

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ЗАКАЧКЕ ОТРАБОТАННЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

В.В. Шанина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

POSSIBLE CHANGES OF CONDITIONS OF HYDROTHERMAL SYSTEMS AT INTRODUCTION THE FULFILLED THERMAL WATERS

V.V. Shanina

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Гидротермальная система – тип геотермальной системы, в которой тепло передается от источника тепла (часто – охлаждающегося магматического очага) к поверхности за счет «свободной конвекции» с привлечением «метеорных» флюидов, при этом магматические флюиды либо вообще не участвуют, либо участвуют незначительно. Гидротермальные системы разделяют на высокотемпературные (на глубине 1 км температура в резервуаре превышает 200–225 °C) и низкотемпературные (эта температура ниже 125 °C) (Hochstein Browne, 2000). И если в первых жизнь пока не обнаружена, то во вторых живут экстремально термофильные микроорганизмы, которые вовсе не растут при температурах ниже 40–45 °C, а оптимальная температурная зона развития – около 80 °C, максимальные же температуры близки к 93 °C. При выходе термальных вод на поверхность (в естественных условиях) температура их опускается, и здесь уже обитают stenothermofiles (минимальные температуры роста 37–40 °C, максимальные лежат в области 70–80 °C, а зона оптимальных температур – 5–65 °C).

По газовому составу высокотемпературные вулканические (по классификации А.Трусделла) гидротермальные системы азотно-углекислые и углекислые низкоминерализованные, высокоэнталийные парогидротермы различного солевого состава (Власов, 1964). На Камчатке известно десять таких систем, и почти все они расположены в пределах Восточного вулканического пояса: Паужетская, Кошелевская, Северо-Мутновская, Жировская, Больше-Банная, Узонская, Гейзерная, Семячинская и Академии Наук. В.В. Аверьев предположил, что они могут быть связаны на глубине единым фронтом теплового питания и выделил на Камчатке три геотермальных района: Паужетский, Мутновский и Семячинский (Леонов, 1989).

Паужетский геотермальный район расположен на самом юге Камчатского полуострова на стыке Центрально-Камчатской и Западно-Камчатской структурно-фациальных зон (Truesdell, 1976). С 1955 г. в районе начались

детальные геологические работы, связанные с изучением в энергетических целях района Паужетских термальных источников. Основной структурой района является пологий свод округлой формы диаметром 40 км с амплитудой вертикального поднятия в центре около 2 км. Образование свода (формирование линзы базальтовой магмы) произошло 10–15 млн лет назад, в конце миоцена–начале плиоцена. В плиоцен-нижнечетвертичное время в центре свода образовалась обширная просадка – Паужетская вулcano-тектоническая депрессия (Литасов и др., 1974; Шеймович, 1974), которая испытала наибольшее погружение (до 1 000–1 200 м) в северо-западной части. К концу среднечетвертичного и в верхнечетвертичное время в районе обособляется ряд очагов кислого состава, приближенных к поверхности до 4–5 км и локализованных в полосе северо-восточного простирания, в центре депрессии и в районе Кошелевского вулкана (Серезников и др., 1973) началась вулканическая деятельность, излились лавы андезитового, андезитодацитового и дацитового состава. Она завершилась внедрением экзотрузий и тектоническим поднятием. Максимальная амплитуда поднятия отмечена в юго-восточной части депрессии, где она составила 700–800 м. На границе верхнечетвертичного времени и голоцена наиболее поднятая часть района просела. Структурный контроль гидротермальной деятельности в районе определяется областями развития пород средне-верхнечетвертичного времени и крупными зонами разломов. Наиболее высокотемпературные термопроявления связаны, вероятно, с близповерхностными очагами кислой магмы, возникшими в районе в средне-верхнечетвертичное время; в удалении от очагов (предполагаемых областей нагрева) встречаются лишь низкотемпературные термопроявления, наиболее благоприятные для жизнедеятельности термофильных организмов, их расположение контролируют зоны разломов. На северо-востоке определяющими являются меридиональные разломы, на юго-западе – широтный разлом, а в центре структуры – разломы северо-западного простирания. Голоценовый вулканизм заметного влияния на гидротермальную деятельность в районе, по-видимому, не оказал (Леонов, 1989).

На Паужетской гидротермальной системе пробурено несколько десятков разведочно-эксплуатационных скважин, на трех периферийных скважинах (№ 142, 143 и 146) проводилась закачка воды (в настоящее время она продолжается только на 142), по некоторым данным (Асаулова, Захаров, 2005) это неблагоприятно повлияло на состояние системы в целом. Во многом это связано с влиянием высокотемпературных растворов на свойства вмещающих пород, что ранее оставалось без внимания. Автор провел несколько экспериментов. Были созданы две контрастные среды ($\text{pH}=4$ и $\text{pH}=8$), в которых в течение недели проводилось кипячение образцов туфов из скважины № 13 (глубины 451–460 м). В первом случае произошла потеря массы грунта на 0,2 % (при этом его плотность не изменилась ($1,88 \text{ г/см}^3$), увеличение скорости распространения продольных волн на 5,7 % (с 5,3 до 5,6 км/сек.), магнитная восприимчивость не изме-

нилась (с 0,00386 ед. СИ – 0,00395 ед. СИ). Но данные этого эксперимента нельзя считать показательными, так как опущенный в раствор образец (объемом 8 см³) в течение нескольких часов изменил среду с кислой на щелочную и дальнейшее время кипятился в ней. Визуально процесс изменения сопровождался растворением (активным образованием пузырьков). В случае использования щелочной среды с самого начала изменения массы образца вулканического туфа практически не наблюдалось, но при этом скорость прохождения упругих волн увеличилась на аналогичную величину (0,3 км/сек.), более существенно увеличилась магнитная восприимчивость породы (от 0,00369 до 0,00414 ед. СИ).

В результате антропогенного вмешательства (закачка отработанных термальных вод) идут изменения вмещающих пород, так же, как и закачиваемых вод, то есть меняется среда обитания термофилов. Данные изменения могут дать толчок к появлению новых видов микроорганизмов, кроме этого сейчас многие ученые считают, что именно в гидротермальных системах зародилась первая жизнь на нашей планете, а такое может произойти только в динамично развивающихся системах. Изучение происходящих процессов может привести к созданию новых моделей геотермальных систем, обоснованию возможности проведения закачки с целью минимизации потерь природных ресурсов и увеличению количества получаемой энергии и проведению экспериментов по зарождению жизни.

В настоящее время получены только предварительные данные, ведется создание новых контрастных сред, дальнейшее изучение изменившихся свойств, химического состава туфов и растворов, в которых они кипятились. Эксперименты продолжаются.

ЛИТЕРАТУРА

Власов Г.М. 1964. Основные черты геологического строения территории и ее районирование // Геология СССР. М.: Недра. Т. 31: Камчатка, Курильские и Командорские острова. Ч. I. С. 46–55.

Леонов В.Л. 1989. Структурные условия локализации высокотемпературных гидротерм. М.: Наука.

Литасов Н.Е., Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н. и др. 1974. Паужетская вулканогенно-тектоническая структура // Вулканы и гидротермальные системы Камчатки: Матер. IV Всесоюз. вулканол. совещ. Петропавловск-Камчатский. С. 49–72.

Сережников А.И., Литасов Н.Е., Огородов Н.В. и др. 1973. Кошелевский вулканический массив // Бюл. вулканол. станций. М.: Наука. № 49. С. 54–60.

Шеймович В.С. 1974. Особенности развития дочетвертичных вулканогенно-тектонических депрессий на Камчатке // Геотектоника. № 6. С. 118–125.

Hochstein M.P., Browne P.R.L. 2000. Surface Manifestations of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources // Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press. P. 835–855.

Truesdell A.H. 1976. Geochemical techniques in exploration // Proc. Sec. U.N. Symposium Develop. and Use of Geotherm. Resources. Washington. Vol. 1. P. LIII–LXXIX.