

## О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРОДАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Л.Л. Панасьян, Ю.В. Фролова, В.В.Шанина

Распределение напряжений в пределах массивов пород, слагающих гидротермальные системы, практически не изучено. Локальными факторами, которые приводят к существенному перераспределению основных гравитационных напряжений в таких системах, кроме неоднородностей геолого-литологического строения, являются: разломы и сопровождающие их зоны повышенной трещиноватости, что соответственно меняет физико-механические свойства пород, подземные воды, оказывающие взвешивающее воздействие и гидродинамическое давление на горные породы, сейсмичность территории и тектонические силы, которые могут вызвать знакопеременное изменение напряжений. В работе предпринята попытка оценки распределения напряжений в слоистой водонасыщенной неоднородной по деформационным свойствам толще пород Паужетской гидротермальной системы, в условиях гравитации и при действии тектонических сил. Влияние каждого из этих факторов и их совместное действие оценивается с помощью математического моделирования.

Паужетское гидротермальное месторождение расположено на юге полуострова Камчатка и представляет собой вулканогенную толщу миоцен - плейстоценового возраста ( $N_1-Q_2$ ), осложненную вертикальными разломами. Породы залегают субгоризонтально и представлены гидротермально изменёнными вулканогенно-обломочными породами.

Известно, что большинство массивов пород гидротермальных систем расположено в активных сейсмических зонах. Как правило, их изучение ведется с целью оценки проницаемости, особенно, если эти системы используются для теплового энергоснабжения. Однако фактор напряженно-деформированного (НДС) состояния массивов пород в таких районах также играет немаловажную роль при формировании трещинно-поровой пустотности (особенно открытой), структурной блочности массива пород, условий проницаемости при изменении эффективного напряжения и др.

Математическое моделирование НДС для Паужетской системы выполнено численным методом для упругой, неоднородной по плотности, пористости и деформационным свойствам слоистой толщи (таб. 1), слагающей склон хр. Кабального. Сеточная модель включала 1435 узлов, граничные условия задавались в соответствии с гравитационными и действующими тектоническими силами (по данным литературных источников), которые для рассматриваемой территории составили 4 МПа, установившийся пьезометрический уровень соответствовал уровню поверхности Земли.

Таблица 1. Средние значения показателей свойств пород расчетной модели.

№ слоя	Название породы, геологический индекс	Плотность пород, г/см <sup>3</sup>			Модуль упругости, Е <sub>дин</sub> ·10 <sup>3</sup> МПа		Пористость, открытая, п <sub>о</sub> %.	Кэф. Пуассона
		тв. фазы	сухих	вод.	сухих	вод.		
1	Дациты	2,75	2,60	2,65	48,7	54,6	4,3	0,18
2	Туфы алевритовые дацитовые	2,68	1,62	1,98	7,4	8,1	30,4	0,29
3	Туфы псефитовые андезидацитовые	2,69	1,8	2,09	5,7	6,3	24,9	0,24
4	Туфы крупнопсефитовые андезитовые	2,81	2,17	2,34	17,9	20,2	16,2	0,21
5	Туфы псефитовые риолитовые	2,69	2,12	2,29	14,8	12,8	16,8	0,21
6	Туфы агломератовые андезибазальтовые	2,79	2,43	2,51	41,4	44,9	7,8	0,2
7	Вулканомиктовые песчаники	2,65	1,84	2,2	3,8	5,4	21	0,24

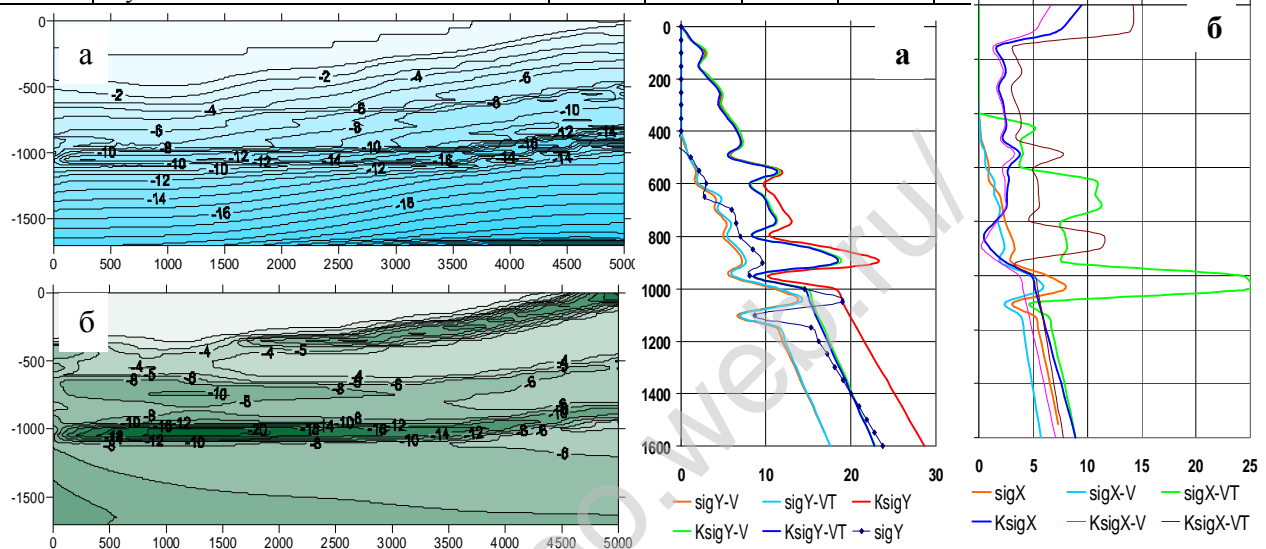


Рис.1. Напряжения в сухом и водонасыщенном массиве, при действии сжимающих тектонических сил (б), МПа, вертикальные (а) и горизонтальные (б)

Анализ результатов моделирования позволяет утверждать, что наиболее существенный вклад в перераспределение напряжений вносят свойства разных литолого-петрографических типов пород. Детальность изучения их характеристик по всему разрезу помогает выявить локализацию неоднородностей поля напряжений. Выходы «слабых» пород в приклонных частях разреза создают условия для возникновения зон знакопеременных напряжений при совместном действии различных сил. Эпюры на рис. 1 отражают изменение напряжений с глубиной под долиной и на склоне хр. Камбальный (например: KsigY-V - вертикальная компонента в водонасыщенных породах), и свидетельствуют о наибольших перепадах в напряжениях в подошве и кровле водоносных горизонтов псефитовых туфов и вулканомиктовых песчаников. При совместном действии гравитационных и тектонических сил в водонасыщенном массиве в приповерхностной зоне возникает инверсия напряжений, а внутри массива пород вероятно возникновение зон равнокомпонентных напряжений и обнаруживаются участки относительной разгрузки напряжений, которые в случае предельного состояния, могут способствовать условиям вскипания не только на поверхности или при вскрытии гидротерм скважинами.