

УДК 553.078.2

ЗИМНИЕ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА
ПАУЖЕТСКОМ ГЕОТЕРМАЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ:
МЕТОДИКА, КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Нуждаев И.А., Феофилактов С.О.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

Научный руководитель: д.г.-м.н. С.Н. Рычагов

В марте 2014 г. на площади Паужетской гидротермальной системы и одноименного геотермального месторождения проведена площадная магнитометрическая съемка. Наблюдения проводились по нерегулярной сети с использованием современных магнитометров на эффекте Оверхаузера GSM-19, что повысило точность съемки и производительность работ. Один прибор использовался в качестве магнитовариационной станции, с интервалом между измерениями 20 с, что позволило детально охарактеризовать суточные изменения магнитного поля. Вторым прибором выполнялись рядовые измерения. Для увеличения производительности работ оператор на лыжах буксировался за снегоходом со средней скоростью 5-10 км/ч. За восемь рабочих дней выполнено более 10 000 рядовых замеров магнитного поля на территории 11 км².

В результате построена площадная карта аномального магнитного поля ΔT_a для Паужетского геотермального месторождения. Выделены геологические структуры, которые могут быть перспективны для поиска термальных вод.

Ключевые слова: геотермальное месторождение; магнитная съёмка; карта; аномалия.

ВВЕДЕНИЕ

Паужетская гидротермальная система и одноименное геотермальное месторождение расположены в южной части полуострова Камчатка. В этом районе, начиная с 1950-60-х годов, проводились государственные геологические съемки, тематические геофизические, гидрогеологические и др. исследования. На основании этих работ было выделено Паужетское вододоминирующее геотермальное месторождение, в 1966-67 гг. введена в эксплуатацию первая в СССР и России опытно-промышленная Паужетская геотермальная станция, поставляющая до настоящего времени электрическую энергию в поселки на рыбокомбинаты Усть-Большерецкого района Камчатского края. В последние годы происходит рост потребления элек-

трической энергии в районе, требуемая мощность превышает мощность Паужетской ГеоЭС. При этом наблюдается снижение параметров (температуры, количество вырабатываемого сухого пара) эксплуатационных участков Паужетского месторождения. Последнее, помимо возможных технических причин, связано с недостаточной геологической изученностью месторождения. В частности, на наш взгляд требуется существенная корректировка геолого-гидрогеологической модели, сформулированной В.В. Аверьевым с коллегами [5], на которой до настоящего времени основана эксплуатация месторождения. Очевидна необходимость проведения дополнительных комплексных геолого-геофизических и гидрогеологических исследований, поисково-разведочных работ и бурения новых разведочных и эксплуатационных скважин на Паужетском геотермальном месторождении, что было отмечено в работе [8].

В последние годы на площади Паужетской гидротермальной системы проводятся тематические исследования Южнокамчатско-Курильской экспедицией ИВиС ДВО РАН: геологическое, геохимическое и гидрогеологическое опробование; изучение свойств гидротермальных глин и др. минеральных новообразований; слежение за изменением температурного и геохимического режимов термальных полей; изучение структуры термопроявлений геофизическими методами [7].

В связи со сложным рельефом и густой растительностью в изучаемом районе проведение детальной наземной площадной магнитной съёмки для Паужетского геотермального месторождения в летний полевой период не представляется возможным. Поэтому авторами магнитометрические исследования выполнены в зимний период при мощности снегового покрова до пяти метров, что значительно упростило передвижение на местности и повысило производительность работ. Следует отметить, что ранее магнитометрические исследования проводились – аэромагнитные в масштабе 1:50 000, захватывающие площадь Паужетской гидротермальной системы,

и наземные в масштабе 1:10 000 непосредственно на территории системы и месторождения (фондовые материалы). Но эти работы позволили выделить только крупные отрицательные магнитные аномалии, соответствующие основным геологическим структурам в районе гидротермальной системы – зонам региональных разломов, Паужетскому грабену и т.п. Все это определило актуальность постановки наших исследований.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАБОТ

Паужетское геотермальное месторождение расположено в кальдере диаметром 20-25 км среднечетвертичного возраста [3]. В строении месторождения принимают участие вулканогенно-осадочные, вулканические и интрузивные породы основного, среднего и кислого состава, от миоценового до плейстоценового возраста [8] (рис. 1). Наиболее изученная верхняя часть разреза сложена потоками лав андезидацитов и андезибазальтов, образованных на этапе формирования тектоно-магматического поднятия Камбального хребта, а также туфами и туффитами Верхнепаужетской подсквиты и верхнечетвертичными отложениями Паужетского грабена. Разгрузка тепла на дневной поверхности происходит на нескольких термальных полях: Восточно-, Верхне-, Южно- и Нижне-Паужетском. Термальные поля приурочены к приподнятым тектоническим (тектоно-магматическим ?) блокам, по которым происходит подъем к дневной поверхности высокотемпературных (до 220 °С на глубине 600-800 м) гидротерм; в трещинно-брекчиевых зонах внутри блоков и на их границах происходит смешение термальных вод с инфильтрационными метеорными водами.

Вероятно, такие структуры в недрах Паужетского месторождения контролируют геотермальные процессы и, более того, с ними могут быть связаны источники тепла для Паужетской гидротермальной системы. Вопрос об источнике тепла для системы остается не решенным. Традиционно считается, что источник тепла для Паужетской гидротермальной сис-

темы может быть наведенным: находится в недрах Камбального хребта [5] или в структуре Кошелевского вулканического массива [2]. В связи с полученными в последние годы новыми данными эти концепции могут быть пересмотрены.

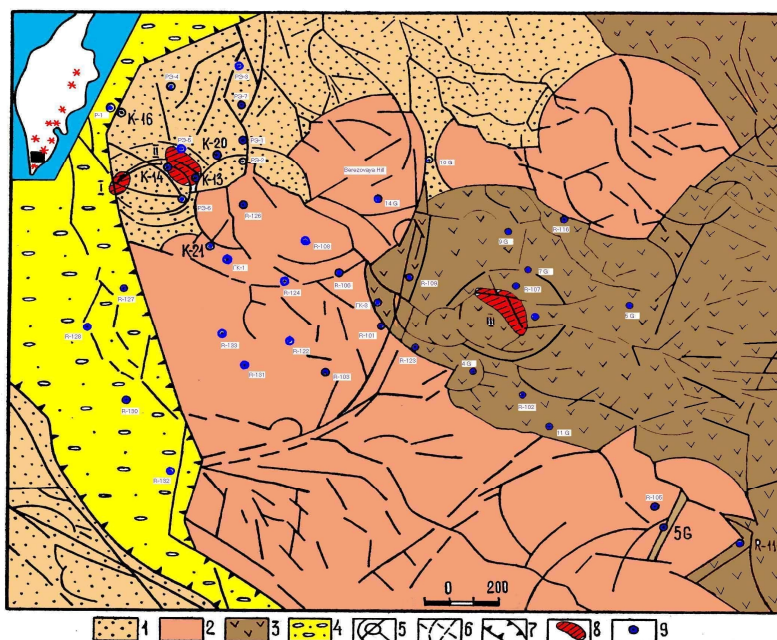


Рис. 1. Схема геологического строения Паужетского геотермального месторождения [8]. 1 – вулканогенно-осадочные породы Верхне-Паужетской подсвиты; 2 – лавы андезидацитов Камбального хребта; 3 – лавы андезибазальтов Камбального хребта; 4 – современный Паужетский грабен; 5, 6 – кольцевые и линейные тектонические нарушения; 5 – отдешифрированные в рельефе и подтвержденные геолого-геофизическими, геохимическими и другими материалами, 6 – предполагаемые; 7 – границы Паужетского грабена; 8 – термальные поля; I – Южное, II – Верхнее, III – Восточное; 9 – скважины колонкового бурения и их номера.

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА РАБОТ

Магнитометрическая съемка выполнялась двумя современными магнитометрами на эффекте Оверхаузера GEM GSM-19W v7.0. Эти приборы оснащены системой GPS, имеют встроенную память, высокое разрешение 0.01 нТл и абсолютную точность 0.2 нТл в широком температурном диапазоне от -40°C до $+55^{\circ}\text{C}$, быструю скорость регистрации данных [6]. Использование аппаратуры такого класса позволило повысить производительность работ, а также понизить трудозатраты. Один прибор использо-

вался для проведения рядовых измерений на площади, а другой в качестве магнитовариационной станции. Интервал между измерениями на магнитовариационной станции составлял 20 с, что позволило детально охарактеризовать суточные вариации магнитного поля. Значения магнитного поля варьировали от 49 608 до 52 325 нТл.

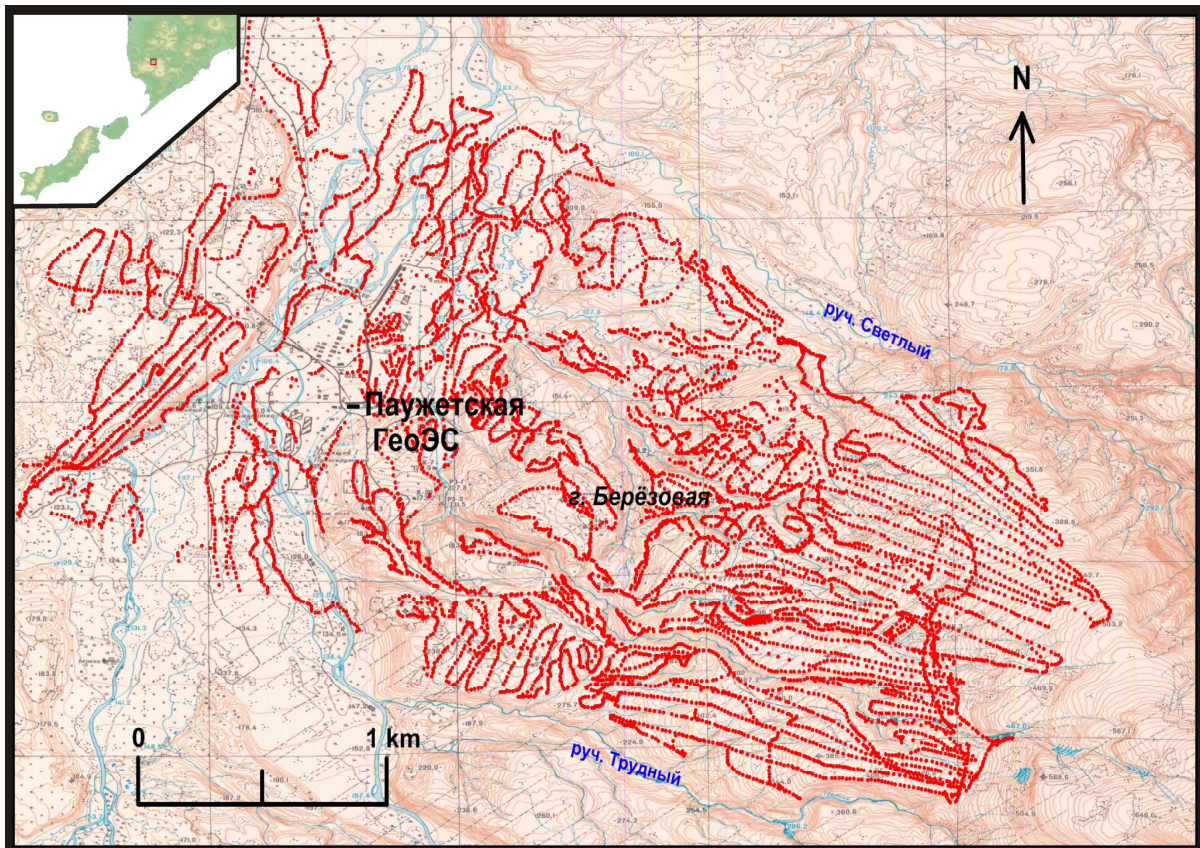


Рис. 2 Схема магнитометрических исследований на Паужетском геотермальном месторождении в марте 2014 г. Точками обозначены пикеты измерений.

Для увеличения скорости съёмки и как следствие площади измерений оператор с магнитометром буксировался за снегоходом на лыжах. Измерения выполнялась в ручном режиме, с временным интервалом 6 с, средняя скорость движения снегохода составила 5-10 км/ч. Высота магниточувствительного датчика составляла 2.2 м, что снизило влияние содержащегося металла в лыжах и ботинках до $\pm 2-3$ нТл. Буксировка осуществлялась капроновым канатом на расстоянии 10 м, тем самым, исключая влияние помех, создаваемых снегоходом. Перед проведением площадных работ был проведен азимутальный ход, погрешность измерений составила

± 1 нТл. Мощность снегового покрова составляла от 1 до 5 м и при построении карты аномального магнитного поля не учитывалась. За 8 рабочих дней проведена магнитометрическая съемка на площади 11 км^2 (рис. 2). Контрольные измерения выполнены в объеме 9 % от общего количества точек – 10784, среднеквадратическая погрешность съемки составила ± 18 нТл.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В итоге для Паужетского геотермального месторождения была построена площадная карта распределения аномального магнитного поля ΔT_a (рис. 3). На ней четко выделяются две крупные области отрицательного аномального магнитного поля ΔT_a .

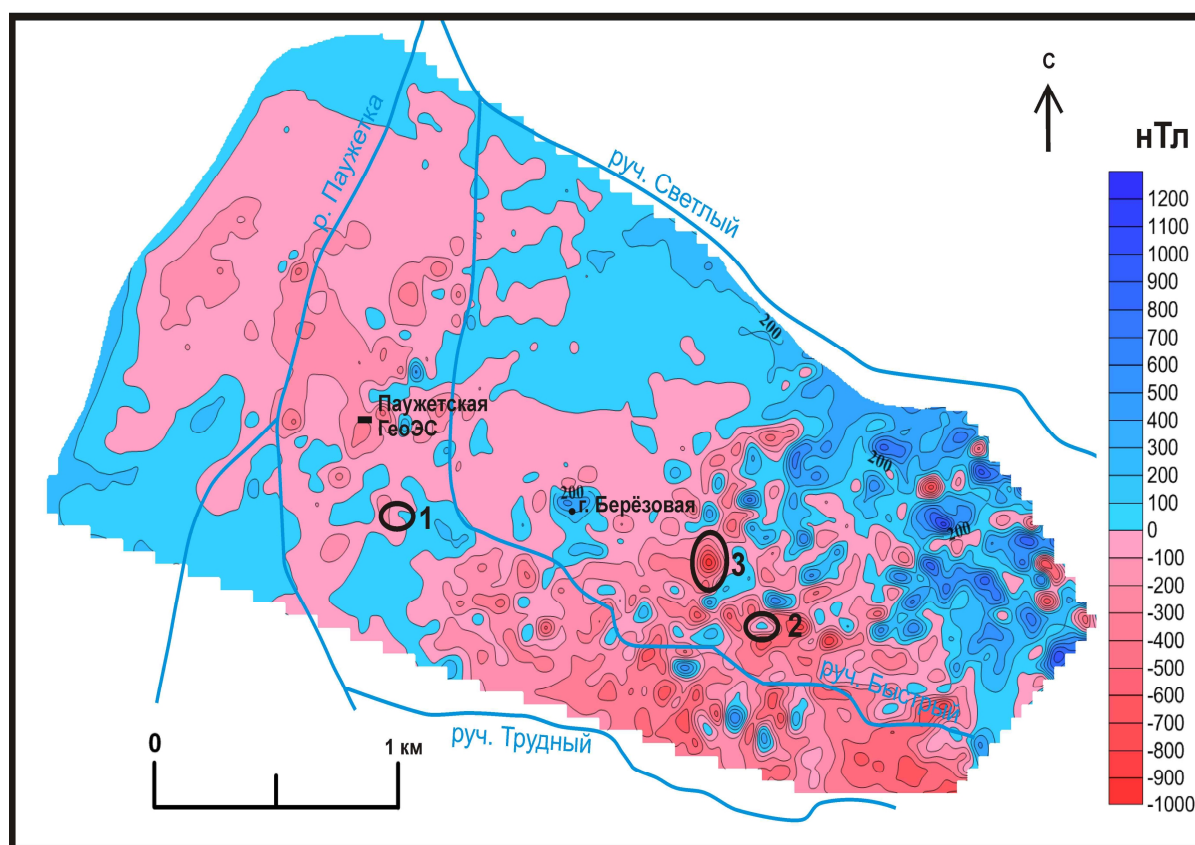


Рис. 3. Карта аномального магнитного поля ΔT_a для Паужетского геотермального месторождения. 1- район Верхне-Паужетского термального поля; 2 - район Восточно-Паужетского термального поля; 3 – выделенная отрицательная аномалия, предположительно интерпретируемая как область скрытой разгрузки гидротерм, прилегающая к магматическому телу среднего состава.

СЗ область включает в себя обширное поле налевой террасе р. Паужетка, а также все известные разгрузки гидротерм на дневной поверхности. К ним относятся Южно-Паужетское, Нижне-Паужетское и Верхне-Паужетское термальные поля. В целом, эта область относится к зоне латерального растека гидротермальных растворов Паужетской гидротермальной системы, чем, видимо, и объясняется слабо дифференцированное отрицательное магнитное поле. Расположение Верхне-Паужетского термального поля (участок 1 на рис. 3) в изометричной отрицательной аномалии, окруженной породами с высокой остаточной намагниченностью, косвенно подтверждает сделанный ранее вывод о наличии здесь приподнятого блока пород, контролирующего восходящий геотермальный поток и приповерхностную зону пара. На этом участке также проведена микромагнитная съемка в августе 2013 г. Тенденция аномального магнитного поля идентична представленной на рисунке 3.

ЮВ область отличается от СЗ области отрицательных значений ΔT_a наличием большого числа локальных отрицательных аномалий ΔT_a , к одной из которых приурочено Восточно-Паужетское термальное поле (участок 2 на рис. 3). Однако в центральной части поля выделяется положительная магнитная аномалия со значениями ΔT_a до +505 нТл. Этот результат подтверждает данные микромагнитной съемки, проведенной ранее в летний полевой период (август 2013 г.). Мы полагаем, что положительная магнитная аномалия в центре термального поля может свидетельствовать в пользу внедрения субвертикального интрузивного тела основного-среднего состава, кровля которого приближена к дневной поверхности и с которым собственно связано образование тектоно-магматического поднятия Восточно-Паужетского термального поля. Обширная область отрицательных значений ΔT_a вокруг этой положительной аномалии ΔT_a может указывать на наличие скрытой разгрузки гидротермальных растворов в геологической структуре размером в плане 700 x 800 м. Крупная относи-

тельно изометричная аномалия положительных значений ΔT_a выделяется в районе горы Березовая, которая ранее по косвенным данным описывалась как экструзия дацитового состава [1]. Наши данные подтверждают наличие здесь крупного, по-видимому, экструзивно-субвулканического тела, но имеющего основной или средний состав.

По результатам зимних магнитометрических исследований выделена крупная отрицательная магнитная аномалия (участок 3 на рис. 3). В последующий летний полевой сезон (август 2014 г.) её границы были локализованы, выделены два центра со значениями ΔT_a до -2000 нТл. Этот участок может быть перспективным для поиска перегретого пара или гидротерм. В целом, вся ЮВ область представляет повышенный интерес на предмет выделения здесь локальных геологических структур (тектонических или тектоно-магматических блоков), которые могут контролировать потоки геотермального теплоносителя.

ВЫВОДЫ

1. Отработана методика площадной магнитной съёмки с использованием снегохода.
2. Построена карта аномалий магнитного поля ΔT_a на площади 11 кв. км, включающей Паужетское геотермальное месторождение.
3. Выделена Юго-Восточная высокоградиентная область магнитного поля с локальными отрицательными аномалиями. Эти аномалии трассируют зоны, сложенные породами с низкой остаточной намагниченностью, и тектоно-магматические блоки, которые могут контролировать геотермальный теплоноситель.

Авторы признательны Сокоренко Александру Васильевичу за непосредственную помощь в проведении магнитной съёмки и предоставление фотоматериалов. Выражаем также искреннюю признательность Ю.Ю. Бу-

котову, Т.В. Шевченко, О.В. Толстых и О.Н. Семеновой за содействие в выполнении исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-05-31158мол_а) и Дальневосточного отделения РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.И. Геология геотермальных полей в современных вулканических областях. М.: Наука, 1978. 178 с.
2. Воронков В.А. К вопросу о схематизации гидрогеологических условий Паужетского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. 1983. № 5. С. 39–51.
3. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. 170 с.
4. Инструкция по магниторазведке (наземная магнитная съёмка, аэромагнитная съёмка, гидромагнитная съёмка). Л.: Недра, 1981. 263 с.
5. Паужетские горячие воды на Камчатке. М.: Наука, 1965. 208 с.
6. Руководство по эксплуатации GSM-19 v7.0 www.gemsys.ca 2007. 137 с.
7. Рычагов С.Н. Исследования Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН в Паужетско-Камбально-Кошелевском геотермальном районе на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2. Вып. № 12. С. 203-206.
8. Структура гидротермальной системы. М.: Наука, 1993. 240 с.

WINTER MAGNETOMETER SURVEY IN THE AREA OF PAUZHETSKY GEOTHERMAL DEPOSIT: METHODS AND SHORT RESULTS

Nuzhdayev I.A., Feofilaktov S.O.

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS

Kamchatsky State University names of Vaitys Bering

Scientific chief: Dr. Rychagov S.N.

The area magnetometer survey was conducted on the area of Pauzhetsky hydrothermal system and the geothermal deposit of the same name in March 2014. Observations were made on an irregular network with the use of modern magnetometers on the effect of Overhouse GSM – 19 that increase accuracy of survey and productivity of works. One device was used as the magnetovariation station, with 20 sec. intervals between measurements that allowed to describe the daily changes of magnetic-field in detail. The ordinary measurement was executed by the second device. To increase the productivity of works an operator on skis was towed after a snowmobile with the average speed of 5-10 km/h. More than 10 000 ordinary measurements of magnetic-field were executed on the area of 11 км² for eight working days.

As a result the area map of abnormal magnetic-field ΔT_a was made for Pauzhetsky geothermal deposit. Geological structures that can be perspective for the search of thermal waters are distinguished.