

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ НИЖНЕ-КОШЕЛЕВКОЙ ТЕРМОАНОМАЛИИ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА) ПО ДАННЫМ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

И.Ф. Абкадыров¹, А.В. Горбатилов², М.Ю. Степанова², Ю.Ю. Букатов¹

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, aifgf@mail.ru,*

²*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, г. Москва, avgor70@mail.ru*

В августе 2008 года были проведены геофизические исследования на Нижне-Кошелёвской термоаномалии методом микросейсмического зондирования [1]. Целью настоящих исследований являлось изучение глубинного строения в районе термоаномалии, отработка методики и применимости метода на геотермальных полях. Основной задачей проводимых исследований являлось изучение возможностей метода при исследовании геотермальных систем. Причинами выбора именно такого метода исследований являлось минимальное количество затрат при проведении работ, а также минимальное воздействие на окружающую среду, что немаловажно при проведении работ на охраняемых территориях.

Нижне-Кошелёвская термоаномалия приурочена к действующему вулкану Кошелёвский (Южная Камчатка) и расположена на его западном склоне. Кошелёвский вулканический массив сформирован в пределах Паужетско-Камбально-Кошелёвского геотермального района. Данный район относится к южному сегменту Восточно-Камчатского вулканического пояса [6]. Геологическое строение района характеризуется структурами и породами островодужного комплекса. Нижний структурный ярус представлен вулканогенными и осадочными образованиями олигоцен-среднемиоценового возраста, вмещающими интрузивные тела от основного до кислого состава. Средний ярус образован осадочно-вулканогенными толщами среднего миоцена-плиоцена, верхний ярус - четвертичный этап развития островной дуги и сложен вулканическими породами плейстоцен-голоценового возраста [4]. Паужетско-Камбально-Кошелёвский геотермальный район непосредственно приурочен к выделенной ранее субкольцевой тектоно-магматической структуре, представляющей собой пологий аккумулятивно-тектонический свод размерами более 35 x 50 км, в центре которого расположена вулканотектоническая депрессия четвертичного возраста размером 20 x 25 км [4]. Размеры самой Нижне-Кошелёвской термоаномалии достаточно малы и составляют, примерно 250 x 500 м.

Метод микросейсмического зондирования на волнах Рэлея основан на том, что неоднородности земной коры искажают спектр низкочастотного микросейсмического поля в своей окрестности, а именно, на поверхности Земли над высокоскоростными неоднородностями амплитуды гармонических составляющих определенной частоты f уменьшаются, а над низкоскоростными неоднородностями возрастают. Частота f связана с глубиной залегания неоднородности H и скоростью фундаментальной моды волны Рэлея $V_R(f)$ соотношением $H(f) = k * \lambda(f) = k * V_R(f) / f$, где $H(f)$ – глубина границы, для которой строится изображение, k – коэффициент равный ~ 0.5 , $\lambda(f)$ – длина волны фундаментальной моды Рэлеевской волны, $V_R(f)$ – скорость фундаментальной моды Рэлеевской волны, f – частота в спектре микросейсмического сигнала, для которой производится расчет. [2] Метод реализуется в обоснованном допущении, что вертикальная компонента микросейсмического поля определяется преимущественным вкладом фундаментальных мод Рэлея [3].

На исследуемой площади была разбита сеть из девяти параллельных друг другу профилей с шагом 250 м, ориентированных с севера на юг, протяженностью 1,5 км. Каждый профиль содержал 7-8 точек измерений с шагом 250 м. Таким образом, была образована плотная сеть наблюдений (> 60 точек), площадью 1,5x2 км, в пределах которой находилась термоаномалия. Для регистрации микросейсм использовались три сейсмические станции MARS-lite с трехкомпонентными сейсмодатчиками LE-3Dlite немецкой фирмы Lennartz. При регистрации применялись следующие параметры: частотный диапазон канала – 1-80 Гц, чувствительность канала – 400 В*с/м, частота дискретизации – 250 отчетов. Длительность измерений в каждой точке составляла 1 час, что соответствует времени достижения статистической устойчивости спектра микросейсмического сигнала [3]. Техника проведения микросейсмического зондирования подразумевает регистрацию сигнала на опорной точке в пределах исследуемого полигона, что позволяет исключить влияние микросейсм, не связанных с геологическими свойствами среды, на спектральные характеристики

сигнала. В связи с этим, одна станция использовалась, как опорная, и одновременно двумя оставшимися производились измерения по профилям от точки к точке.

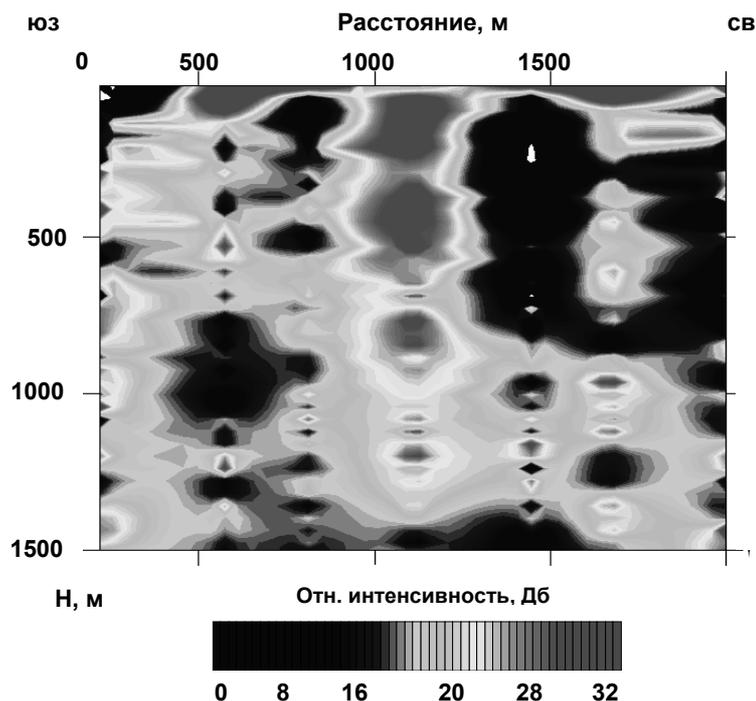


Рис. 1 Разрез по данным микросейсмического зондирования, проходящий через термоаномалию.

Обработка и построение изображений состоит в том, что для каждой частоты f в спектре строится кривая интенсивности микросейсмического сигнала, зависящая от положения измеряемой точки на профиле. Эта кривая привязывается к глубине. На основе всей совокупности кривых распределения интенсивностей строится поверхность, по горизонтальной оси которой откладывается расстояние вдоль исследуемого профиля, а по вертикальной оси – соответствующая глубина. При этом распределение интенсивностей микросейсм строится по отношению к базовой станции. В результате обработки получается поверхность, отражающая распределение относительных интенсивностей микросейсмического сигнала при его прохождении в пределах площади исследования. Поскольку имеется определенная непропорциональная обратная зависимость между скоростью сейсмических волн в среде и их амплитудой, то результирующая поверхность фактически отражает распределение относительных скоростей в пределах изучаемой площади, хотя при этом данное результирующее распределение не дает возможности определить сами абсолютные значения сейсмических скоростей.

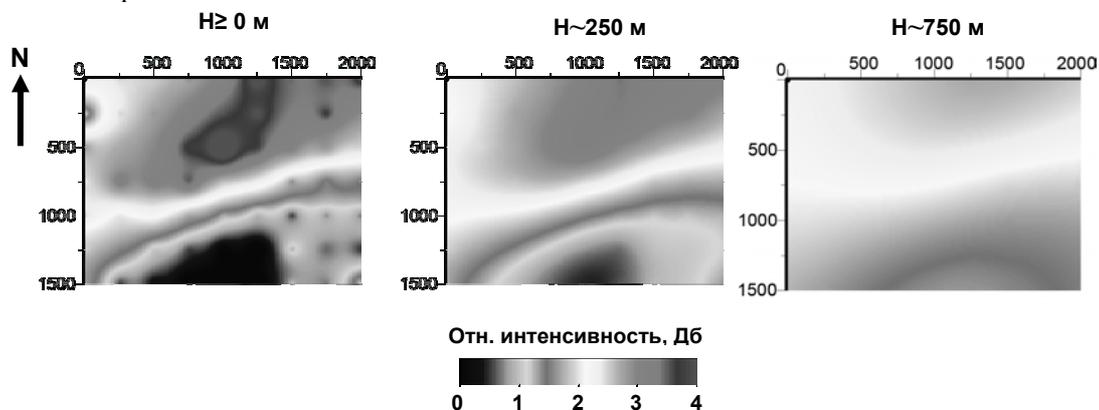


Рис.2 Пространственное распределение интенсивности микросейсмического поля.

На разрезе по данным микросейсмического зондирования термоаномалия выделяется как чашеобразная высокоамплитудная область до 300 м по глубине (рис. 1). Также под термоаномалией выделяется высокоамплитудная (от 25 до 32 Дб) зона, которая при сопоставлении с геологическими

данными [5] совпадает с зоной повышенной трещиноватости и соответствует зоне повышенной флюидо-газонасыщенности. В северо-восточной части разреза выделяется зона с меньшей интенсивностью сигнала (менее 18 Дб), которая, по-видимому, является водоупором. Такое предположение находит свое отражение в характере распространения, предполагаемой зоны кипения гидротермальных растворов. По результатам построения пространственного распределения интенсивности микросейсмического сигнала (от 0 до 4 Дб) по всем точкам наблюдения выделяются две контрастные области с повышенной интенсивностью сигнала на севере, и с пониженной – на юге (рис. 2). Граница между этими областями проходит по разлому, который отражен в рельефе и выделяется авторами поисковых работ, проведенных в 80-ые годы [5]. Область с повышенными амплитудами (более низкими сейсмическими скоростями) приурочена к термоаномалии и, по-видимому, отражает зону водо-газонасыщения, что свидетельствует о разуплотненном состоянии горной породы. Вторая область наоборот имеет более низкие амплитуды (повышенные скорости), что свидетельствует о более консолидированном состоянии горных пород.

Полученные данные методом низкочастотного микросейсмического зондирования показали результаты, вполне совпадающие с предполагаемым геологическим строением этого района, что оправдывает выбор этого метода при исследованиях подобных геологических объектов. Но интерпретация результатов требует комплексного рассмотрения с другими геофизическими методами. Также полученные данные показали, что выбранный шаг съемки не в полной мере отражает изучаемую структуру, то есть требуется увеличение количества точек регистрации в последующих исследованиях.

Авторы искренне благодарят заведующего лабораторией геотермии д.г.-м.н. Рычагова С.Н. за организацию и помощь в проведении полевых работ.

Работы выполнялись в рамках Южнокамчатско-Курильской экспедиции Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Список литературы

1. Горбатилов А.В., Степанова М.Ю., Арнозо Х., Монтесиньос Ф. Развитие модели острова Эль Иерро Канарского архипелага на основе комплексной интерпретации результатов низкочастотного микросейсмического зондирования и гравиметрических исследований // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 27-29 марта 2008. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 60-70.
2. Горбатилов А.В., Степанова М.Ю. Результаты исследований статистических характеристик и свойств стационарности низкочастотных микросейсмических сигналов // Физика Земли, 2008. №1. С. 57-67.
3. Горбатилов А.В., Степанова М.Ю., Кораблев Г.Е. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм // Физика Земли, 2008. №7. С. 66-84.
4. Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Ковина О.В. Гидротермальные глины и пирит геотермальных полей: значение в геохимии современных эндогенных процессов (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология, 2009. №2. С. 22-39.
5. Писарева М.В., Судакова И.А., Нажалова И.Н. Отчет о поисковых работах, проведенных на Нижне-Кошелевском месторождении парогидротерм в 1975-1984 гг. 1984 г.
6. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. 172 с.