

МОНИТОРИНГ ГАЗОВОГО РЕЖИМА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ МУТНОВСКОЙ ГЕОЭС В 2004-2006 гг.

А.П. Максимов¹, П.П.Фирстов¹, И.И.Чернев², О.П. Малышева¹

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
(maximov@kscnet.ru)*

²*ОАО «Геотерм», Петропавловск-Камчатский
(gdr_g_chieff@geoterm.kamchatka.ru)*

The results of the research revealed a possibility to use the gas composition for analysis of the formation processes of the Mutnovsky geothermal fluid. CO₂/H₂S value shows significance of endogenous components, whereas O₂/N₂ value shows the significance of meteoric components. A hydrogen behavior is a possible result of the geodynamic condition. Different boreholes within Mutnovskaya geothermal station have their own peculiarities. These peculiarities are probably connected with their structural position within the geothermal reservoir.

Состав газов, выделяющихся из теплоносителя на скважинах Мутновского месторождения парогидротерм, неизбежно отражает процессы формирования гидротермального раствора на глубине и последующую его эволюцию при продвижении к поверхности. Мониторинг газового режима скважин Мутновского месторождения проводится с июня 2004 года с целью выявления вариаций состава газов во времени, между скважинами и поиска закономерностей, которые позволили бы прояснить эти процессы [Максимов и др., 2005].

Методика отбора и анализа газа. Отбор газов производился, как правило, раз в месяц. Перед началом отбора к выпускному патрубку скважины подсоединялся миниатюрный циклонный пробоотборочный сепаратор, и система прогревалась не менее 5 минут. Отбор и анализ газа, а также расчет его состава проводился по методике, применяемой для вулканических газов [Никитина Л.П. и др., 1989]. В отобранных пробах анализировались концентрации H₂O, H₂S, CO₂, CO, He, H₂, N₂, O₂, Ar, метана, этана и других углеводородов. В процессе отбора H₂S и CO₂ абсорбировались поглотителем, там же конденсировался и водяной пар. Все остальные компоненты газовой смеси относятся к неабсорбированным газам. Для определения концентраций неабсорбированных компонентов газовой пробы использовался газохроматографический метод анализа. Определение H₂S проводилось йодометрическим методом анализа. Определение CO₂ производилось потенциометрическим титрованием. Содержания углеводородов кроме CH₄ и C₂H₆ составляли незначительную долю смеси неабсорбированных газов (обычно тысячные – сотые доли объемных %). Эти компоненты суммировались и в дальнейших расчетах не учитывались. В наших расчетах мы отказались от процедуры вычитания воздушной составляющей, т.к. выяснилось, что в целом ряде проб доля O₂ относительно N₂ оказалась выше, чем в воздухе. Результаты анализов представлялись в объемных и массовых процентах компонентов сухого газа (т.е., газовой смеси за вычетом воды) и массовой доли сухого газа в целом.

Основные закономерности вариаций состава газов. Основным компонентом газовой смеси является вода, содержание которой по массе превышает 99%. Среди остальных газов резко преобладали H₂S и CO₂, обычно составляющие более 90%. Следующим по распространенности компонентом является азот. Обычно его концентрации составляют первые проценты, но в ряде случаев они достигают более 10% и иногда даже десятки процентов. Последнее вероятно отражает контаминацию пробы воздухом, что подтверждается повышенными содержаниями кислорода в таких случаях. Подобная ситуация наиболее характерна для скважины 5Э.

Несмотря на низкую долю газов, наблюдались определенные тенденции в вариациях, как данного параметра, так и в характеристиках состава газов. При существенных колебаниях доли газа и отношения CO₂/H₂S по всем скважинам в целом, наблюдается тенденция

одновременного снижения этих характеристик во времени (рис.1а, б). На рис. 2 показана зависимость логарифма отношения $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ от логарифма весовой доли газа в паре для трех групп скважин (I - 016; II - 026, А-2, 37; III - 4Э, 055). Наблюдается четкая корреляция этих параметров и линейная зависимость их логарифмов.

Так как ни добавка метеорных вод, ни поступление атмосферных газов не может существенно повлиять на отношение углекислоты к сероводороду, вероятно, это отношение отражает изменение во времени состава и доли эндогенной составляющей теплоносителя.

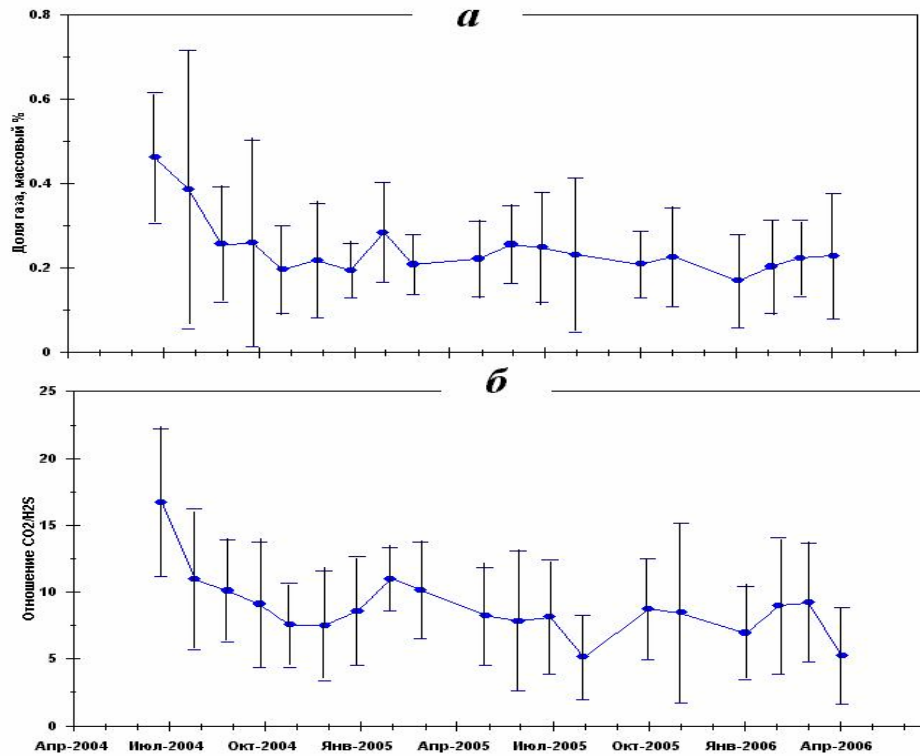


Рис.1. Динамика массовой доли % газов в теплоносителе (а) и отношения $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ (б), осредненные по всем скважинам за период 2004-2006 гг. Вертикальными линиями показано среднеквадратичное отклонение.

В качестве показателя роли метеорной составляющей в теплоносителе было выбрано отношение $[\text{O}_2/\text{N}_2]$. Основанием для этого послужило то, что в целом ряде проб доля O_2 относительно N_2 оказалась выше, чем в воздухе.

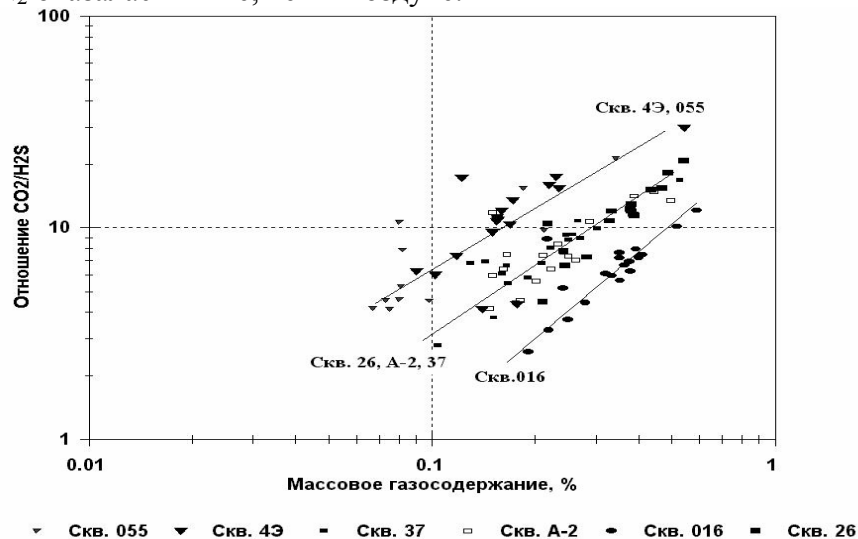


Рис.2. Зависимость отношения $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ от доли газа (без H_2O) в теплоносителе в скважинах Мутновского геотермального месторождения.

Так как содержание кислорода в эндогенных газах чрезвычайно низки, то единственным приемлемым объяснением этого факта, является поступление воздушных газов в гидротермальный раствор вместе с метеорными водами, поскольку доля кислорода относительно азота в газе, растворенном в воде выше, чем в воздухе. Смешение метеорных вод с горячим глубинным флюидом приводит к переходу этих компонентов в газовую фазу из-за падения растворимости с повышением температуры.

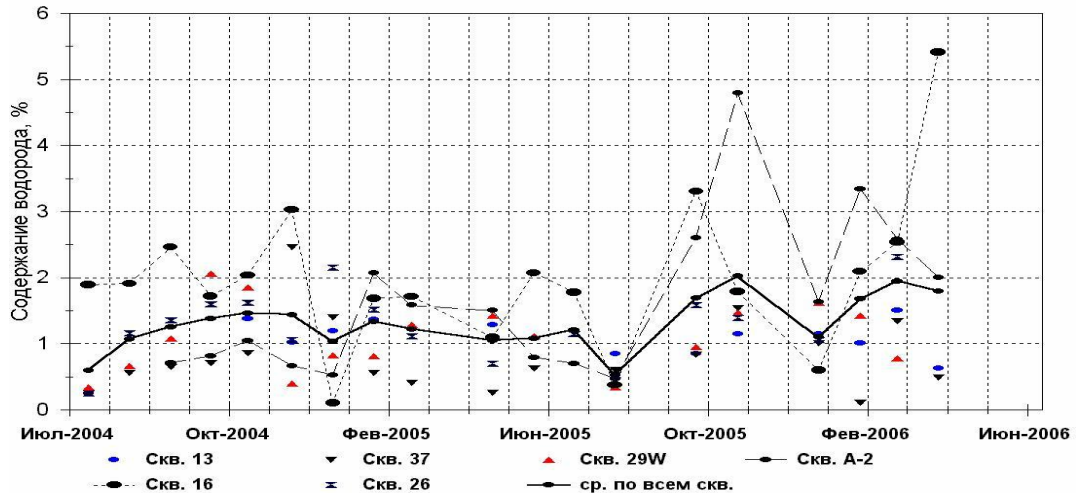


Рис. 3. Динамика содержания водорода в скважинах Мутновского геотермального месторождения.

Отмечается приуроченность к скважинам определенного уровня колебаний величины O_2/N_2 . Скважины 055, А-2, 029W, 048 имеют наиболее высокие величины этого отношения, тогда как скважина 049 отличается самыми низкими значениями O_2/N_2 и для нее же присущи высокие величины массовой доли газа. Это служит дополнительным подтверждением реальности процесса взаимодействия вод разного происхождения и указывает на влияние гидрогеологической обстановки на формирование состава газа.

Представляется интересным рассмотреть динамику концентрации водорода во времени на всех скважинах (рис. 3). Из представленных данных видно, что во времени наблюдаются существенные колебания концентрации водорода в «сухом» газе, причем намечается определенная тенденция к сопряженности вариаций водорода между скважинами. Наиболее высокие концентрации водорода характерны для скважин А-2 и 016. Поскольку водород является весьма подвижным газом глубинного генезиса, возможно, его поведение отражает геодинамический режим геотермального резервуара.

Выводы.

В результате проведенных исследований была оценена потенциальная информативность состава газа для анализа процессов формирования теплоносителя. Так отношение CO_2/H_2S отражает роль эндогенной составляющей, тогда как O_2/N_2 показывает роль метеорной составляющей. Геодинамический режим, т.е. изменение напряженно-деформированного состояния блока земной коры, включающего в себя геотермальный резервуар, по-видимому, находит отражение в поведении водорода. Следует отметить, что при заметных колебаниях состава газов во времени и в целом однотипном его составе, различные скважины Мутновской ГеоЭС имеют свои особенности, отражающие их структурную позицию относительно гидротермального резервуара.

Литература

- Максимов А.П., Фирстов П.П., Чернев И.И., 2005, Газовый режим теплоносителя Мутновской ГЕОЭС (июнь-декабрь 2004 г.), *Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский*: 161-167.
- Никитина Л.П., Меняйлов И.А., Шапарь В.Н., 1989, Модифицированные методы отбора и анализа вулканических газов, *Вулканология и сейсмология*, 4: 3-15.