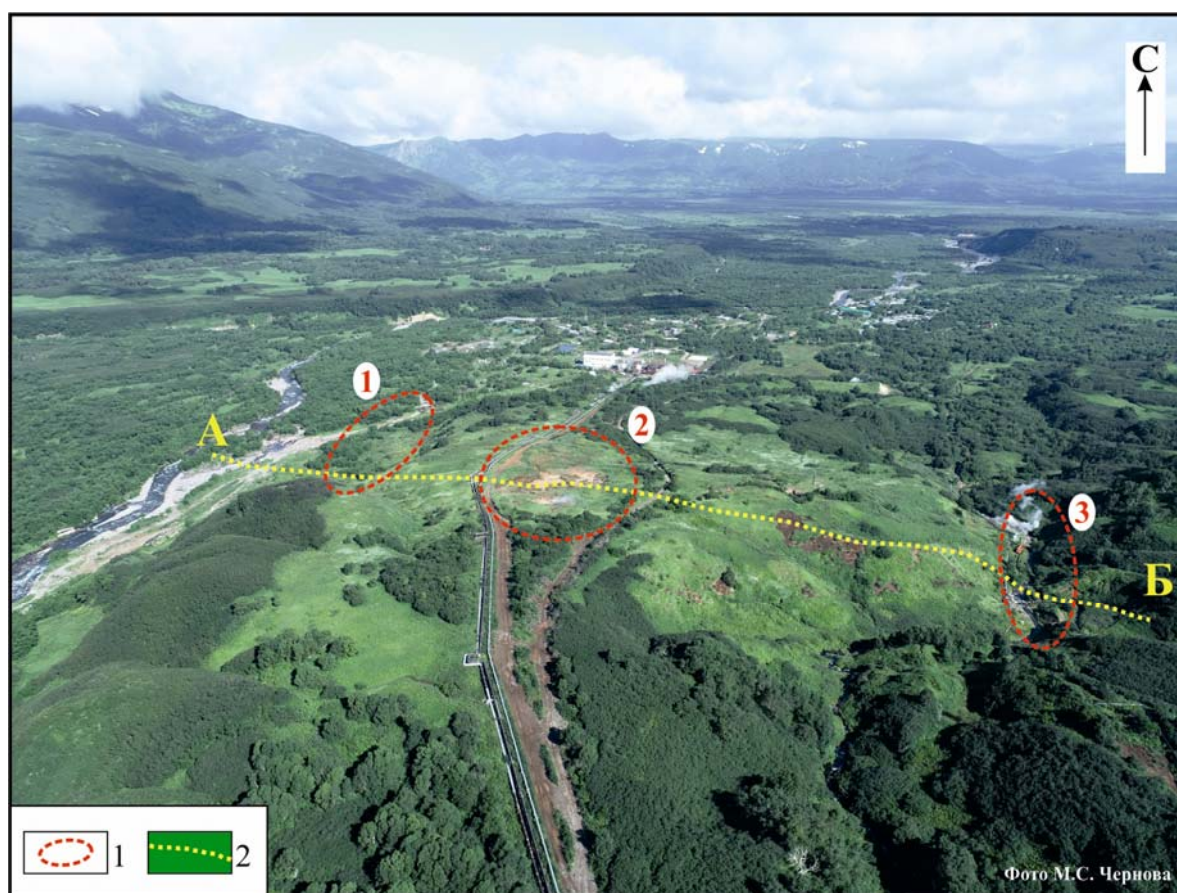


Рис. 1. Центральная часть Паужетского геотермального месторождения. Обозначения: 1- участки гидротермальных разгрузок: 1- Южно-, 2- Верхне-, 3- Нижне-Паужетское термальные поля; 2- профиль комплексных геофизических исследований.

Фактический материал исследований

По результатам температурной съемки грунтов максимальные температуры отмечены в центральной части Верхне-Паужетского т/п (105-107 °С). На участках Южного и Нижнего т/п максимальная температура достигает 90 °С. Область 20 °С изотермы включает в себя термопроявления Южно-, Верхне-Паужетское и локально прогретый участок между Верхне- и Нижне-Паужетским т/п. Термопроявление в долине ручья Быстрый выделяется отдельно.

В поле силы тяжести в редукции Буге (Δg_b) т/п Южно- и Нижне-Паужетское приурочены к области отрицательных значений (рис. 2), Верхне-Паужетское т/п характеризуется повышенными значениями Δg_b (до +0,3 мГал).

В аномальном магнитном поле (ΔT_a) по результатам микромагнитной съемки все термопроявления приурочены к областям отрицательных значений. Верхне- и Южно-Паужетское т/п приурочены к единой области отрицательных значений (до -250 нТл), а Нижне-Паужетское т/п локализовано отдельно (до -600 нТл). Термопроявление на левом борту ручья Быстрый приурочено к зоне с положительными значениями ΔT_a до +180 нТл.

В поле естественных электрических потенциалов положительными значениями до +70 мВ выделяются т/п Южно- и Нижне-Паужетское, в то время как Верхне-Паужетское т/п относится к области пониженных значений (до -25 мВ). По результатам работ методом ВЭЗ определено что все термальные поля на глубине относятся к одному проводящему комплексу пород (трещиноватых и пористых туфов, туффитов) с удельным электрическим сопротивлением (у.э.с.) до 5 Ом·м. Приповерхностная часть разреза обладает высокими сопротивлениями пород порядка 500-1000 Ом·м. Области разгрузки гидротерм в приповерхностной части выделяются пониженными значениями у.э.с. (первые десятки Ом·м), что хорошо видно на псевдоэлектрическом разрезе по профилю А-Б (рис.2). Отмечается хорошая корреляция данных электроразведки с результатами магнитной съемки. Области пониженных значений ΔT_a соотносятся с местами выхода проводящего горизонта пород к поверхности, а области высокоомного приповерхностного горизонта характеризуются положительными значениями ΔT_a .

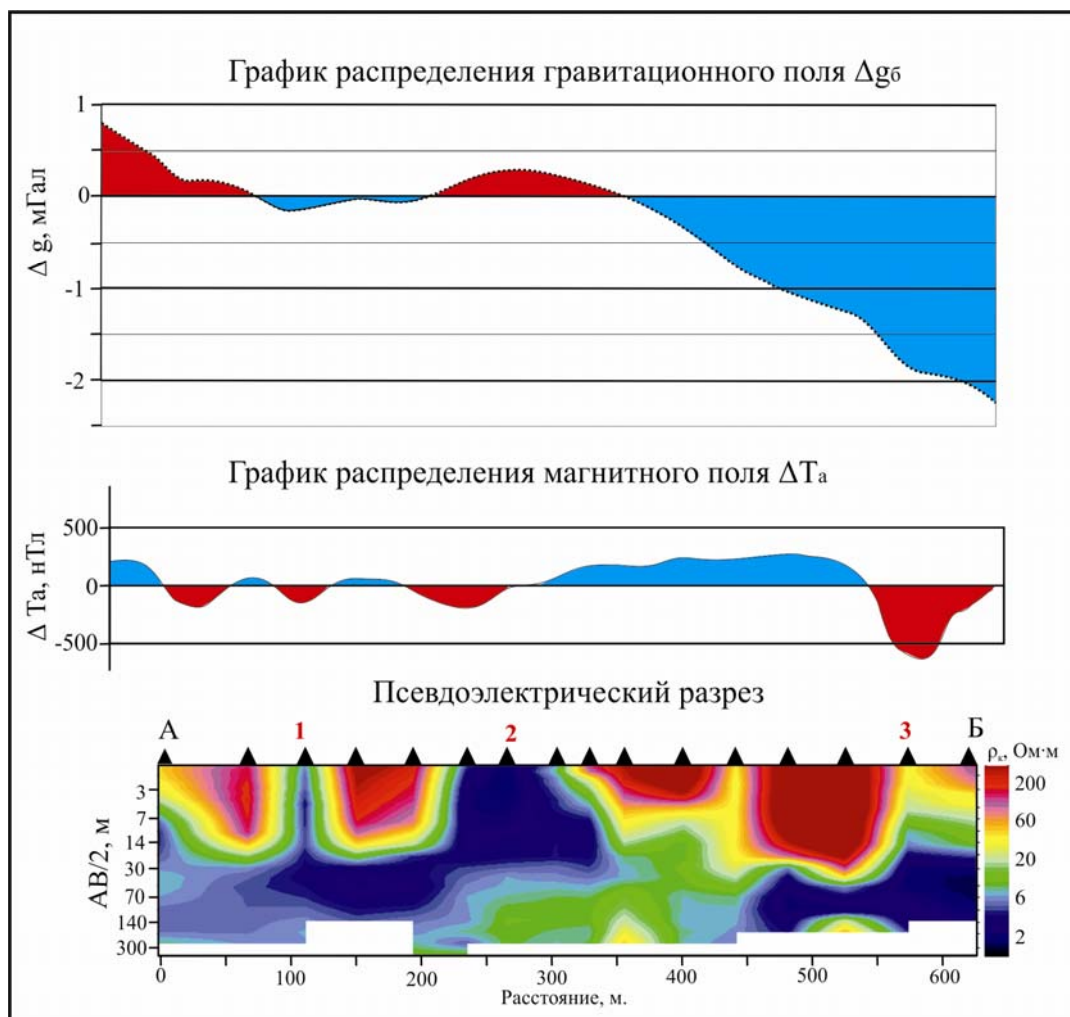


Рис. 2. Геофизические данные по профилю А-Б. Цифрами обозначены термальные поля как на рис. 1.

Заключение

По результатам комплексных геофизических исследований получены новые данные о геологическом строении приповерхностной толщи пород центральной части Паужетского геотермального месторождения. Установлено, что все разгрузки гидротерм приурочены к одному водоносному комплексу мощностью до 150 м. Породы в приповерхностной части обладают высокими значениями у.э.с., горизонт выклинивается к поверхности в местах расположения термопроявлений. На глубине 40-60 м под Верхне-Паужетским полем установлено наличие области с контрастными петрофизическими параметрами относительно вмещающих пород. Выделенный участок обладает повышенной плотностью, пониженными магнитными характеристиками и повышенным значением у.э.с. до 50 Ом·м. Сопоставляя эти данные с геологическими колонками по скважинам К-14, К-13, такими породами могут служить кварц-адуляровые метасоматиты, которые имеют максимальную мощность и распространение в районе Верхне-Паужетского т/п [2]. По гравимагнитным данным можно предположить наличие крупной зоны повышенной трещиноватости в долине ручья Быстрый, вероятно тектонического происхождения.

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. Букатов Ю.Ю., Феофилактов С.О., Нуждаев И.А. и др. Результаты гравиметрических работ на Паужетском геотермальном месторождении (Южная Камчатка) // Материалы IX Сибирской конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. С. 82-84.
2. Жатнуев Н.С., Рычагов С.Н., Миронов А.Г. и др. Пародоминирующая система и геохимический барьер жидкость-пар Верхнего термального поля Паужетского месторождения // Вулканология и сейсмология. 1991. № 1. С. 62-78.
3. Нуждаев И.А., Феофилактов С.О. Зимние магнитометрические исследования на Паужетском геотермальном месторождении: методика, краткие результаты // XII Региональная молодежная научная конференция "Исследования в области наук о Земле". Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 75-84.
4. Рычагов С.Н., Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю. и др. Геолого-геофизическая модель крупнейшего на Камчатке Нижне-Кошелевского пародоминирующего геотермального месторождения // Доклады РАН. 2018. Т. 482. № 2. С. 183-187.
5. Рычагов С.Н., Сергеева А.В., Чернов М.С. Специфические минеральные ассоциации гидротермальных глин (Южная Камчатка) // Доклады РАН. 2017. Т. 477. № 1. С. 81-86.
6. Структура гидротермальной системы. Москва: Наука. 1993. 298 с.
7. Феофилактов С.О., Букатов Ю.Ю., Денисов Д.К. и др. Новые геофизические данные о строении зон разгрузки гидротерм Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка) // Материалы IX Сибирской конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. С. 644-646.
8. Феофилактов С.О., Нуждаев И.А., Букатов Ю.Ю. Строение зон разгрузки гидротерм Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка) по геофизическим данным // XXVII Всероссийская молодежная конференция «Строение литосферы и геодинамика» с участием исследователей из других стран. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2017. С. 244-245.
9. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю. и др. Новые данные о строении зоны разгрузки гидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля // Вулканология и сейсмология. 2017. № 5. С. 36-50.