

УДК 553.078.2

МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОЙ ТЕРМОАНОМАЛИИ

Нуждаев И.А., Феофилактов С.О. (5 курс)

Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,

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

В 2010 году на Нижне-Кошелевском геотермальном месторождении сделана площадная магнитная съемка. Целью проводимых работ было изучение структуры современной геотермальной аномалии, развивающейся на юго-западном склоне Кошелевского вулканического массива в поле андези-базальтов. Измерения магнитной индукции производились двумя протонными магнитометрами ММП-203 (расхождения показаний приборов ± 1 нТл, что соответствует точности прибора). Для контроля суточных вариаций магнитного поля один магнитометр использовался как вариационная станция (показания измерений снимались в течение всего рабочего времени через каждые 10 минут). Составлена карта магнитных аномалий на площади 1 км^2 и произведено сопоставление с уже имеющейся картой интенсивности магнитного поля.

Ключевые слова: Нижне-Кошелевское геотермальное месторождение, магнитная съемка, магнитная индукция, карта магнитных аномалий, сопоставление результатов.

Введение

Вулкан Кошелева представляет значительный интерес для геолого-геофизических исследований, поскольку является длительно развивающейся (с миоцена по голоцен) тектоно-магматической структурой, сложенной вулканами, экструзивными куполами и интрузивно-субвулканическими телами. На склоне этого вулканического массива имеются одни из самых мощных на Камчатке выходы термальных вод и перегретого пара - Верхне- и Нижне- Кошелевские термальные поля. Общий вынос тепла составляет около $75\,000 \text{ ккал/сек}$ [2]. На склонах этого вулкана в разные года проводили свои исследования Вакин Е.А., Сережников А.И., Писарева М.В., Корякин Ю.Л., Шварц Я.Б. и др. Было произведено разведочное бурение. Прогнозная мощность Нижне-Кошелевского геотермального месторождения оценивается в 90 МВт , [3].

В последние годы в этом районе проводятся работы Южнокамчатско-Курильской экспедиции Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН по изучению температурного поля, состава газа, состава формирующихся термальных вод, солевых отложений, гидротермальных глин и др., также проведены геофизические исследования. Авторами в составе геофизической группы выполнены исследования в районе Нижне-Кошелевского геотермального месторождения и одноименной термоаномалии методами микросейсмического зондирования, высокоточной гравиметрической и магнитной съемки.

Целью детальной магнитной съемки является: уточнение геологического строения центральной части Нижне-Кошелевского геотермального месторождения.

Задачи: 1) выделение комплексов пород, слагающих этот участок; 2) картирование зон разрывных нарушений, контролирующих современное тепловое поле или палеогидротермальные структуры; 3) определение границ изучаемой термоаномалии; 4) сравнительная характеристика полученных данных с результатами тематических научных и поисково-разведочных работ.

Краткая геологическая характеристика района работ

Вулкан Кошелева (высшая отметка 1812 м) расположен на территории Южной Камчатки, вблизи западного побережья и представлен сложным вулканическим массивом. Кошелевский вулканический массив состоит из нескольких разрушенных в различной степени вулканических построек, экструзивных куполов и отпрепарированных эрозией субвулканических тел. Наиболее крупными структурными элементами массива являются вулканы Древний (βQ_{II}), Западный (αQ_{III}), Валентин (αQ_{III}^2), Центральный ($\alpha \beta Q_{III-IV}$), Восточный (βQ_{III-IV}), Активный кратер (βQ_{IV}) (рис. 1).

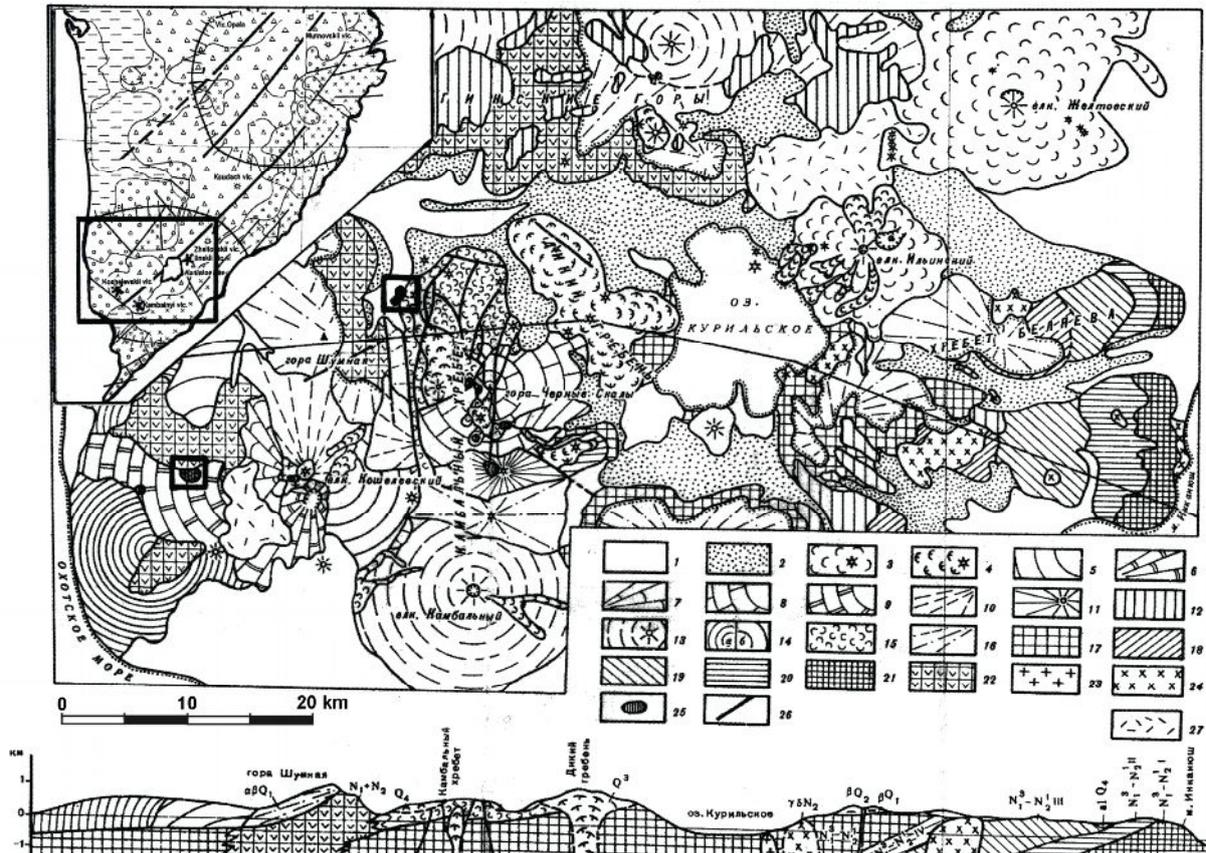


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Кошелевского геотермального района (по [1], с изменениями).

1 - Q₄ - голоцен-аллювиальные, пролювиальные и ледниковые отложения; 2 - Q₄ - голоцен, пемзо-пирокластические отложения; 3 — Q₄ — голоцен, базальты, андезитобазальты действующих вулканов; 4 - Q₃-Q₄ - верхний плейстоцен-голоцен, дацитовые риолитовые экструзивные купола и их лавовые потоки; 5 - Q₃- Q₄ - верхний плейстоцен-голоцен, андезиты Восточно-Кошелевского вулкана; 6 - Q₃ - Q₄ - верхний плейстоцен-голоцен, андезитобазальты Центрально-Кошелевского вулкана; 7 - Q₃ - верхний плейстоцен, андезиты вулкана Валентин; 8 - Q₃ - верхний плейстоцен, андезитобазальты вулкана Черные Скалы; 9 - Q₂ - Q₃ - средний, верхний плейстоцен, андезиты Западно-Кошелевского вулкана; 10 - Q₂ - средний плейстоцен, базальты Древне-Кошелевского вулкана; 11 - Q₂ - средний плейстоцен, андезитобазальты Камбарального хребта; 12 - Q₂ - средний плейстоцен, игнимбриты и спекшиеся туфы риодацитов и риолитов (голыгинский горизонт); 13 - Q₁ + Q₂ - нижний, средний плейстоцен, базальты и андезитобазальты; 14 - Q₁ - нижний плейстоцен. Лавы и туфы базальтов (а) и андезитобазальтов (б); 15 - N₂³ + Q₂ - верхний плиоцен-средний плейстоцен, туфы дацитов (паужетская свита); 16 - N₂³+Q₁ - верхний плиоцен-нижний плейстоцен. Наземные лавотуфовые отложения древних вулканов (алнейский комплекс); 17 - 21 - N₁³-N₂¹ - верхний миоцен - нижний плиоцен. Морские осадочно-вулканогенные отложения (вилучинско-паратунский комплекс): V - пачка преимущественно конгломератов и песчаников, реже туфобрекчий и лав базальтов; IV - пачка туфов и лав базальтов, туфо-конгломератов; III — пачка туфобрекчий и туфоконгломератов; II — пачка грубообломочных туфов и лав базальтов; I - пачка песчаников, конгломератов, реже туфов; 22 - N₁+N₂ - нерасчлененные, преимущественно вулканогенные, отложения; 23 - субвулканическая интрузия долеритов Кошелевского вулканического массива; 24 - N₂ - плиоцен, субвулканические интрузии диоритов и диоритовых порфиритов; 25 - зоны современных гидротерм и гидротермально-измененных пород; 26 - разрывные нарушения 27 - плейстоцен-голоцен, рыхлые отложения различного генезиса.

Современная деятельность вулкана выражена в фумарольной активности и разгрузке гидротермальных растворов на Верхне- и Нижне-Кошелевских термальных полях (термоаномалиях). Несколько отдельных горячих источников термальных вод разгружаются на склонах и в основании Кошелевского вулканического массива.

Нижне-Кошелевская термоаномалия расположена на юго-западном склоне Кошелевского вулканического массива на высоте 750-800 м над уровнем моря. Район термоаномалии представляет собой овально-кольцевую отрицательную геоморфологическую структуру, вытянутую в широтном направлении вдоль глубоковрезанного оврага руч. Гремучий. Наиболее характерными формами термопроявлений являются большие кипящие водоёмы и теплые озера, более мелкие кипящие водные и грязеводные котлы, пульсирующие источники, паровые струи, парящие грунты.

Аппаратура и методика работ

При магнитометрической съёмке использовался протонный магнитометр ММП-203, предназначенный для измерений модуля магнитной индукции T . Магнитометр характеризуется относительно высокой чувствительностью (погрешность составляет ± 1 нТл), большим диапазоном измерений (20 – 100 мкТл), относительно высоким быстродействием (продолжительность одного измерения до 3 с), питание от батарей сухих элементов с напряжением 13 ± 3 В; потребляемая мощность около 2 Вт. Прибор может работать при температурах от -30 до $+50^\circ\text{C}$. Время установления режима до 60 с. Результат измерений (в нТл) выдается на пятизначный цифровой индикатор. В комплект прибора ММП-203 наряду с магниточувствительным преобразователем (МЧП) входят: измерительный блок, штанги и ранцевая подвеска. МЧП при измерениях укрепляют на штангах и соединяют с измерительным блоком кабелем.

Магнитометрическая съёмка проводилась в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии, площадь съёмки составила 1 км^2 (рис. 2).

Была разбита сеть из 15 профилей, 10 из которых протяженностью 1000 м и 5 по 500 м. Профиля ориентированы меридионально. Наблюдения производились с шагом 10 м по профилю. В непосредственной близости к термоаномалии и в её пределах шаг уменьшался до 5 м. Расстояние между профилями составляло 100 м, в пределах термальной площадки - 50 м.

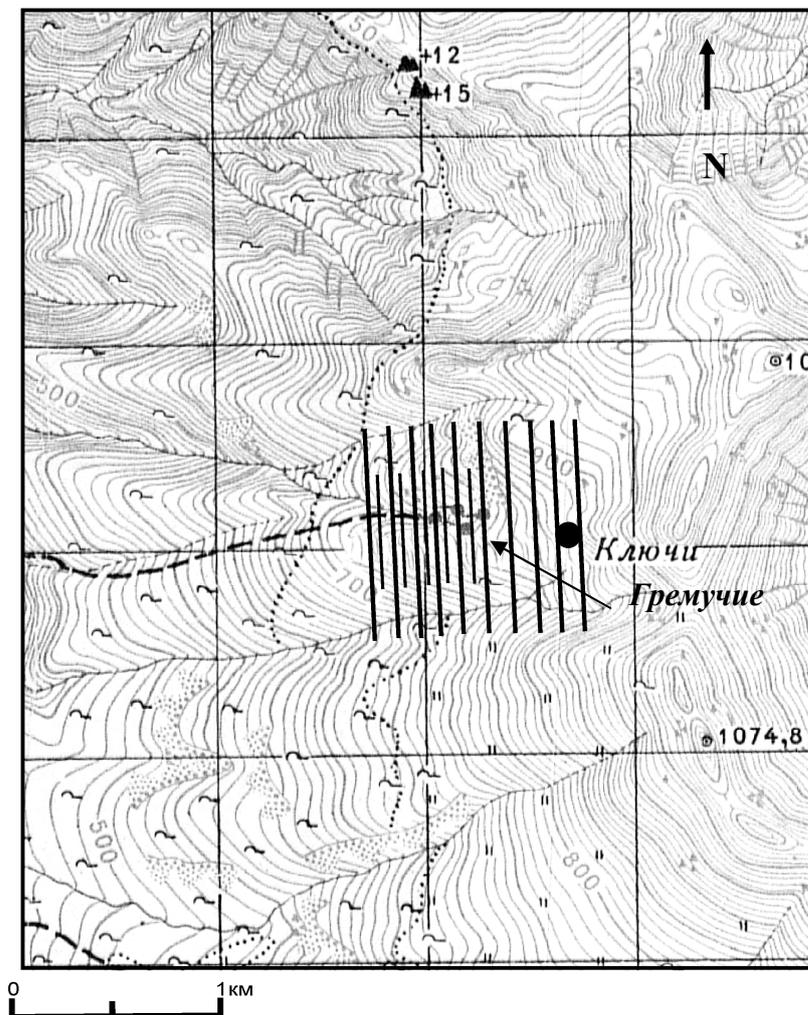


Рис. 2 Схема профилей при магнитометрической съёмке в 2010 г.
Черным кружочком обозначена вариационная станция.

Профиля разбивались с помощью геофизического кабеля и каждая 10-я точка по профилю привязывались GPS приёмником. Работы производились двумя идентичными станциями ММП - 203, одна из которых являлась вариационной, и в течение всей съёмки находилась на одном месте, а другой производились рядовые измерения. Перед началом съёмки по приезду в район работ производилась сбивка показаний приборов. В спокойном магнитном поле в течение длительного промежутка времени каждые

10 минут производились замеры, по результатам которых сделан вывод, что разница между измерениями приборов составляет ± 1 нТл, что не превышает погрешности прибора.

Рабочая группа состояла из четырех человек: оператор - вариационщик, оператор - съёмщик и два помощника. В течение всего рабочего времени на вариационной станции снимались замеры с интервалом 10 минут, что позволило довольно точно проследить изменения магнитного поля на протяжении рабочего дня. Для определения точности съемки были проведены контрольные измерения 15% от всего объема измеренных точек.

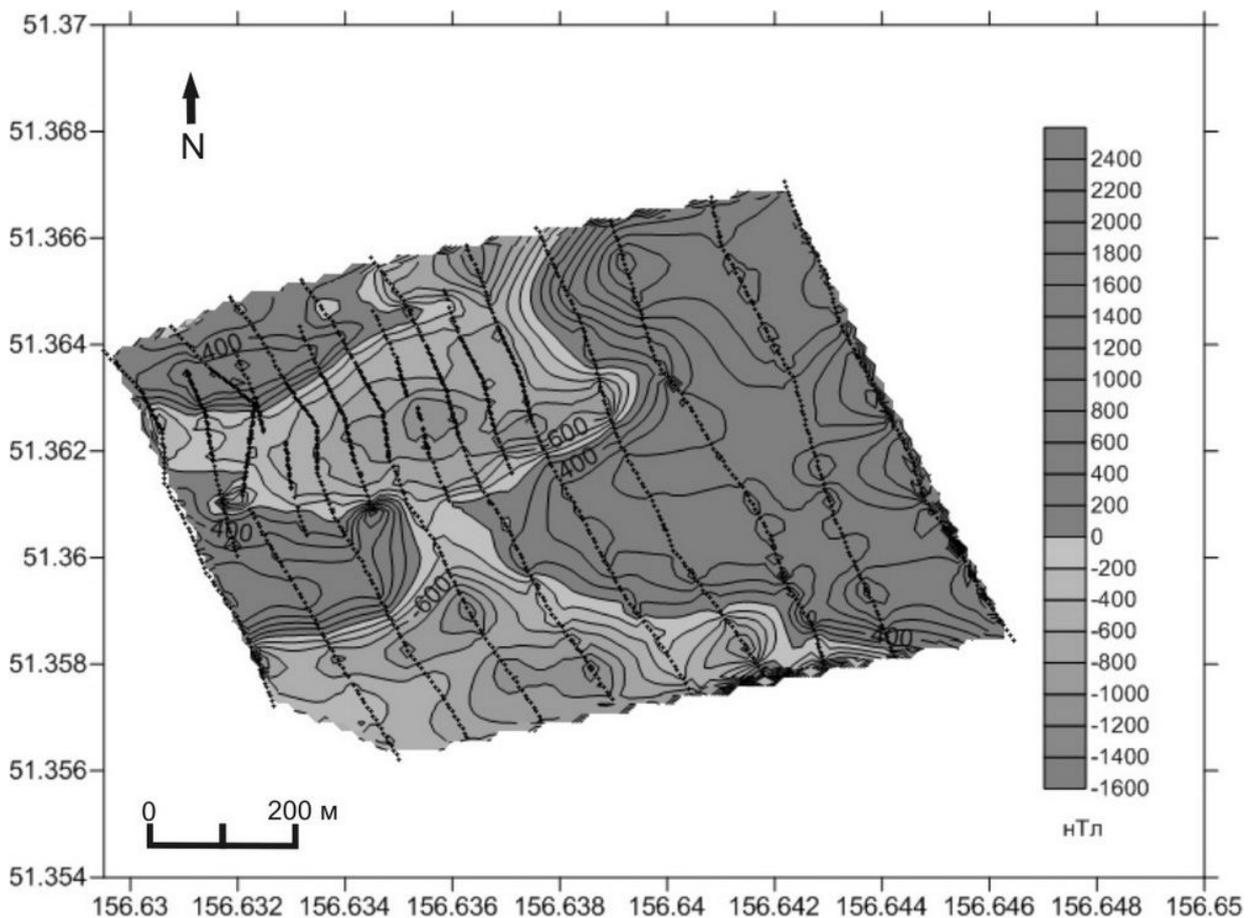


Рис. 3 Карта аномалий магнитного поля (ΔT) в GPS координатах, района Нижне-Кошелевских парогидротерм.

В результате работ была получена карта аномалий магнитного поля ΔT (рис. 3), на которой четко выделились две отрицательные аномальные зоны со значениями до -1500 нТл. Северная приурочена к одноименной

термоаномалии, расположенная южнее - к руслу ручья Прямого. Ранее на основании геологической съемки и региональных геофизических работ было показано, что ручей Прямой трассирует зону субширотного разлома. Выделенная здесь отрицательная магнитометрическая аномалия может объясняться выщелачиванием из пород минералов, обладающих магнитными свойствами (магнетит, титаномагнетит), в процессе палеогидротермальной деятельности. Здесь не выявлено современных термальных источников и др. разгрузок, но по данным бурения установлены пропилитизированные породы и вторичные кварциты на глубине уже первые десятки метров от дневной поверхности. Тонкими черными полосами показаны профили, по которым проводились измерения.

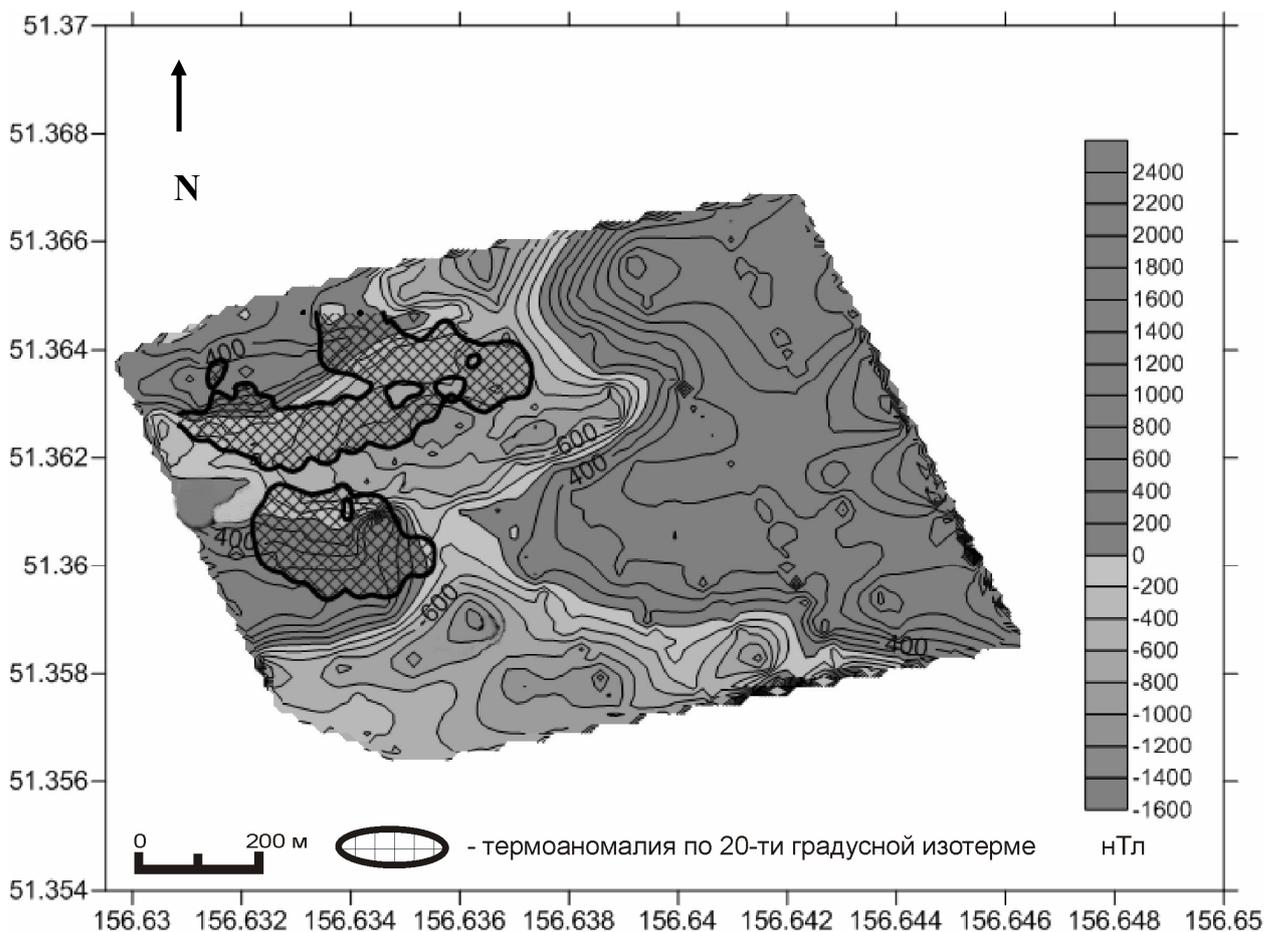


Рис. 4 Карта аномалий магнитного поля (ΔT) в GPS координатах, района Нижне-Кошелевских парогидротерм и контур термоаномалии по данным температурной съемки 2007-2010 г.г.

Сопоставим карту аномалий магнитного поля ΔT с результатами термосъемки 2007-2010 г.г. (авторы: Давлетбаев Р.Г., Нуждаев А.А. и др.) (рис. 4). Термальное поле, границы которого выделены по 20-ти градусной изотерме, находится в зоне аномальных значений отрицательного магнитного поля. Размеры последнего значительно больше области активной гидротермальной деятельности на дневной поверхности, что позволяет предположить расширение зоны современного гидротермального изменения пород (и соответственно, выщелачивания из пород магнитных минералов) на глубину. С этими данными согласуется строение зоны перегретого пара, расширяющейся от дневной поверхности на глубину более 1500 м [3].

В 2008-2010 г.г. южнее основной термоаномалии образовалось Нижне-Кошелевское Новое термальное поле, которое может иметь как природное происхождение (расширение термоаномалии по ослабленным тектоническим зонам), так и техногенный генезис (разгрузка термальных вод из верхней части ствола разведочной скважины вследствие нарушения обсадки скважины). В связи с образованием такого феномена, на этой площади были также выполнены магнитометрические работы, в дополнение к термометрическим, геохимическим и др. На карте аномалий магнитного поля эта прогретая площадка попадает в диапазон средних значений. Вероятно, данный факт объясняется тем, что за такой короткий период (2-3 года) воздействие гидротерм на вмещающие породы и почвенно-пирокластический чехол не привело к полному разложению и выносу магнитной фракции минералов. Продолжение и детализация исследований, в т.ч. магнитометрическим методом, в районе Нижне-Кошелевского Нового термального поля, вероятно, позволит судить о динамике изменения вмещающих горных пород под воздействием потока современных парогидротерм.

Ранее на площади исследований была проведена пешеходная магнитометрическая съемка по изучению интенсивности магнитного поля (рис.5).

Съемка проводилась по системе ортогональных профилей широтного и меридионального направлений. Расстояние между профилями составило 200 м, шаг по профилю - 25 м. Точность рядовых наблюдений по контрольным и повторным значениям ± 13 Гамм.

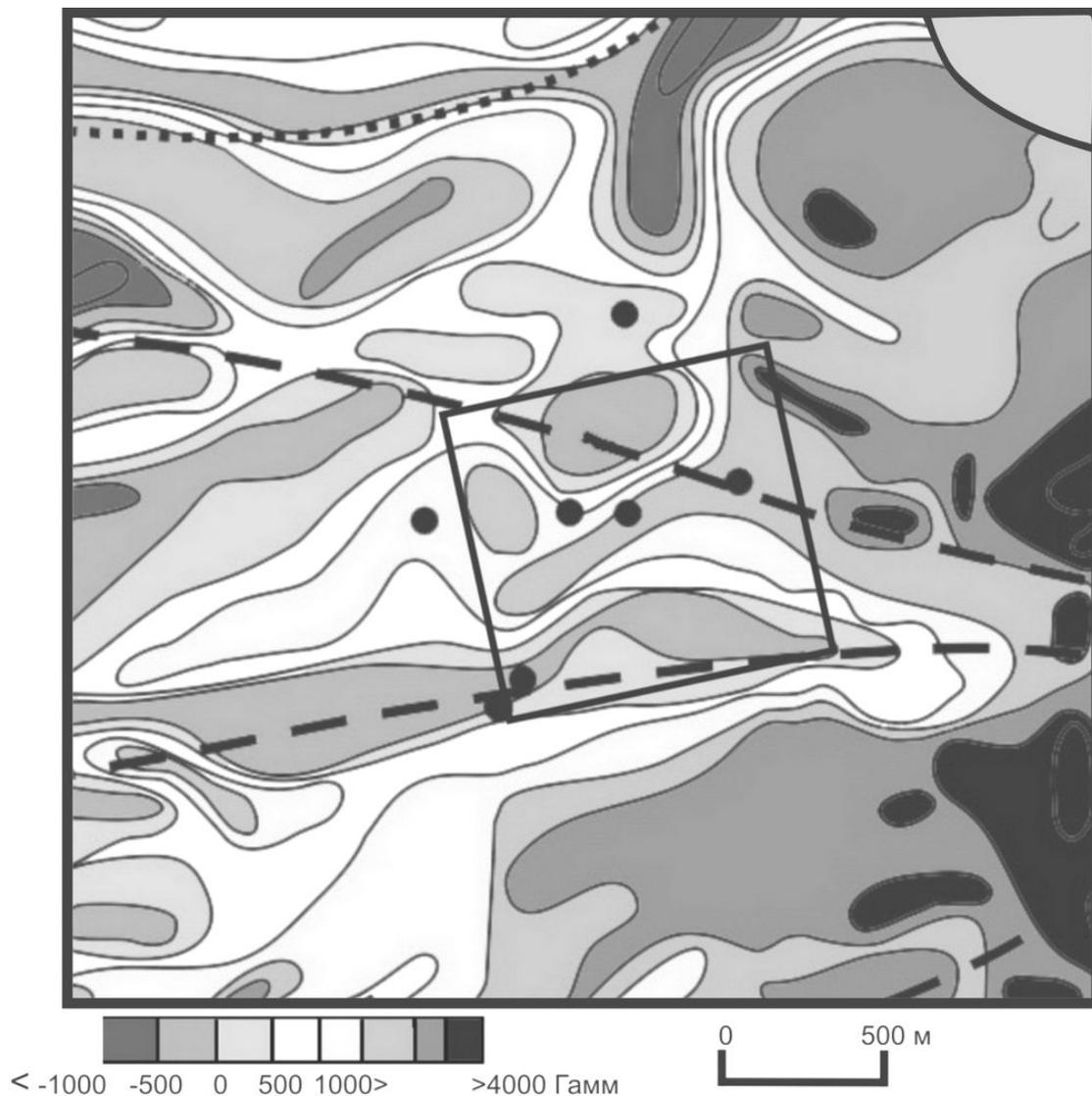


Рис. 5. Карта интенсивности магнитного поля по Шварцу Я.Б. и Смирновой В.Н., 1984¹. Черными кружочками обозначены разведочные скважины.

¹ Шварц Я.Б., Смирнова В.Н. Отчет о поисковых работах, проведенных на Нижне-Кошелевском месторождении парогидротерм в 1975 – 1984 г.г Камчатский филиал ФГУ "Территориальный фонд геологической информации по Дальневосточному федеральному округу", 1984 г.

На схеме квадратом показаны границы нашей съёмки (2010 г.). Выделяется также 2 области отрицательных аномалий, одна из которых приурочена к Нижне-Кошелевской термоаномалии, а другая к отмеченному выше субширотному разлому руч. Прямой.

На этой карте отсутствует зона сочленения между двумя аномалиями, отображенная нами (см. рис. 3). Вероятнее всего это связано с более мелким масштабом съёмки, выполненной под руководством Я.Б. Шварца.

Зона сочленения между отрицательными аномалиями магнитного поля представляет особый интерес для понимания детального геологического строения района Нижне-Кошелевской термоаномалии и возможных изменений структуры теплового поля на этом участке месторождения под влиянием различных (естественных и техногенных) факторов. В связи с этим планируются новые более детальные магнитометрические исследования.

Выводы

1. Построена карта аномального магнитного поля в районе Нижне-Кошелевских парогидротерм, более детальная по сравнению с полученными ранее данными.
2. Карта позволяет однозначно связать образование северной аномалии с образованием современной геотермальной структуры, южная аномалия подтверждает местоположение и простираение субширотной тектонической зоны, в пределах которой низкое содержание магнитных минералов в породах, по-видимому, связано с палеогидротермальной деятельностью.
3. Показано, что Нижне-Кошелевское термопроявление на дневной поверхности имеет меньшую площадь, чем отрицательная аномалия магнитного поля; область пород с низким содержанием магнитных минералов расширяется на глубину, что согласуется с общим строением зоны перегретого пара.

Авторы выражают благодарность Букатову Ю.Ю. и Рылову Е.С. за непосредственную помощь в проведении магнитометрической съёмки и Абкадырову И.Ф. за ценные советы при обработке результатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 09-05-00022а, 10-05-00009а)

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.И. Геология геотермальных полей в современных вулканических областях. «Наука», 1978. 178 с.
2. 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.
3. Писарева М.В. Зона природного пара Нижнекошелевского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. 1987. № 2. С. 52-63.
4. Поздеев А.И., Нажалова И.Н. Геология, гидродинамика и нефтегазоносность Кошелевского месторождения парогидротерм, Камчатка // Вулканология и сейсмология. 2008. № 3. С. 32-45

MAGNETOMETER SURVEY IN AREA
NIZHNE-KOSHELEVSKIY TEMPERATURE ANOMALY

Nuzhdayev I.A., Feofilaktov S.O.

Kamchatka state university by him V.Bering,

In 2010 in the area of Nizhne-Koshelevskiy geothermal deposit was made the field magnetic survey. The object of the works was the study of the modern geothermal structure, increasing on the south-west slope of Koshelevskiy volcanic massif in the andzi-basalt field. The magnetic induction measurements were conducted by two proton magnetometers MMP-203 (divergence of the devices indexes is ± 1 nTl, that satisfies the devices accuracy). The one magnetometer was used as a variation station for the diurnal variation of the magnetic field control (the measurement indications were read during the whole work time in every 10 minutes). The chart of magnetic anomalies on the area 1 km² is made and the comparison with the existing chart of magnetic field intensity is also made.

Key words: Nizhne-Koshelevskiy geothermal deposit, magnetic survey, magnetic induction, the chart of magnetic anomalies, the comparison of results.