

Структурные особенности строения Больше-Банного геотермального месторождения по геофизическим данным

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

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

Рассматриваются результаты гравиметрических, магнитометрических и электроразведочных работ методом ВЭЗ в районе Больше-Банного геотермального месторождения. Выполнен качественный анализ данных. Обсуждается возможная природа выявленных аномалий.

Введение

Больше-Банное геотермальное месторождение перегретых термальных вод является одним из наиболее известных и перспективных на Камчатке. Месторождение было детально изучено Камчатским геологическим управлением с привлечением большого количества исследователей отраслевых НИИ и Академии наук СССР с 1961 по 1970 гг. [1]. Различные аспекты условий формирования термальных вод района отмечены в работах [3, 6, 8, 9]. Предполагается, что месторождение локализовано в грабене реки Банной. Остаются открытыми многие вопросы его строения и соотношения геологической структуры, вмещающей месторождение, с магматическими комплексами района. Задача авторов настоящего доклада заключалась в получении новых данных о строении грабена и зоны сочленения этого опущенного блока с другими геологическими структурами района Больше-Банного геотермального месторождения.

Краткая характеристика месторождения

Время становления Больше-Банной тепловой аномалии, по мнению Ю.П. Трухина [8], относится к среднему плейстоцену, т.е. продолжительность ее существования составляет не менее 120-150 тыс. лет. В структурном плане район геотермального месторождения относится к южной части Начикинской поперечной зоны поднятий. Современная гидротермальная система, вмещающая месторождение, расположена на южном фланге крупной длительноживущей Ягоднинско-Банной гидротермально-магматической системы [7]. На этом участке выделяется несколько многофазных интрузивно-субвулканических и экструзивно-субвулканических комплексов различного возраста, с которыми связано образование Больше-Банного золоторудного и Ягоднинского цеолитового месторождений, а также других проявлений полезных ископаемых. Предполагается, что источником теплового питания Больше-Банной, Карымчинской и других гидротермальных систем района служит массив сопки Горячей [4]. Эта концепция остается дискуссионной, как в целом для района, так и для отдельных гидротермальных систем (геотермальных месторождений).

Термальные источники Большие и Малые Банные расположены в грабене долины реки Банной. В то же время вызывает интерес приуроченность зоны разгрузки парогидротерм к северному флангу интрузивно-субвулканического комплекса золоторудного месторождения. Источники характеризуются температурой от 57 °С до 100 °С. Температура перегретых вод на глубине достигает 170 °С [4]. Тип циркуляции термальных вод преимущественно трещинно-жильный. Водоносные горизонты, по данным бурения, отмечаются в интервале глубин от 300-600 до 800-1000 м.

Методика исследований

Коллективом авторов в разные годы проводились гравиразведочные, магниторазведочные исследования, а также электроразведочные работы методом ВЭЗ в районе Больше-Банного геотермального месторождения. Согласно архивным данным, в

1962 г. выполнены работы методом ВЭЗ в 121 пункте по 7 профилям, перекрывающим площадь месторождения с шагом 100 м как по профилю, так и между профилями [5].

Схема расположения профилей, точек зондирования ВЭЗ 2015 г., а также местоположение профиля ВЭЗ МГ-5 из архивных данных показано на рисунке 1.

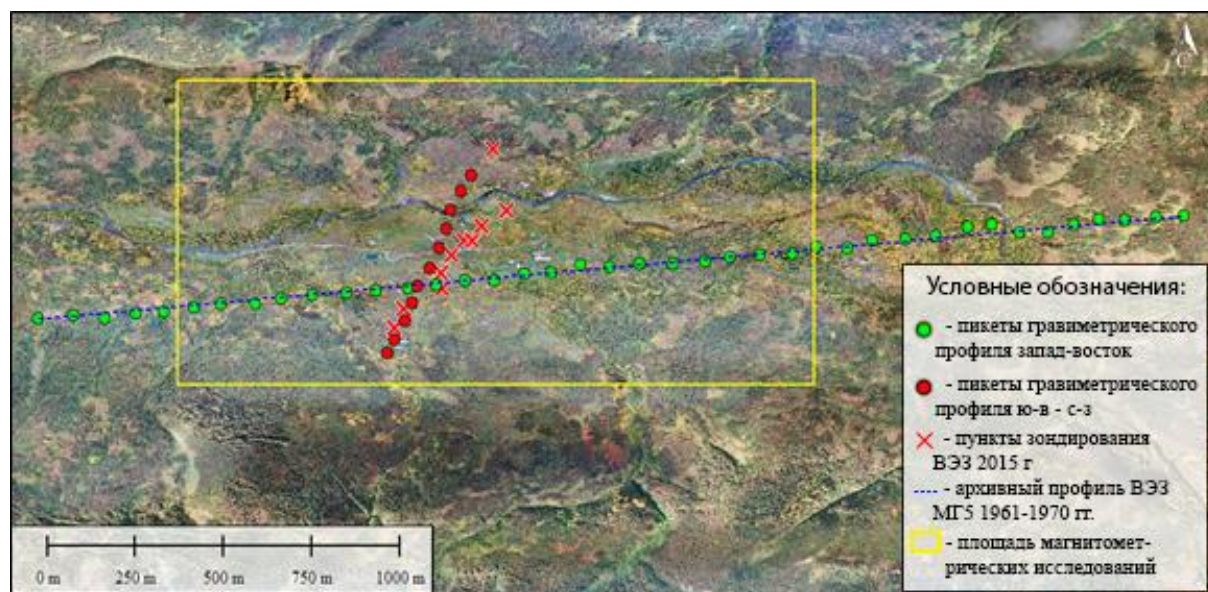


Рис. 1. Схема расположения профилей геофизических исследований (ортофотоплан Денисова Д.К.)

Электроразведочные работы в 2015 г. выполнены методом ВЭЗ симметричной четырехэлектродной установкой (AMNB). Зондирования проведены в 10 точках с нерегулярным шагом от 50 до 100 м по профилю с юго-запада на северо-восток. Разнос питающей линии (AB/2) изменялся в пределах от 5 до 1040 м. Работы выполнялись многофункциональным электроразведочным измерителем МЭРИ-24 (ООО “Северо-Запад”, Россия) с использованием электроразведочного генератора ВП-1000 (ООО “Элгео”, Россия). Погрешность измерений составила $\leq 2.5\%$ по одному пункту зондирования [2].

Площадные магниторазведочные исследования проводились двумя магнитометрами GSM-19W на эффекте Оверхаузера (GEM Systems, Канада). Один прибор был установлен в качестве вариационной станции для записи суточных изменений магнитного поля, другим выполнялась съемка [2].

В 2019 г. проведена гравиметрическая съемка автоматическим микропроцессорным гравиметром CG-5 Autograv (Scintrex, Канада). Диапазон измерений прибора > 7000 мГал, разрешающая способность при снятии показаний 0.001 мГал. Выполнены наблюдения по 2 профилям: профиль с запада на восток протяженностью 2 км и профиль с юго-запада на северо-восток протяженностью 500 м. Геодезическое обеспечение осуществлялось GPS станциями Leica GR 10 с антеннами AR 10. Одна станция использовалась в качестве базовой, другая перемещалась по профилю. Время записи на точках ≥ 15 мин.

Результаты исследований и их краткая интерпретация

Профиль восток-запад территориально совпадает с профилем МГ-5 из архивных данных электроразведочных работ 1961-1970 гг. [4]. На геоэлектрическом разрезе выделяются 3 горизонта пород:

1 – приповерхностный горизонт пород со значениями удельного электрического сопротивления (у.э.с.) от 1000 до 3000 Ом·м, мощностью от 0 м в районе разгрузки до 25 м за ее пределами.

2 – горизонт пород с сопротивлением 15-50 Ом·м, мощностью от 150 м в западной части профиля и 500 м и более в восточной части, в значительной степени обводнен.

3 – нижний водоупорный горизонт со значениями у.э.с. 4000-6000 Ом·м.

По результатам площадной магнитной съёмки была построена карта аномального магнитного поля ΔT_a . На фоне положительных значений, свойственных породам, не подверженным геотермальному изменению, в районе современной термальной разгрузки выделяется отрицательная магнитная аномалия (до -450 нТл), однако ее размеры меньше границ термальной разгрузки по 20-тиградусной изотерме, полученных в результате температурной съёмки [2].

В результате гравиметрических работ построены графики аномального гравитационного поля в редукции Буге по двум профилям. Подробно рассмотрим профиль широтного простирания (рис. 2). В западной части выделяется максимум поля, который в структурном плане является подтверждением наличия интрузивного комплекса пород. Низкие значения Δg (300-400 м от начала профиля) свидетельствуют о наличии зоны сочленения между интрузивным комплексом и грабенем. Район термопроявления характеризуется положительными значениями Δg . Плавное опускание значений гравитационного поля в отрицательную область в восточной части профиля хорошо коррелирует с погружением нижнего водоупорного горизонта по геоэлектрическим данным.

Сводный график данных гравиметрической и магнитометрической съёмки, а также геоэлектрический разрез по профилю восток-запад, представлены на рисунке 2.

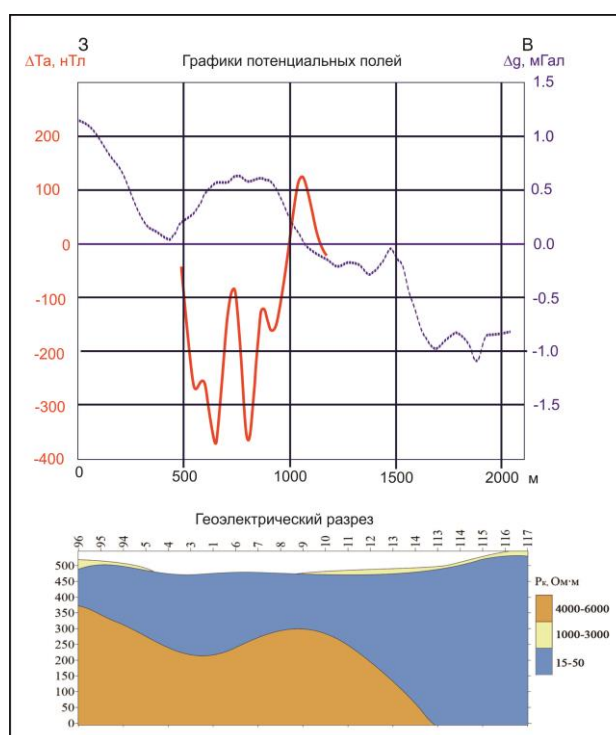


Рис. 2. Фактический материал геофизических исследований.

Заключение

На основании комплексных геофизических исследований выделяется центральная область насыщения пород термальной водой (парогазовой смесью?) до глубины примерно 250 м от уровня современного рельефа. Эта область может представлять собой локальный геотермальный резервуар, открытый на дневную поверхность: над ним расположено основное термальное поле Больше-Банного месторождения. В восточном направлении (правая часть профиля на рис. 2) область

паро-водонасыщенных пород резко погружается на глубину и, по всей вероятности, представляет собой подводящий канал для геотермального теплоносителя. В западном и южном направлении установлена граница между двумя аномалиями поля силы тяжести и подъем кровли литологического горизонта, что может интерпретироваться как наличие тектонического нарушения или (и) контактовой зоны интрузивно-субвулканического тела Больше-Банного золоторудного месторождения.

Авторы глубоко признательны всем участникам 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. Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. 284 с.
2. Денисов Д.К., Нурдаев И.А., Феофилактов С.О. и др. Геофизические исследования в районе Больше-Банного геотермального месторождения (Камчатка) // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Девятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Материалы конференции. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2017. С. 164-167.
3. Мороз Ю.Ф., Логинов В.А., Улыбышев И.С. Глубинная геоэлектрическая модель Больше-Банной гидротермальной системы на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2017. № 5. С. 51-61.
4. Краевой Ю.А., Коваленко В.Я., Евтухов А.Д. Больше-Банная гидротермальная система на Камчатке // Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971. С. 246-253.
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. Нурмухамедов А.Г. Банные источники гидротерм как потенциальный источник энергоснабжения на Юге Камчатки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № S40. С. 144-158.
7. Рычагов С.Н., Бойкова И.А., Сандимирова 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 с участием зарубежных ученых. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2015. С. 534-539.
8. Трухин Ю.П. Геохимия современных геотермальных процессов и перспективные геотехнологии. М.: Наука, 2003. 376 с.
9. Трухин Ю.П., Петрова В.В. Некоторые закономерности современного гидротермального процесса. М.: Наука, 1976. 178 с.