

УДК 550.83.017

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ВЗРЫВОВ В РАЙОНЕ МУТНОВСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Д. В. Мельников

<sup>1</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;  
e-mail: [dvm@kcs.iks.ru](mailto:dvm@kcs.iks.ru)

<sup>2</sup>Камчатский государственный педагогический университет, Петропавловск-Камчатский

Явления гидротермальных взрывов достаточно известны в мировой практике разработки месторождений парогидротерм. На примере гидротермального взрыва возле скважины реинъекции Мутновской ГеоЭС рассмотрен механизм самого процесса и его морфологические признаки. Отмечено значение применения данных кинетической температуры, полученных при обработке тепловых каналов спектро-зонального сенсора ASTER для пространственного и временного анализа гидротермальных взрывов. Рассматриваемый взрыв является многоактным событием, которое является ответной реакцией гидротермального резервуара на избыточное давление.

Район Мутновского месторождения парогидротерм расположен в 70 километрах к югу от города Петропавловска-Камчатского. Он приурочен к Северо-Мутновской зоне крупного Мутновского геотермального района (Леонов, 1989) (рис. 1). В последние несколько лет месторождение активно эксплуатируется. Построены две электростанции суммарной мощностью 50 мВт.

В процессе разведки месторождения наблюдались явления гидротермальных взрывов, которые, по всей видимости, были связаны с падением давления в гидротермальном резервуаре вследствие проведения буровых работ. Однако, и в настоящее время, по окончании активного бурения, мы встречаемся с подобными процессами. Предположительно, современные гидротермальные взрывы непосредственно связаны с эксплуатацией гидротермального месторождения.

Большинство гидротермальных систем имеют температуры до и выше 300°C, что является свидетельством магматического источника тепла. Концентрация таких высокотемпературных гидротерм вблизи гидростатического уровня

означает, что в этом месте, возможно, их кипение, и имеется много прямых и эмпирических доказательств о широком распространении этого процесса в эпитеермальных системах (как в современных, так и в палеосистемах), хотя он не является повсеместным (Дроздин, 1980). При достижении гидротермами максимальной температуры на пути своей миграции и начале подъёма они будут испытывать декомпрессию и квази адиабатическое расширение (т.е. по существу без потери массы и тепла из системы) до тех пор, пока давление гидротерм уравновешено давлением пара при данной температуре. В этой точке будет образовываться пар, и гидротермы кипят.

Кипение любого флюида может происходить в результате двух процессов: при уменьшении давления и при притоке тепла. Необычным является дополнительный приток тепла в гидротермальную систему, кроме особого случая, связанного с внедрением дайки, которая может вызвать значительную область вскипания. Обычно кипение гидротерм в гидротермальной системе происходит, как реакция на падение давления. Это может происходить как более или

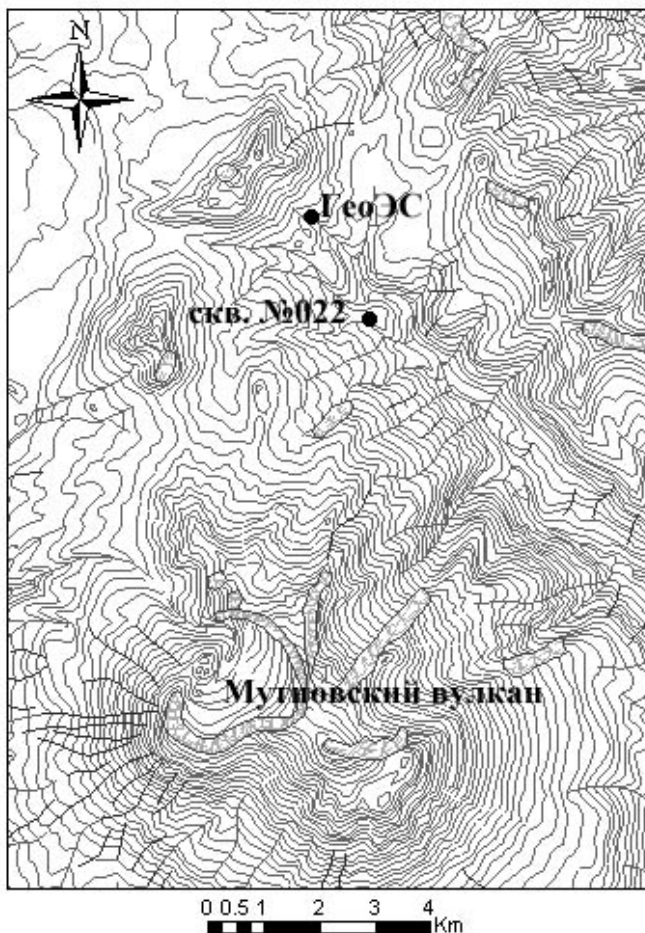


Рис. 1. Схема расположения Мутновской электростанции и скважины № 022.

менее спокойный устойчивый процесс, по мере того, как восходящие гидротермы достигнут зоны, где граничное давление не способно в дальнейшем сохранять их в жидком состоянии. В этом случае уровень кипения в недрах системы будет находиться почти постоянным, перекрытым пародоминирующей зоной и, по-видимому, над ней будут располагаться паро-газовые струи (фумаролы).

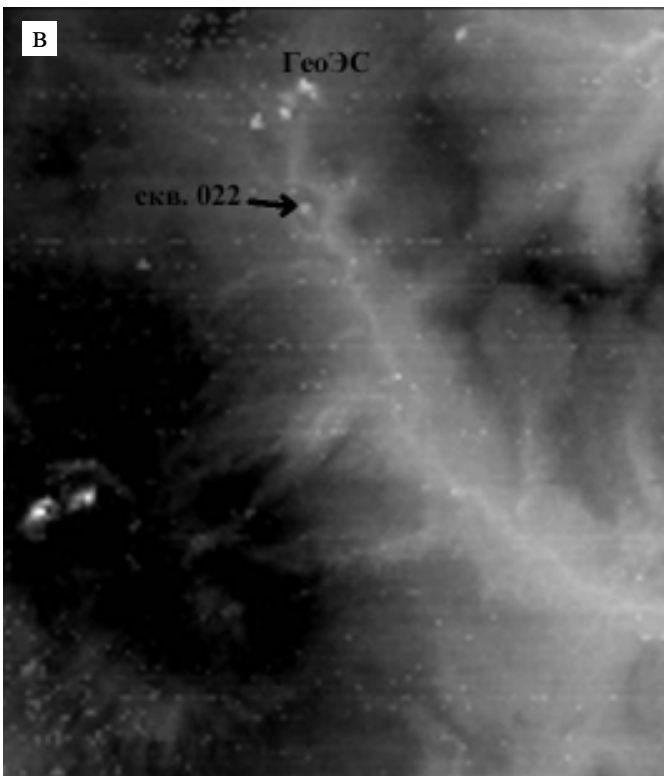
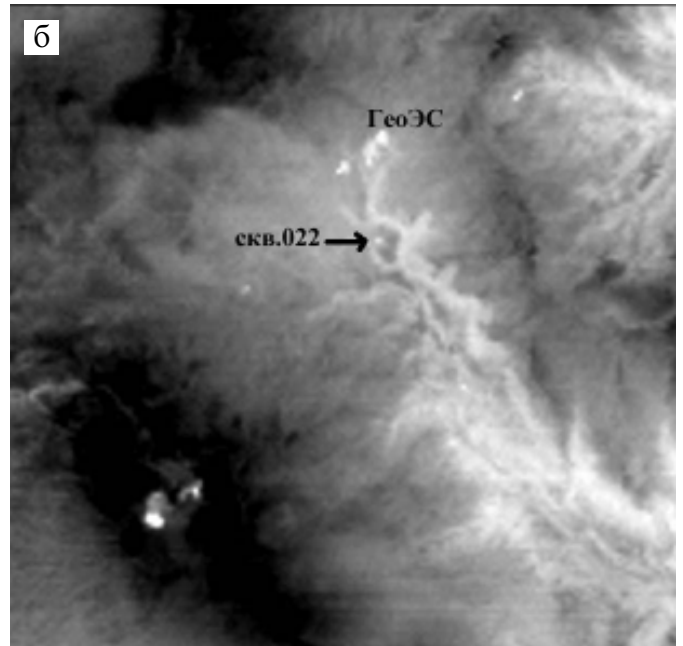
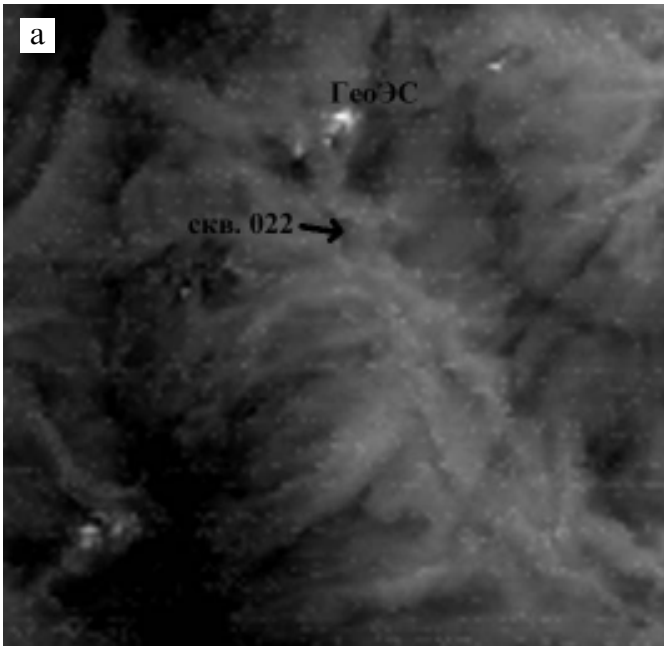
Гидротермы, которые подвергаются резкому падению давлений, начинают кипеть глубоко в недрах системы и способны в большом объеме выделять парогазовую фазу в короткий промежуток времени. В результате происходит выброс двухфазной гидротермальной смеси в гейзерном режиме, который в крайней стадии похож на взрыв, сопровождающийся разрушением стенок подводящего канала и образованием конической воронки (Smith, McKibbin, 2000).

Непрерывный приток высокотемпературных гидротерм и аккумуляция газов под кремнистым или глинистым изолирующим слоем приводит к аккумуляции тепловой энергии

(нагреву) и повышению давления до тех пор, пока не произойдет взрыв и разрушение этого изолирующего слоя (Wohletz), 1983. Накопление выделенных газов под временным изолирующим слоем гидротермальных пород может способствовать дроблению, которое может затем быть спровоцировано некоторыми событиями, такими как небольшие сейсмические толчки, земные приливы, изменения атмосферного давления или климата, или геоморфологические процессы.

Именно такие явления мы и можем наблюдать в районе Мутновского гидротермального месторождения. В частности, зафиксирован факт многоактных гидротермальных взрывов в районе скважины реинъекции (скважина № 022, рис. 1). По свидетельству гидрогеолога Мутновской ГеоЭС Николая Романова, здесь произошло, по крайней мере, два подобных события. Первое – зимой 2003 г., второе – в начале лета 2004 г. Более точные сроки взрывов на данный момент пока не установлены. Приблизительные временные границы взрывов можно проследить, используя данные кинетической температуры, полученные при обработки тепловых каналов спектро-зонального сенсора ASTER, расположенного на борту искусственного спутника земли TERRA (Gillespie et al., 1996). На рис. 2 представлены три снимка, полученные 20 марта 2003 г. (рис. 2,а), 15 ноября 2003 г. (рис. 2,б) и 9 мая 2004 г. (рис. 2,в). На снимках 2,б и 2,в отчетливо видна термоаномалия в районе скважины 022, сопоставимой по уровню тепловой эмиссии с термоаномалией Дачных термальных источников. На снимке 2,а эта термоаномалия не прослеживается. Исходя из обобщенных данных, можно уточнить дату первого взрыва и отнести её на конец октября – начало ноября 2003 г.

В августе 2004 г. были проведены непосредственные визуальные наблюдения за данной воронкой гидротермального взрыва. Она расположена в 20 метрах от скважины № 022 и имеет размер около 50 метров в диаметре (рис. 3). Глубина воронки составляет 1.5-2 м. На дне воронки сосредоточены кипящие грязевые котлы с температурой ~ 97 °С (рис. 4). Воронка находится в состоянии активной паро-газовой деятельности. Вокруг воронки, на площади около 5000 м<sup>2</sup>, разбросан извергнутый при взрыве материал. Он представлен рыхлыми глинистыми отложениями и округлыми бомбами, состоящими из спрессованных гидротермально изме-



**Рис. 2.** Изображения кинетической температуры, полученные при обработке спектро-зональных снимков сенсора ASTER (уровень обработки L2, AST\_08). Снимки датированы: 2а – 20.03.2003; 2б – 15.11.2003; 2в – 09.05.2004.

нённых туфов (рис. 5,а,б). Наибольшее количество бомб сосредоточено в южном и юго-восточном секторах от воронки, что, вероятно, свидетельствует о направлении взрыва. Некоторые бомбы достигают размеров до 30 см в диаметре.

Скважина № 022 в настоящий момент не эксплуатируется, обратная закачка не производится. В непосредственной близости от скважины ощущается дрожание грунта и забетонированного участка вокруг скважины. Вероятно, это дрожание обусловлено избыточным давлением паро-водяной смеси. Напряжение этого давления снимается за счёт многоактных гидротермальных взрывов.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № НШ-2294.2003.5 Государст-



**Рис. 3.** Панорамный снимок скважины № 022 и воронки гидротермального взрыва.



Рис. 4. Кипящие грязевые котлы на дне взрывной воронки.

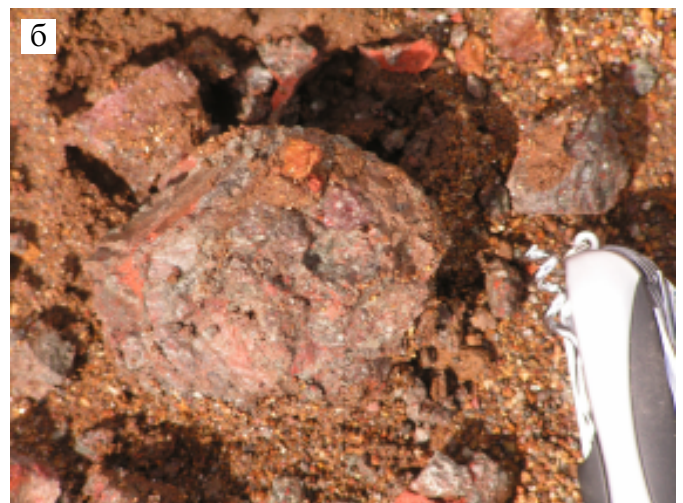


Рис. 5. Продукты гидротермального взрыва (а); бомбы, состоящие из спрессованных гидротермально изменённых туфов (б).

венной поддержки ведущих научных школ, с использованием результатов полевых исследований района, выполненных по программе и финансовой поддержке проекта ФЦП “Интеграция” № Э0334/946.

#### Список литературы

Дрознин В.А. Физическая модель вулканического процесса. М.: Наука, 1980. С. 85.

Леонов В.Л. Структурные условия локализации высоко-температурных гидротерм. М.: Наука, 1989. С. 92.

Gillespie A.R., Rokugawa S., Hook, S. et al. Temperature/emissivity separation algorithm theoretical basis document, version 2.1. NASA/GSFC, Greenbelt, MD, 1996

Smith T., McKibbin R. An investigation of boiling processes in hydrothermal eruptions // Proceeding world geothermal congress 2000. Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, 2000. P. 699-704.

Wohletz, K.H. Mechanisms of hydrovolcanic pyroclast formation: size, scanning electron microscopy, and experimental studies//J. Volcanol. Geotherm. Res. 17. 1983. P. 31-63.

МЕЛЬНИКОВ

**Some Features of Morphology of Hydrothermal Explosions in Area Mutnovsky of Hydrothermal Power Plant**

**D. V. Melnikov**

*<sup>1</sup>Institute of volcanology and seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006  
e-mail: [dvm@kcs.iks.ru](mailto:dvm@kcs.iks.ru)*

*<sup>2</sup>Kamchatka state pedagogical university, Petropavlovsk-Kamchatsky*

The phenomena of hydrothermal explosions are known enough in world practice of development of geothermal deposits. By the example of hydrothermal explosion near a borehole reinjection Mutnovskaya GeoES the mechanism of the process and his morphological attributes is considered. Value of application of the data of kinetic temperature of the thermal channels sensor ASTER received at processing for the spatial and time analysis of hydrothermal explosions is marked. Considered explosion is multievent which is response of the hydrothermal reservoir to superfluous pressure.