

Геофизическая изученность зон разгрузки парогидротерм Больше-Банного геотермального месторождения

Денисов Д.К.

Geophysical knowledge of the steam-hydrothermal discharge zones in the Bolshe-Bannoye geothermal field

Denisov D.K.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: fitzlikefitz@gmail.com

В работе представлены результаты геофизических исследований на Больше-Банном геотермальном месторождении. Описано геологическое строение района и месторождения. Продемонстрированы современные результаты, полученные методами геофизики, проведена одномерная интерпретация архивных данных электроразведочных работ 1961-1970 гг.

Введение

Геотермальная энергия на сегодняшний день является одним из самых перспективных направлений в обеспечении мирового энергоснабжения. В связи с этим, научные работы, проводящиеся как для познания термического режима Земли, так и для практического использования тепла Земли, изучение механизмов природы переноса тепла в условиях высоких температур и давлений, определение плотности теплового потока из недр сегодня актуальны как никогда. Современные исследования геотермальных районов позволяют уточнить структуру и усовершенствовать модели и схемы эксплуатации месторождений.

Больше-Банное геотермальное месторождение рассматривается как перспективное, в виду его небольшой удаленности от крупнейших населенных пунктов Камчатского края. Исходя из недавних исследований, Больше-Банное геотермальное месторождение имеет глубинный источник питания, но остается открытым вопрос строения зоны разгрузки парогидротерм, интересный как для фундаментальной науки, так и для практического использования месторождения.

Описание района исследований

Больше-Банное геотермальное месторождение термальных вод расположено в южной части полуострова Камчатка (рис. 1), входит в состав Ягоднинско-Банной гидротермально-магматической системы [1, 2]. Система приурочена к купольно-кольцевой вулканотектонической структуре диаметром около 30 км [7]. В южной части системы выделяется магматический центр вследствие образования крупных монофазных интрузивно-субвулканических и экструзивно-субвулканических комплексов, имеющих состав от сиенодиоритов до трахириолитов и базальтов.

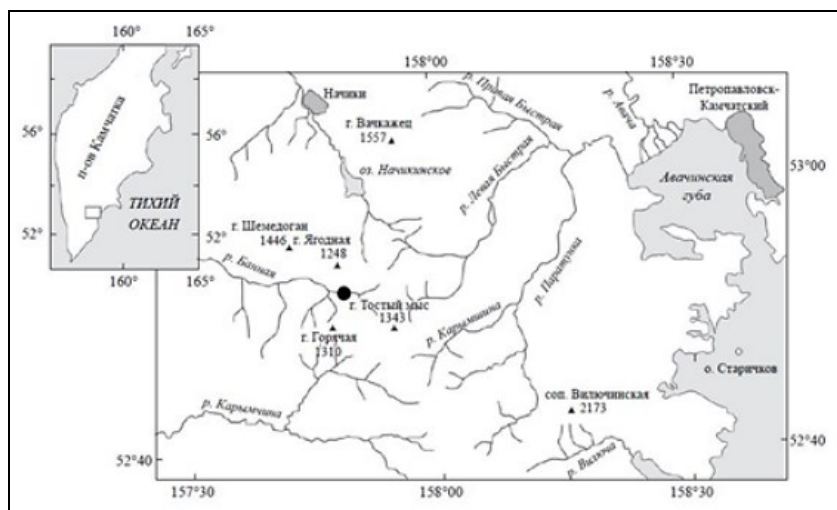


Рис. 1. Расположение района Больше-Банных термальных источников на Камчатке (отмечено черной точкой) [6].

Термальные источники Большие и Малые Банные расположены в грабене долины р. Банной и приурочены к крупному субвулканическому телу среднего состава. Предполагается, что их тепловое питание связано с массивом сопки Горячей, вероятно, объединяющим в единую вулканоплутоническую структуру разновозрастные (от миоцена до голоцена) интрузивно-субвулканические комплексы.

Источники характеризуются температурой от 57 °С до 100 °С в котлах. Температура перегретых вод на глубине достигает 170 °С. Тип циркуляции вод – преимущественно трещинно-жильный. Водоносные горизонты, по данным бурения, отмечаются в интервале глубин от 300-600 до 800-1000 м. Балансовая площадь Больше-Банного месторождения составляет 45.8 км² [7]. По газовому составу воды являются углекисло-азотными.

Магнитометрические исследования

В 2015 г. была выполнена площадная магнитометрическая съемка в районе Больше-Банного геотермального месторождения перегретых вод с использованием двух магнитометров GEM GSM-19W v7.0, основанных на эффекте Оверхаузера.

По результатам магнитной съемки была построена карта аномального магнитного поля ΔTa . Известно, что гидротермально измененные породы отличаются практически нулевой магнитной восприимчивостью, на основании этого факта отрицательные аномалии ΔTa связываются с гидротермально измененными породами [3].

На фоне положительных значений, свойственных для пород, не подверженных гидротермальному изменению, в районе современной термальной разгрузки выделяется отрицательная магнитная аномалия (-450 нТл).

Выделенную здесь отрицательную магнитную аномалию может объяснить выщелачивание из пород минералов, обладающих ферромагнитными свойствами (магнетит, титаномагнетит), в процессе палеогидротермальной деятельности.

Исследования методом естественного электрического поля

В 2015 г. были выполнены исследования методом естественного поля в районе Больше-Банного геотермального месторождения. Измерения были выполнены потенциал-установкой с одного пункта наблюдения в районе точки ВЭЗ-1 по восьми профилям. Семь профилей располагались с юга на север, шаг составил 50 на 5 м. Опорный профиль проходил вкрест остальным с шагом 2.5 м.

По результатам съемки методом естественного поля была построена карта распределения изолиний естественного потенциала. На общем фоне положительных значений обнаруживается линейно-вытянутая отрицательная аномалия, трассируемая разломной зоной, приуроченной к ручью Ящичный. Вторая отрицательная аномалия находится в восточной части месторождения [3].

Вертикальные электрические зондирования

В 2015 г. сотрудниками лаборатории геотермии ИВиС ДВО РАН на месторождении проведены вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) в 10 пунктах. Разносы питающей линии составили от 5 до 1040 м, приемной линии от 1 до 25 м. Согласно архивным данным, ВЭЗ были выполнены в 121 пункте, разносы питающей линии составили от 3 до 2000 м, приемной линии – от 1 до 50 м, что позволяет изучить разрез на глубину 500-1000 м. ВЭЗ выполнены по 7 профилям, перекрывающим площадь месторождения с шагом 100 м как по профилю, так и между профилями.

Данные, полученные из архива [4, 5], коррелируют с данными 2015 г., что позволяет учитывать их наряду с материалом, полученным при помощи современной измерительной аппаратуры.

Построены геоэлектрические разрезы по архивным и современным профилям ВЭЗ, наиболее показательным является разрез по профилю МГ5 (рис. 2). Выделяются пять горизонтов пород по удельному электрическому сопротивлению. Первый обладает сопротивлениями от 1000 до 3000 Ом·м, имеет мощность от 5 до 10 м, с утонением до полного исчезновения в районе выхода парогидротерм на дневную поверхность, является верхним водоупором. Второй – с сопротивлениями 15-50 Ом·м и мощностью от 70 до 500 м. Третий – с сопротивлением 4000-6000 Ом·м и мощностью от 50 до 350 м, является нижним водоупором, уходящим на глубину ниже исследуемой в восточной части профилей МГ4 и МГ5.

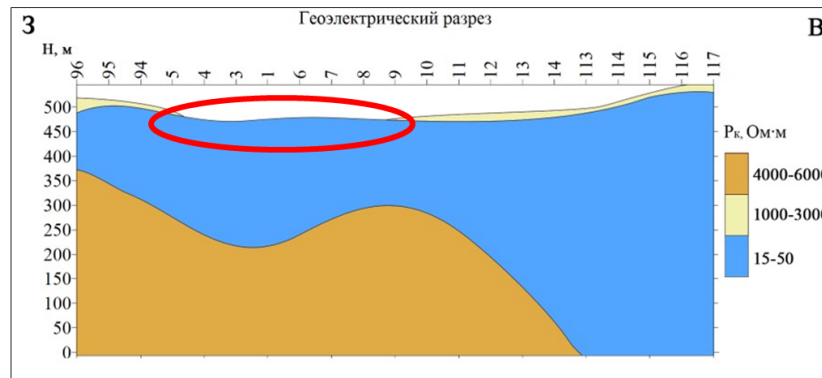


Рис. 2. Геоэлектрический разрез по профилю МГ5 (построен по архивным данным). Центральная часть месторождения выделена красным овалом [4, 5].

Магнитотеллурические зондирования

В 2015 г. под руководством д.г.-м.н. Ю.Ф. Мороза были выполнены магнитотеллурические зондирования по профилю протяженностью 1.5 км с шагом 100-500 м.

По результатам исследования была построена глубинная геоэлектрическая модель Больше-Банной гидротермальной системы на глубину до 8 км (рис 3.).

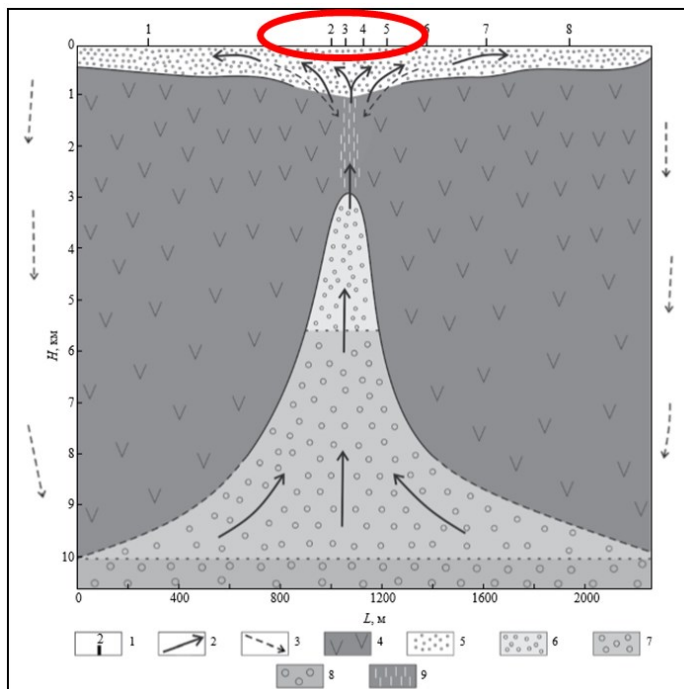


Рис. 3. Глубинная геоэлектрическая модель Больше-Банной гидротермальной системы. Центральная часть месторождения выделена красным овалом [6].

Основным элементом модели является глубинная проводящая зона в земной коре, которая поднимается с глубины 8 км до глубины примерно 5 км в районе пунктов наблюдения 2-5. Удельное электрическое сопротивление зоны составляет около 5-

10 Ом·м. По данным региональных исследований в рассматриваемом районе выделяется коровый проводящий слой на глубинах 10-35 км. Он связывается с наличием жидких флюидов – гидротермальных растворов, насыщающих слой с повышенной пористостью пород [6].

Обсуждение результатов и перспектив дальнейшего изучения

По результатам магнитной съемки и работ методом естественного потенциала установлены аномалии магнитного и электрического полей, результаты этих исследований коррелируют между собой и иллюстрируют гидротермальное изменение пород в районе зоны разгрузки и выхода гидротерм на дневную поверхность. Вертикальное электрическое зондирование наглядно показывает строение зоны разгрузки на глубину до 500 м, строение верхнего и нижнего водоупорных горизонтов пород по электропроводности, а также горизонта, насыщенного геотермальным раствором. Согласно данным ВЭЗ, горизонт с низким удельным сопротивлением, насыщенный геотермальным раствором, проникает на глубину до 500 и, вероятно, более метров в восточной части месторождения, на его периферии. Эта информация дает почву для размышлений об источнике питания и каналах поступления геотермального раствора. В свою очередь, магнитотеллурическое зондирование, напротив, показывает источник питания в виде субвертикального канала, находящегося непосредственно в центральной части месторождения.

Описанные выше результаты не дают полного представления о строении зоны разгрузки месторождения, в связи с чем автор доклада считает необходимым дальнейшее изучение Больше-Банного геотермального месторождения методами геофизики (ВЭЗ, гравиметрия, АМТЗ), с пристальным вниманием к глубинному строению его восточной части. Такие исследования и их осмысление поможет построить достоверную и детальную модель зоны разгрузки и даст понимание природы ее происхождения, а также поможет в оценке тепловых запасов и эксплуатации.

Список литературы

1. *Апрелков С.Е.* Тектоника и история вулканизма Южной Камчатки // *Тектоника*. 1971. № 2. С. 105-111.
2. *Белоусов В.И.* Геология геотермальных полей. М.: Наука, 1978. 176 с.
3. *Денисов Д.К., Нурдаев И.А., Феофилактов С.О. и др.* Геофизические исследования в районе Больше-Банного геотермального месторождения (Камчатка) // *Материалы девярых научных чтений памяти Ю.П. Булашевича*. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2017. С. 164-167.
4. *Денисов Д.К., Нурдаев И.А., Феофилактов С.О.* Строение зоны разгрузки парогидротерм Больше-Банного и Паужетского геотермальных месторождений по геофизическим данным // *Сборник тезисов 14-ой ежегодной научно-практической конференции и выставка «Инженерная и рудная геофизика 2018»*. Алматы: КНИТУ им. К.И. Сатпаева, 2018. С. 127.
5. *Коваленко В.Я., Зальмарович И.И.* Промежуточный отчет о результатах работ на Больше-Банном месторождении термальных вод в 1962 г. Альбом ВЭЗ. Северо-восточное геологическое управление, Камчатское РайГРУ. Петропавловск-Камчатский, 1968. С. 50-59.
6. *Новиков Ю.В., Логинов В.А.* Предварительные результаты работ в районе Больше-Банной гидротермальной системы методами магнитотеллурического зондирования // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2020. Т. 31. № 2. С. 215-225.
7. *Рычагов С.Н., Бойкова И.А., Сандиминова Е.И.* Ягоднинско-Банная гидротермально-магматическая система (Камчатка): контроль цеолитового, рудного и геотермального месторождений // *Петрография магматических и метаморфических горных пород. Материалы XII Всероссийского петрографического совещания*. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2015. С. 534-539.