

УДК 551.234

Закономерности вариаций газового состава скважин Мутновской ГеоЭС в 2018 г. **А.П. Максимов¹, П.П. Фирстов^{1,2}, И.И. Чернев³**

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
683006; e-mail: maximov@kscnet.ru

²КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский

³ОАО «Геотерм», Петропавловск-Камчатский

Введение

Изучение газового режима скважин Мутновского геотермального месторождения проводится с 2004 г. [1]. В 2018 г. мониторинг газового состава проводился 1 раз в месяц на 10-ти скважинах, отбор был проведен 8 раз (февраль, март, апрель, май, июль, август, сентябрь и ноябрь). За этот период отмечаются существенные колебания газового состава. Целью мониторинга был анализ закономерностей вариаций состава газа во времени и особенностей состава отдельных скважин.

Общая характеристика состава газов

Основным компонентом газовой смеси является вода, содержание которой по массе обычно превышает 99%. 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. Среди этих газов преобладали диоксид углерода (CO₂) и сероводород (H₂S), которые, как правило, составляют более 90% от всех газов. Однако в отдельных случаях, из-за повышенного содержания азота и кислорода, эта сумма снижалась до ~70%. Азот является следующим по распространенности компонентом. Обычно его концентрация составляет первые проценты, но в ряде случаев она могла достигать десятки процентов, что, вероятно, отражает контаминацию пробы воздухом. Это подтверждается повышенными содержаниями кислорода в таких случаях. Содержания кислорода заключено в пределах от долей до нескольких процентов, максимально ~7%. Вариации содержания водорода имеют еще больший размах от сотых долей до целых процентов (объемных). Из углеводородных газов наиболее распространен метан, который обычно составляет десятые доли объемных процентов. Второй по распространенности углеводород – этан, содержания которого составляют тысячные доли объемных процентов. Концентрации He и CO – ниже предела определения.

В целом, в содержании газовых компонентов теплоносителя Мутновской ГеоЭС наблюдаются существенные колебания, как во времени для отдельных скважин, так и между разными скважинами. Тем не менее, несмотря на низкую долю «сухих» газов в теплоносителе и существенные колебания компонентов газовой смеси, в предшествующие годы удалось обнаружить определенные тенденции в вариациях различных параметров состава газов.

Основные закономерности вариаций состава газов в 2018 гг.

Полученные в 2018 году данные использовались для анализа ранее выявленных закономерностей газового режима: вариаций массовой доли сухого газа, отношения объемных долей CO₂/H₂S, объемной доли H₂, соотношений концентраций кислорода, азота и аргона и отношения O₂/N₂ (масс.%). Результаты анализа сопоставлялись с аналогичными для 2017 г.

Доля сухого газа в 2018 г. сильно варьирует (от < 0,02 до > 0,7 масс.%) как для отдельных скважин, так и между скважинами. К группе с более высокой долей «сухого» газа относятся скважины 016, 029W, 013, Гео4 и А2. Наиболее низкие доли газа присущи скважинам – 053, 042, Гео1, Гео2 и Гео3. В целом этот параметр в 2018

году варьировал в тех же пределах, что и в 2017 г. Наблюдаемые колебания и тенденции могут отражать как сезонные изменения режима поступления метеорных вод, так и колебания поступления глубинной составляющей теплоносителя в геотермальный резервуар.

Для всех скважин в 2018 г. сохранялась наблюдавшаяся в предыдущий период закономерная линейная корреляция между отношением $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ и долей сухого газа (рис. 1). В 2018 г., также как и в 2017 г., в отдельных случаях имели место низкие концентрации CO_2 , иногда ниже предела определения, чего ранее не наблюдалось.

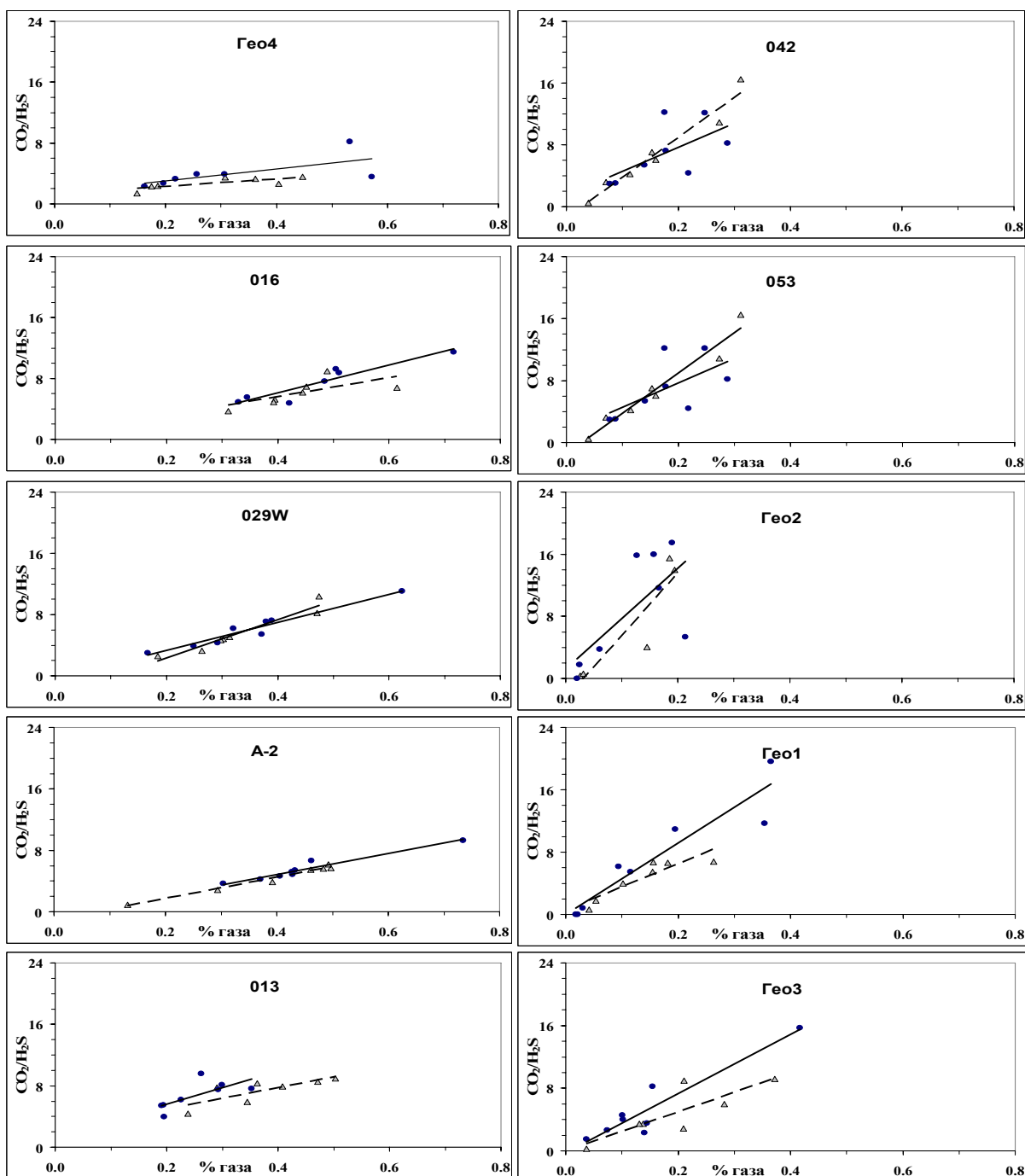


Рис. 1. Корреляция отношения $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ и масс. % сухих газов в паре скважин Мутновской ГеоЭС в 2017 г. (треугольники и штриховые линии) и 2018 г. точки и сплошные прямые).

При существенных колебаниях содержания водорода в скважинах в 2018 г. его содержания в конкретных скважинах находились в тех же пределах, как и в 2017 г.

В формировании газового состава теплоносителя принимают участие, как эндогенные компоненты («глубинная составляющая»), так и газы воздушного генезиса. Наличие эндогенной составляющей подтверждается присутствием в составе углекислого газа, сероводорода и водорода. Вариации этих газов и их отношений, по-видимому, отражают процессы формирования геотермального флюида и, возможно, связаны с изменениями геодинамической обстановки. На участие в формировании газового состава теплоносителя воздушных газов, привнесенных метеорными водами, указывают повышенные доли кислорода и высокие отношения O_2/N_2 в газах. Данные по соотношению кислорода, азота и аргона в 2018 г. указывают на весьма значительную роль поступления метеорных вод в формировании геотермального флюида [2]. Тем самым продолжается ситуация последних лет наблюдений.

Следует отметить, что при заметных колебаниях состава газов во времени и в целом однотипном его составе, различные скважины Мутновской ГеоЭС имеют свои особенности, вероятно, отражающие их структурную позицию относительно гидротермального резервуара. В предыдущие года наблюдений были выделены две основные группы скважин по характеристикам газового состава:

- 1) 016, 029W, 013, Гео4 и А-2;
- 2) 042, 053, Гео1, Гео2, Гео3.

В 2018 г. также выделяются эти же группы по ряду показателей. На рис. 2а-д показаны тренды средних значений отмеченных выше параметров газового состава и размах их колебаний в ряду изученных скважин для 2017 и 2018 гг. Из представленных графиков видно, что по каждому показателю тренды практически идентичны для этих периодов при аналогичном расположении скважин. Хотя для разных характеристик порядок скважин может несколько меняться, в целом, выделенные группы устойчиво сохраняются. Для первой группы характерны более высокие доли «сухих» газов в паровой фазе теплоносителя (рис. 2а), повышенный уровень концентрации водорода (рис. 2в) и пониженный кислорода (рис. 2г). Скважины второй группы отличаются пониженными долями «сухого» газа в паре теплоносителя, более низким уровнем концентраций водорода и более высоким кислорода.

Наклоны трендов CO_2/H_2S от доли «сухого» газа также различаются в соответствии с выделенными группами скважин (рис. 1). Как и в 2017 г., для скважин первой группы рост отношения CO_2/H_2S от доли газа менее выражен. Причины такой зависимости не ясны.

Выявленные закономерности в распределении скважин по группам сравнивались с температурами теплоносителя на устье скважин во время отбора и с данными ГЕОТЕРМ по среднему паросодержанию и дебиту пароводяной смеси изученных скважин. Распределение скважин по температурам не соответствует их распределению по характеристикам газового состава. Между паросодержанием и закономерностями газового режима скважин связи также не прослеживается. В то же время можно отметить определенную корреляцию распределения скважин по дебиту пароводяной смеси с их распределением по характеристикам состава газа. Из этой закономерности явное исключение представляет скважина 029W.

Список литературы

1. Фирстов П.П., Максимов А.П., Чернев И.И. Динамика газового состава теплоносителя Мутновской ГЕОЭС в 2004 г. // Ползуновский вестник, 2006 г. № 2-1. С. 259-263.
2. Максимов А.П., Фирстов П.П., Чернев И.И., Шапарь В.Н. Метод оценки доли метеорной воды в теплоносителе Мутновской ГеоЭС. Материалы региональной конференции, «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвящённой Дню вулканолога, 30 марта – 1 апреля 2011 г. – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 146-149.

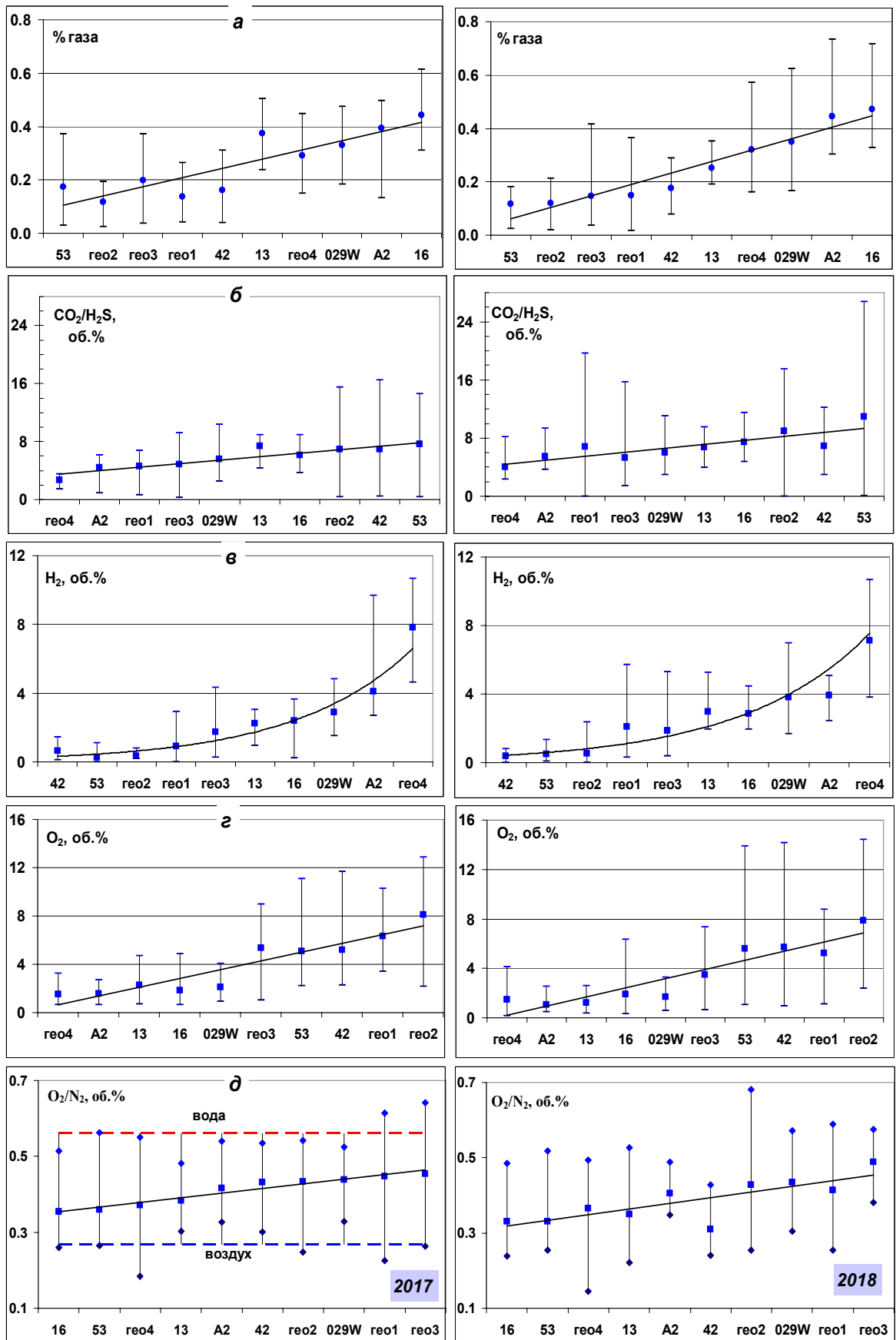


Рис. 2. Средние содержания и размах колебаний масс. доли газа (а), отношения CO₂/H₂S (б), объемного процента водорода (в), кислорода (г) и отношения O₂/N₂ (д) для скважин, изученных в 2017 (рисунки слева) и 2018 (справа) гг. Показаны тренды для средних значений. Штриховые линии – отношения кислорода к азоту в воздухе и в воде.