

## Наблюдения за динамикой поступления магматического газа в продуктивный геотермальный резервуар

*А.Ю. Поляков*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [pol@kscnet.ru](mailto:pol@kscnet.ru)*

### Введение

Измерения содержания неконденсированного газа (НКГ) на турбогенераторе геотермальной электростанции отражают усредненные характеристики изменения притока магматических газов в продуктивный геотермальный резервуар в целом. В случае непрерывных наблюдений за этим процессом, при условии постоянного доступа к данным посредством сети интернет, вероятен прогноз активности Мутновского вулкана и сильных землетрясений.

### Техническое решение

Поставленная задача была решена посредством системы дистанционного мониторинга на базе станции HOBO RX 3000 производства Onset Computer Corporation (США) (<https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/rx3000>), с дополнительными датчиками давления и температуры, установленными на конденсаторе турбины геотермальной электростанции.

Для системы удаленного мониторинга HOBO RX 3000 используется HOBOlink (рис. 1) – программная web-платформа, позволяющая получать доступ к текущим и сохраненным данным. Доступ в интернет осуществляется посредством GSM/3G связи.



Рис. 1. HOBOlink, графическая интерпретация текущих данных

### Результаты измерений

Был проведен непрерывный 30-дневный мониторинг парциального давления НКГ в конденсаторе турбины геотермальной электростанции. Для оценки парциального  $P_{CO_2}$  были проведены одновременные измерения давления конденсата

пара  $P_c$  и его температуры  $T_c$ ; затем  $P_{CO_2}$  рассчитывали как разницу между  $P_c$  и давлением насыщения водяного пара, соответствующими температуре  $T_c$ ; зависимость была определена аппроксимацией табличных данных.

На рис. 2 показано временное изменение  $P_{CO_2}$  в течение периода наблюдений с 23.08.2019 по 25.09.2019. Хорошо видно, что, по меньшей мере, 14 максимумов  $P_{CO_2}$  синхронизированы с 14 минимумами  $T_c$ , которые демонстрируют поступление неконденсируемого газа в турбину из эксплуатационного геотермального резервуара. Некоторые из этих пиков  $P_{CO_2}$  могут быть связаны с импульсами разгрузки магматического газа, описанными в [2].

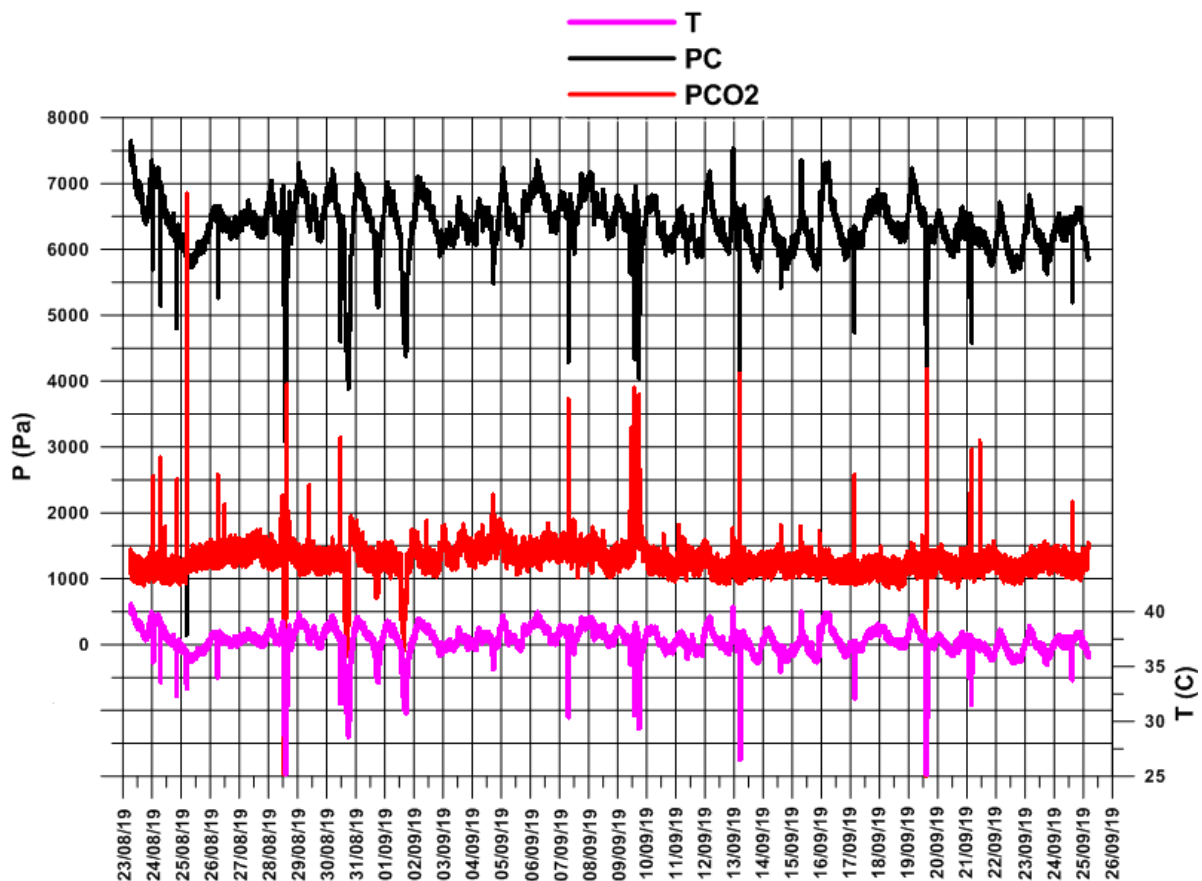


Рис 2. Расчетное парциальное давление  $CO_2$  в конденсаторе на выходе из турбины геотермальной электростанции.  $P_{CO_2}$  – парциальное давление НКГ в конденсаторе турбины геотермальной электростанции,  $P_c$  – давление конденсата пара,  $T$  – температура конденсата пара.

Отметим признаки магматического происхождения состава газа, отобранного на добычных скважинах и термопроявлениях Мутновского геотермального месторождения, особенно на участках продуктивного резервуара, примыкающих к зонам магматической инжекции [3].

Значения  $\delta^{13}C (CO_2)$  в скважинах 022, 031, 035, A4 и R27, термопроявлениях Медвежье и Верхне-Мутновские Мутновского геотермального месторождения варьируются в диапазоне от -8.4 до -5.6 ‰, что свидетельствует о магматическом происхождении  $CO_2$  [3].

Исследовано гипоцентрального поле землетрясений на основе анализа плоско-ориентированных кластеров [1]. Данное направление важно для определения связи гипоцентрального поля сейсмоактивной среды и ее геолого-тектонического строения в виде плоских сейсмогенных разломов, предположительно активируемых глубинными флюидами. Такое представление позволяет концептуально объяснить многие эффекты

сейсмичности: ее цикличность, влияние и взаимосвязь удаленных сильнейших, в том числе глубоких, землетрясений, выявленную связь сейсмичности и вулканизма.

### **Выводы**

Результаты тестовой работы системы показали изменения усредненного суммарного содержания НКГ на турбогенераторе Мутновской ГеоЭС, что характеризует как подключения/отключения добычных скважин, так и изменения притока магматических газов в продуктивный геотермальный резервуар в целом (именно эта информация необходима для прогноза активности Мутновского вулкана и сильных землетрясений).

Работа выполнена при поддержке РФФИ по проекту 18-05-00052-19.

### **Список литературы**

1. *Кирюхин А.В., Федотов С.А., Соломатин А.В. и др.* Геомеханическая интерпретация сейсмичности на шельфе Камчатки: приложения для сейсмического прогноза и поиска углеводородов // Геомодель 2018. 20-я юбилейная конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа. Геленджик, Россия. 10-14 сентября 2018 г. 2018. 5 с.
2. *Kiryukhin A., Chernykh E., Polyakov A. et al.* Magma Fracking Beneath Active Volcanoes Based on Seismic Data and Hydrothermal Activity Observations // *Geosciences*. 2020. 10. 52. P. 1-16. DOI: 10.3390/geosciences10020052.
3. *Kiryukhin A.V., Polyakov A.Y., Usacheva O.O. et al.* Thermal-permeability structure and recharge conditions of the Mutnovsky high temperature geothermal field (Kamchatka, Russia) // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2018. Vol. 356. 1 May 2018. P. 36-55.