

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ПАУЖЕТСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА.

Е.Г. Калачева¹, Г.П. Королева²

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, e-mail: keg@kcs.iks.ru

² Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, г. Иркутск, e-mail: korol@igs.irc.ru

Паужетский вулканический район является одним из наиболее крупных районов Камчатки, характеризующийся интенсивной гидротермальной деятельностью. Изучению термальных вод района посвящено много работ, основная часть которых относится 50-70 гг. XX века. В данной статье приводятся новые данные по составу термальных вод, встречающихся как в естественных выходах, так и вскрытых в процессе бурения в пределах Паужетской вулcano-тектонической структуры, полученные авторами в период полевых работ. Отбор водных проб проводился в июле-августе 2005-2006 гг. На месте опробования измерялись рН, Eh и температура растворов с помощью портативного мультипараметрового анализатора WATER TEST. Общий химический анализ, включающий определение ионов NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , F^- , SO_4^{2-} , H_3BO_3 , H_4SiO_4 проведен в аналитическом центре Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН потенциометрическим, объемным, колориметрическим и атомно-абсорбционным методами. Анализ микроэлементного состава выполнен в аналитическом центре Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН методом индуктивной плазменной масс-спектрометрии (ICP-MS) на приборе Plasma Quad.

Геолого-гидрогеологическая характеристика района работ

В современном виде Паужетская структура представляет собой аккумулятивный тектонический свод площадью более 1600 км² с вулcano-тектонической депрессией диаметром 20x25 км в центральной части. Сложена она вулканическими образованиями миоценового, плиоценового и плейстоценового возраста [Литасов и др., 1974]. Результатом интенсивного четвертичного вулканизма стали постройки, приуроченные, в основном, к вулcano-тектоническому поднятию Камбального хребта. Современная гидротермальная деятельность сосредоточена на термальных полях действующего влк. Кошелева и Камбального хребта.

Термопроявления Камбального хребта сосредоточены в его осевой зоне (Северо-Камбальное и Южно-Камбальное термальные поля) на абсолютных отметках от 700 до 1000 м (рис. 1) и на северо-западном склоне (Восточное Паужетское поле).

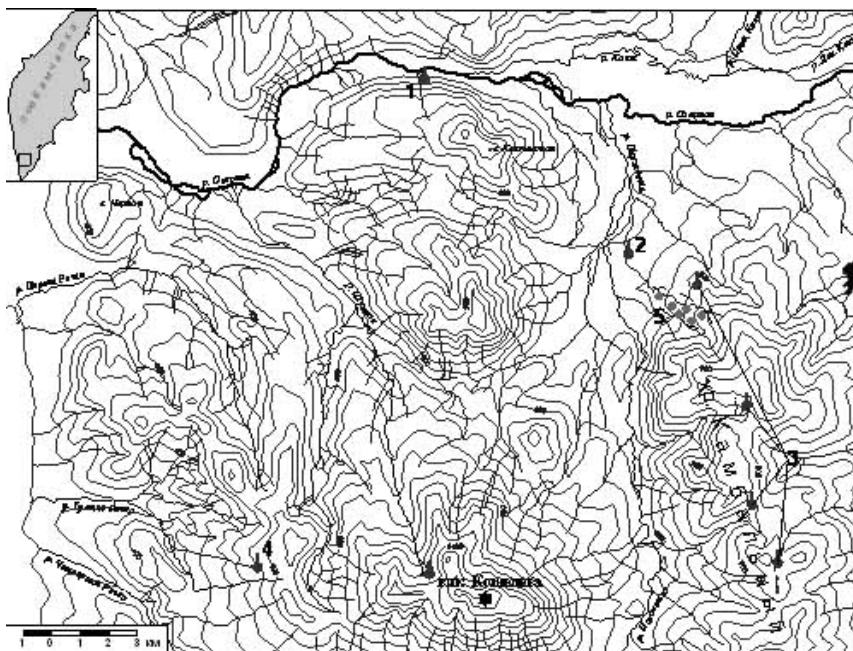


Рис. 1. Схема расположения термальных полей Паужетского района. Примечание: 1 Озерновские ключи, 2 - Нижнее термальное поле, 3 - Термальные поля Камбального хребта, 4 - Нижне-Кошелевское термальное поле, 5 - геотермальные скважины.

Выходы парогазовых струй и термальных источников приурочены к псефитовым туфам плиоценового возраста и связаны единой термоконтролирующей зоной северо-западного простирания [Белоусов и др, 1976]. Гидротермы Кошелевского вулкана (рис.1) приурочены к двум изолированным термальным полям. Верхне-Кошелевское термальное поле расположено в эрозионной котловине к северо-западу от вершины вулкана на высоте 1400 м. Парогидротермы выходят у подножия субвулканической интрузии базальтов четвертичного возраста. Нижне-Кошелевское поле находится на внешнем склоне старой соммы, сложенной четвертичными лавами, на высоте 750 м. Естественный вынос тепла парогазовыми струями данных термоаномалий достигает 50 000 и 24 800 ккал/сек соответственно [Вакин и др, 1976].

Паужетское месторождение термальных вод приурочено к вулcano-тектонической депрессии, сложенной вулканогенными и вулканогенно-осадочными отложениями плейстоценового возраста [Литасов и др., 1974]. Скважины пробурены в долине р.Паужетка, в пределах Паужетской термоаномалии (рис.1). Разгрузка Озерновских ключей происходит на контакте туфогенных алевролитов ранне-четвертичного возраста с подстилающими породами [Святловский, Иванов, Нехорошев, 1956ф] в долине р. Озерной (рис. 1)

Результаты исследований

Во время полевых работ были обследованы термальные поля Камбального хребта (Восточно-Паужетское, Северо- и Южно-Камбальные), Нижне-Кошелевские гидротермы, Озерновские ключи и опробованы ряд скважин. Результаты проведенного химического анализа сводятся к следующему. Термальные воды, разгружающиеся в пределах сольфатарных полей хр. Камбального (рис.2) относятся к кислым или слабокислым (pH 2.1-5.8) $\text{Ca}(\text{NH}_4)\text{-Mg-SO}_4$ типа с температурой 68-98°C. Общая минерализация редко превышает 1 г/л (только в грязевых котлах), и в среднем составляет 0.6-0.8 г/л. Термы Нижне-Кошелевского поля имеют несколько отличный состав и четко разделяются на две группы сульфатных и гидрокарбонатных вод (рис. 2). Гидрокарбонатный воды представляют собой конденсат паровых струй с близ нейтральной реакцией (pH 6), низкой общей минерализацией 0,3-0,4 мг/л. Среди катионов в основном преобладает Ca^{2+} . Малодебитные кипящие грязевые котлы (Т 90-96°C) и термальные озерца (Т 60-70°C) относятся к сульфатным водам с значениями pH от 2,8 до 4.6. Среди катионов преобладает NH_4^+ , определяющий тип этих терм сульфатный аммониевый. Общая минерализация этих вод за счет более высоких концентраций SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ достигает 2-3 г/л.. Газовый состав по литературным данным [Вакин и др, 1976] существенно углекислый, в незначительных количествах встречается метан и сероводород.

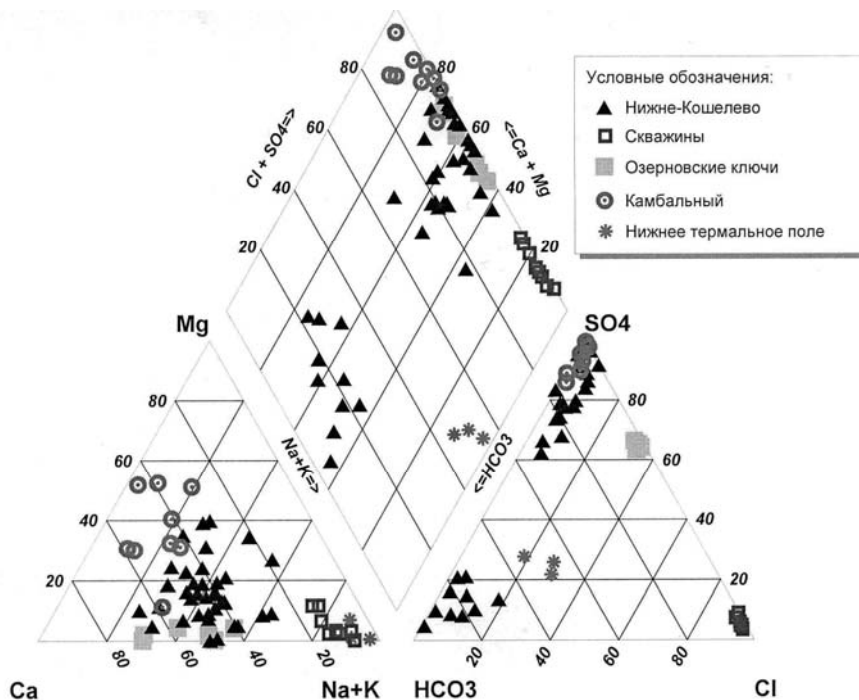


Рис. 2. Диаграмма химического состава термальных вод района.

Термальные воды, выведенные на поверхность скважинами, хорошо изучены и описаны различными исследователями. Они имеют хлоридно-натриевый (рис. 2) состав, температуру на

устье 92-98°C, pH 7,6-8,2 и общую минерализацию. 3-3,5 г/л. Следует отметить, что в процессе эксплуатации месторождения поверхностные проявления Паужетской термоаномалии претерпели изменения. Кипящие источники и гейзеры, описанные в работе [Паужетские..., 1965], исчезли, а в долине ручья Быстрого на Нижнем термальном поле (рис.1) появились ряд кипящих (Т 95°C) малодобитных котлов с водой по составу отвечающих хлоридно-гидрокарбонатному натриевому типу с минерализацией 0,5-0,7 г/л и pH 7,7-8,0.

По химическому составу Озерновские ключи (рис.1) относятся к слабощелочным (pH 7,7-8,2) сульфатным натрий кальциевым водам с повышенным содержанием Cl⁻ (рис.2). Общая минерализация составляет 1,4-1,5 г/л. Газовый состав метаново-азотный [Святловский, Иванов, Нехорошев, 1956ф].

Концентрации микрокомпонентов в термальных водах района варьируют в широких пределах. Среди сидерофильных элементов наибольшие концентрации имеет Fe (0,5-4 мг/л), содержания Ni и Co составляют первые десятки, а Mo первые единицы мкг/л. В грязевых котлах наблюдаются повышенные концентрации некоторых литофильных элементов. Максимальное содержание Al (2,3 мг/л) отмечено в проявлениях Восточного Паужетского поля. Содержание Ba, Li, Rb, Sc, Ti, Cr, V составляют десятки мкг/л а Be, Zr и W - меньше единицы. Максимальные значения Li, до 10мг/л фиксируются только в термальных водах вскрытых скважинами. Халькофильные элементы в кислых сульфатных водах подвержены меньшим колебаниям. Содержания Pb, As, Zn и Cu составляют 5-35 мкг/л. По соотношению Li/Rb/Cs гидротермы района делятся на две группы (рис. 3а). Изотопные соотношения ⁸⁶Sr/⁸⁷Sr во всех типах вод близки к значениям, характерным для вмещающих пород (рис. 3б). Исключение составляют часть терм Камбального хребта имеющие более высокие значения.

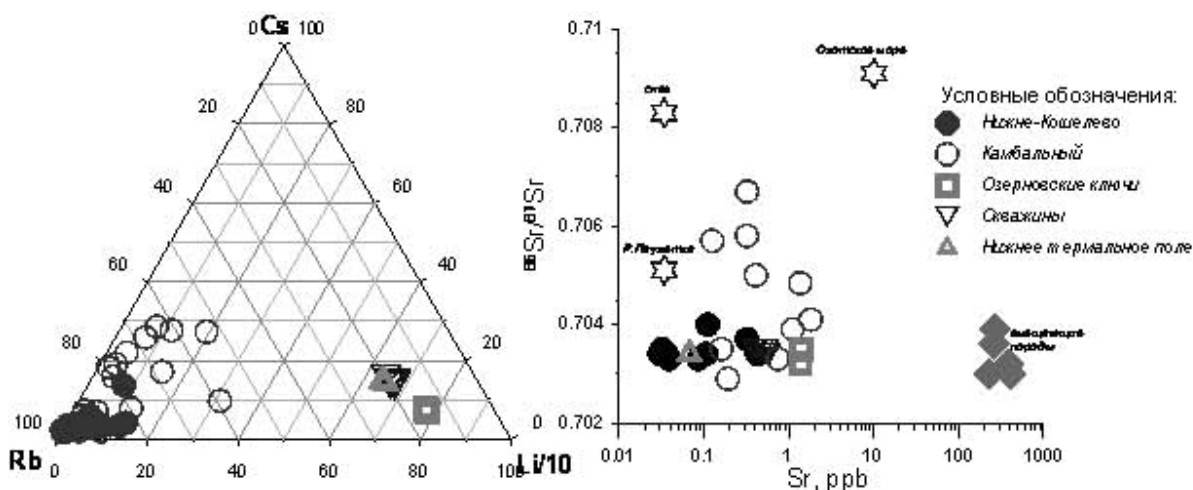


Рис. 3. Соотношение микрокомпонентов в термальных водах района: а соотношение Li/Rb/Cs; б-соотношение изотопов стронция и концентраций стронция.

Заклучение

Исследуемые гидротермы района делятся в две большие группы. Гидротермы Камбального хребта и влк. Кошелева, принадлежат к особому типу вод формирующихся в вадозовой зоне гидротермальных систем, связанных активным андезитовым вулканизмом. В зависимости от рельефа и местных гидрологических условий на поверхности они проявляются в виде интенсивно газирующих бессточных грязевых котлов, луж, горячих источников. Катионная часть вод формируется в основном за счет взаимодействия с окружающими породами, а также за счет выноса ряда элементов с глубины, захваченных парогазовой смесью. Концентрации основных породообразующих элементов и ряда микроэлементов находятся в прямой зависимости от pH и от степени взаимодействия с породами. Бессточные котлы несут большую минеральную нагрузку, чем источники. Подобные термопроявления получили название гидросольфатары [Набоко, 1959]. Основным отличием их от кислых фумарольных терм является практически полное отсутствие в составе галогенов (Cl, F), более высокие значения pH и низкая минерализация.

Поверхностных проявлений в зоне восходящего потока за счет эксплуатации геотермальных скважин в настоящее время не наблюдается. Образовавшиеся источники на Нижнем термальном поле вероятнее всего представляют собой дериваты термальных вод,

вскрытых близрасположенной скважиной. Озерновские ключи являются разгрузкой на поверхности латерального потока глубинных гидротерм.

Автор выражает глубокую благодарность д.г.-м.н. С.Н. Рычагову, за предоставленную возможность участия в Паужетской экспедиции. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-05-00022а).

Список литературы

Белоусов В.И., Сугробов В.М., Сугробова Н.Г. Геологическое строение и гидрогеологические особенности Паужетской гидротермальной системы // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток. 1976. С. 23-57.

Вакин Е.А., Декусар З.Б., Сержников А.И., Спиченкова М.В. Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток. 1976. С. 58-84.

Литасов Н.Е., Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н и др. Паужетская вулканотектоническая структура // Вулканы и геотермы Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1974. С. 47-72.

Набоко С.И. Вулканические эксгаляции и продукты их реакции // Труды лаборатории вулканологии. Выпуск 16. Изд. АН СССР. Москва. 1959. 302 с.

Паужетские горячие воды на Камчатке / Под редакцией Б.И. Пийпа. М.: Наука, 1965. 208 с.

Святловский А.Е., Иванов В.В., Нехорошев А.С. Гидротермы района вулканов Кошелева и Камбального на Южной Камчатке // Отчет геотермической экспедиции 1955 г. Москва. 1956. Фонды ИВиС ДВО РАН. 300 с.

Сугробов В.М., Кононов В.И., Постников А.И. Прогнозные геотермальные ресурсы областей современного вулканизма Камчатки и Курильских островов: научные и прикладные аспекты // Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма. Петропавловск-Камчатский. 2005. С. 9-24.