

Анализ эффективности направленного бурения на Мутновском геотермальном месторождении

О.О. Усачева, Т.В. Рычкова

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: LeL89@yandex.ru

Введение

Мутновское геотермальное месторождение разрабатывается двумя геотермальными станциями: Верхне-Мутновской (с 1999 г.) и Мутновской геотермальной электрической станцией (МГеоЭС) – с 2002 г. (рис. 1). Геотермальными станциями используются скважины с возрастом 28-30 лет, многие из которых на грани вывода из эксплуатации. В связи с этим возникает необходимость бурения новых скважин и ввода их в эксплуатацию для поддержания работоспособности МГеоЭС.

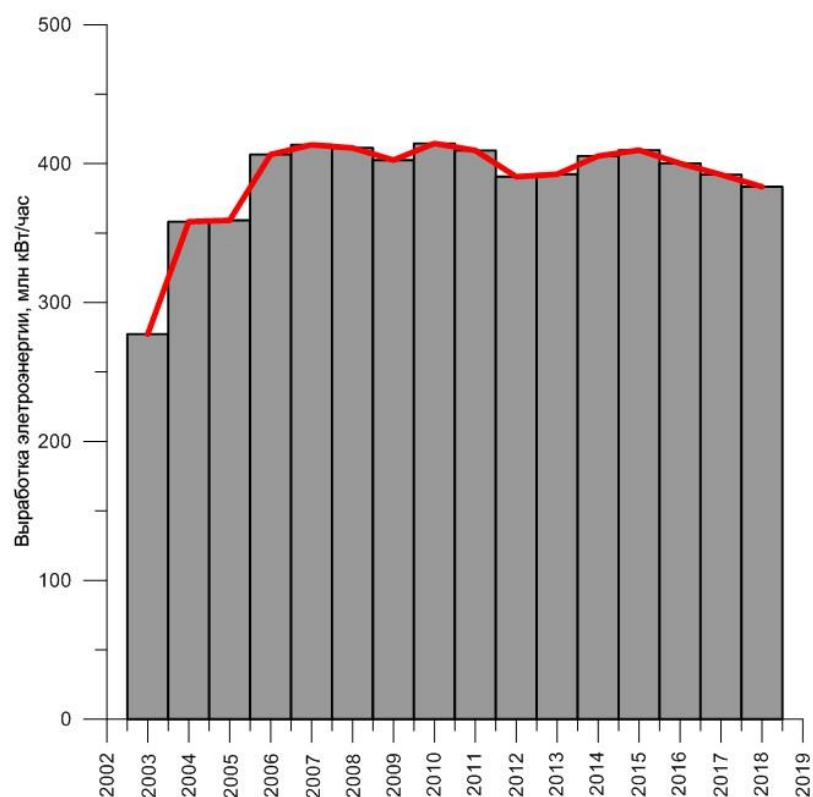


Рис. 1. Производительность Мутновских ГеоЭС за период 2003-2018 гг. по данным [8].

Для обеспечения выработки электроэнергии в объеме 50 МВт и устойчивой работы геотермальной станции МГеоЭС в базовом режиме необходимо обеспечить подачу пара порядка 100 кг/с (из расчета 2 кг – 1 МВт). Станция использует ресурсы центрального блока месторождения: продуктивные скважины сосредоточены на небольшой площади 0.2 км², что обуславливает их взаимодействие и снижение продуктивности. Обеспеченность по пару на 01.09.2018 составляла в эквиваленте на электрическую мощность 44 МВт. Часть скважин по параметрам устьевого давления – на грани вывода из эксплуатации [9].

Для поддержания располагаемой мощности МГеоЭС в 2008 году в эксплуатацию была введена геотермальная скважина Гео-1, в 2013 г. – скважины Гео-2 и Гео-3, в 2014 г. – Гео-4, в 2017 г. – Гео-5, в планах на 2020 – ввод в эксплуатацию Гео-6 и бурение Гео-7.

Проведенные исследования

В данной работе мы располагали данными по четырем новым скважинам: Гео-1, 2, 3, 4: координатами их устья, отклонениями от вертикали в плане, глубиной начала отклонения ствола скважины от вертикали, гтн скважин [3]. По имеющимся данным была рассчитана инклинометрия скважин, определены относительные отметки устья продуктивных зон скважин.

Ранее были рассчитаны уравнения плоскостей двух продуктивных разломов: «Основной» и «Северо-Восточный», подробно описанных в [1, 2, 4, 6, 7]. Были найдены расстояния от кровли продуктивных зон скважин Гео-1, 2, 3 и 4 до плоскостей продуктивных разломов (таблица).

Таблица. Данные по новым скважинам Гео-1, 2, 3 и Гео-4.

Скважина	Продуктивная зона	X, м	Y, м	Z, м	Расход ПВС (по состоянию на 01.09.2016 [5])
Гео-1	Гео1-1	47211.4	24367.1	-192.1	57.2
	Гео1-2	47134.1	24322.6	-342.7	
	Гео1-3	47087.7	24295.8	-433.0	
	Гео1-4	46924.3	24201.6	-751.3	
Гео-2	Гео2-1	46524.1	24188.9	-339.0	26.6
	Гео2-2	46594.0	24217.2	-508.0	
	Гео2-3	46628.1	24230.9	-590.1	
	Гео2-4	46699.9	24259.9	-763.6	
	Гео2-5	46745.26	24278.242	-873.192	
	Гео2-6	46832.22	24313.36	-1083.2	
Гео-3	Гео3-1	46576.76	23946.324	-551.019	35.5
	Гео3-2	46690.14	23866.882	-845.056	
	Гео3-3	46726.78	23841.216	-940.052	
	Гео3-4	46786.09	23799.662	-1093.86	
Гео-4	Гео4-1	46390.7	23970.466	-190.782	11.9
	Гео4-2	46401.24	23954.828	-220.267	
	Гео4-3	46476.54	23843.125	-430.87	
	Гео4-4	46607.54	23648.762	-797.319	
	Гео4-5	46646.69	23590.676	-906.833	

Поскольку по результатам подсчетов, выполненных по имеющейся информации, ни одна из продуктивных зон не вскрыла области разлома «Основной», в статью приводятся данные по расположению продуктивных зон относительно разлома «Северо-Восточный» (рис. 2). Из графика видно, что самое близкое расположение продуктивной зоны относительно плоскости разлома у геотермальной скважины Гео-1 – она же, по предоставленным нам данным по договору с компанией J-Power [5], дает самую большую выработку ПВС (по состоянию на 01.09.2016 г.). Скважина Гео-4 также находится в пределах 200 метров от продуктивного разлома и проходит субпараллельно ему. На рис. 2 продуктивные зоны скважин, попадающих на разлом (расстояние до плоскости менее 200 м), обозначены зелеными кружками. Скважины Гео-3 и Гео-2 наиболее отдалены от плоскости разлома и близки к попаданию на него (на рис. 2 обозначены синими кружками).

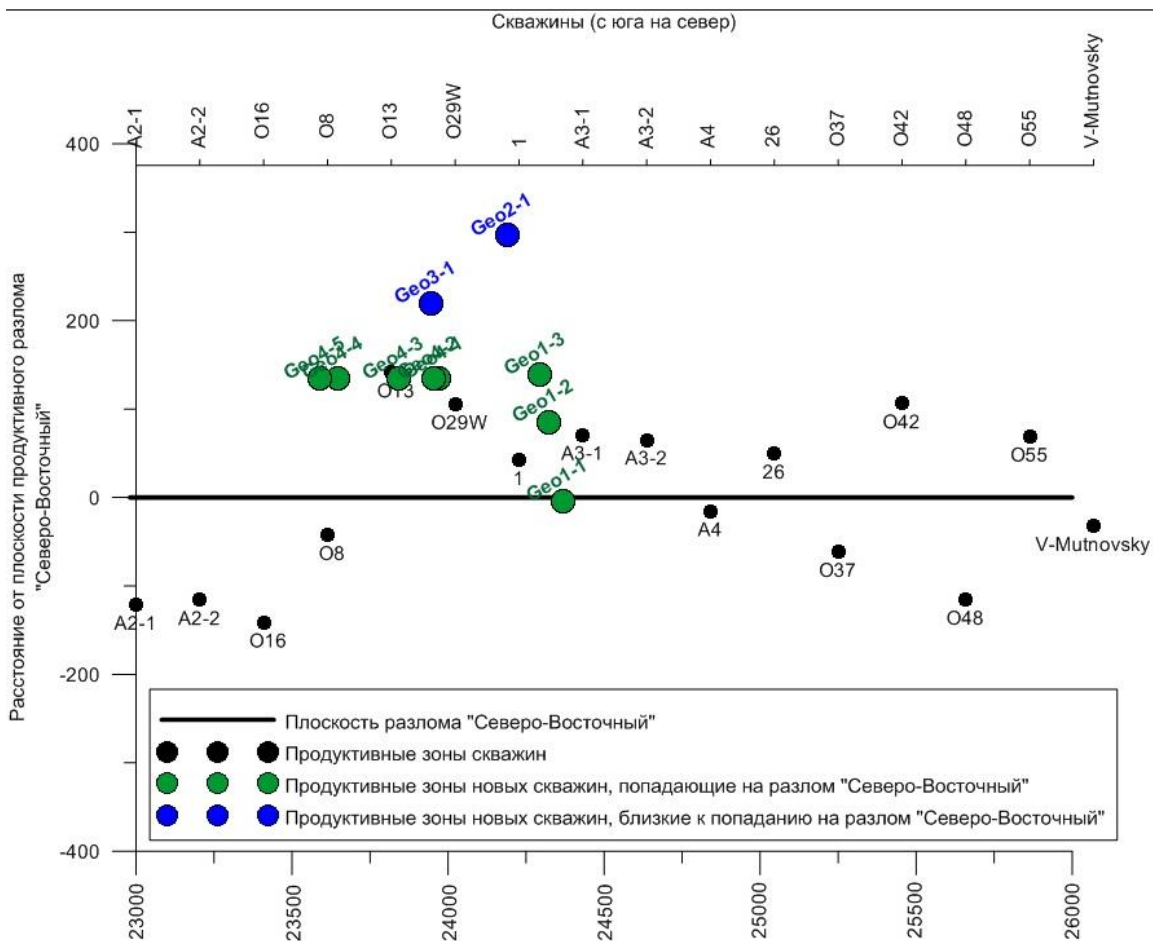


Рис. 2. Расстояние от расчетной плоскости разлома «Северо-Восточный» до кровли продуктивных зон добычных скважин на Мутновском геотермальном месторождении.

Заключение

Отвечая на вопрос об эффективности направленного бурения на Мутновском месторождении, можно выделить следующие основные положения:

1. Из 19-ти продуктивных зон, вскрытых четырьмя новыми скважинами Гео-1, 2, 3 и 4, на разлом попадают 8 (расстояние до плоскости разлома менее 200 м). Близки к попаданию на разлом 2. Итого – 53% продуктивных зон находятся на расстоянии до 400 метров от плоскости продуктивного разлома Северо-Восточный.

2. Для более детального анализа необходимы оригинальные данные по инклинометрии и поинтервальной продуктивности скважин Гео-1, Гео-2, Гео-3, Гео-4, и новых (Гео-5 и Гео-6), пробуренных на месторождении после 2016 г. Это полезно для прогноза энергоэффективности геотермальных станций Мутновского месторождения, оптимизации бурения дополнительных скважин с целью выведения дополнительных запасов, понимания процессов теплопереноса в геотермальной системе.

Список литературы

1. Кирюхин А.В., Тахакаши М., Поляков А.Ю. и др. Исследование условий водного питания Мутновского геотермального месторождения с использованием данных по изотопии кислорода (O18) и водорода (D) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 4-5. С. 54-62.
2. Кирюхин А.В., Леонов В.Л., Слоцов И.Б. и др. Моделирование эксплуатации участка Дачный Мутновского геотермального месторождения в связи с обеспечением теплоносителем Мутновской ГеоЭС 50 МВт // Вулканология и сейсмология. 2005. № 5. С. 19-44.
3. Спектор С.В., Платонова А.В., Принь С.С. и др. Отчет о результатах работ по объекту «Геологическое доизучение и подсчет эксплуатационных запасов подземных вод

Мутновского месторождения парогидротерм (по состоянию на 31.12.2015 г.). Москва, 2016.

4. *Kiryukhin A.V.* High temperature fluid flows in the Mutnovsky hydrothermal system, Kamchatka // *Geothermics*. 1993. Vol. 23 (1). P. 49-64.
5. *Kiryukhin A., Usacheva O.* 3-D numerical reservoir simulation with several development scenarios for construction of new Mutnovsky GEO-PP-2 (Report in accordance with Agreement between IVS and J-Power of November 7, 2016). 2017. 14 p.
6. *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. 35. P. 36-55.
7. *Kiryukhin A., Chernykh E., Polyakov A., et al.* Magma Fracking Beneath Active Volcanoes Based on Seismic Data and Hydrothermal Activity Observations // *Geosciences*. 2020. Vol. 10(2). P. 52.
8. URL: <http://www.geotherm.rushydro.ru/disclosure/annual-reports/>. Дата обращения: 02.03.2020
9. URL: <https://synapsenet.ru/zakupki/fz223/31907985090%231--kamchatskij-kraj-podderzhanie-raspolagaemoj-moschnosti-mutnovskoj-geotermalnoj-elektricheskoy-stancii-mgeoes-kompleks-rabot-po-bureniyu-skvazhin-geo1b-geo7>. Дата обращения: 02.03.2020