

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ В ТВЕРДОМ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНОМ ОБРАЗЦЕ

Казакбаева Г.О., Аманалиев А.А.

ИГиОН НАН КР

Известно, что в результате деятельности человека, например, как при нарушении массива пород горной выработкой, так и естественным путем – при воздымании масс горных пород, при смене знака тектонических движений, когда условия сжатия сменяются условиями растяжения и т.д. происходит разгрузка при перераспределении напряжений. Особенностью реакции горных пород на разгрузку является самопроизвольное образование трещин вблизи поверхности, на которой эта разгрузка осуществилась. Определяющую роль в образовании этих трещин, играет перераспределение (релаксация) напряжений. Процессы перераспределения напряжений сложны даже в простейших системах. Обычно считают, что релаксация напряжений в большом массиве пород в общих чертах протекает так же, как и в небольшом образце [1].

В связи с этим в настоящей работе характер перераспределения (релаксация) напряжений во времени оценивался при исследовании поведения нагруженного твердого образца в лабораторных условиях. Измерения разности главных нормальных напряжений в образце производились поляризационно-оптическим методом. А для их разделения использован метод разности касательных напряжений [2]. Объектом исследований является оптически активный твердый образец призматической формы размерами: 10х5х2см, изготовленный на основе

эпоксидной смолы. На первом этапе исследований в этом образце методом термообработки были созданы поля остаточных напряжений. Затем определены величины остаточных напряжений по основным направлениям образца и построены эпюры. На втором этапе образцу с остаточными полями напряжений задана небольшая деформация при помощи вертикальной нагрузки, которая при дальнейшем исследовании остается постоянной. Результаты исследований характера перераспределения суммарных напряжений во времени в указанном образце (за 6 месяцев с момента испытаний) приведены в работе [3]. В этой работе отмечается, что по вертикальному направлению образца с течением времени при перераспределении напряжений наблюдается рост суммарных растягивающих и сжимающих напряжений, а по горизонтальному направлению – их снижение. Характер перераспределения напряжений по вертикальному сечению образца имеет неоднородный вид.

В дальнейшем исследование характера перераспределения напряжений во времени в указанном выше образце продолжены и в настоящей работе приведены полученные результаты уже за 1,5 года для нескольких характерных точек образца.

В таблицах 1-4 приводятся величины напряжений, измеренные в образце за 1,5 года для точек (№1, №7, №12, №23) по вертикальному сечению образца. В столбике даты измерений при нуле приводятся величины только остаточных (начальных) напряжений в образце без внешних нагрузок.

Таблица 1. Точка № 1.

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	4,1	-1,2	2,7
4.VII-2012	11,3	-0,97	6,1
11.VII-2012	13,7	-0,5	6,6

Таблица 2. Точка № 7.

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	1,6	-8,9	5,2
4.VII-2012	12,6	-1,6	7,1

18.VII-2012	13,3	-0,9	7,1
25.VII-2012	14,4	-0,9	7,7
6.XI-2012	14,9	-0,4	7,7
11.IV-2013	13,6	-0,6	7,1
16.V.-2013	12,2	-0,5	6,4
18.VI-2013	13,4	-0,8	7,1
18.VII-2013	13,4	-0,8	7,1
18. IX-2013	14,7	-0,5	7,6

Таблица 3. Точка № 12.

11.VII-2012	12,2	-2,0	7,1
18.VII-2012	13,9	-1,3	7,6
25.VII-2012	12,6	-1,6	7,1
6.XI-2012	15,0	-1,3	8,1
11.IV-2013	11,2	-3,0	7,1
16.V.-2013	12,9	-2,4	7,6
18.VI-2013	13,5	-2,7	8,1
18. VII-2013	12,7	-2,6	7,6
18. IX-2013	10,7	-2,5	6,6

Таблица 4. Точка № 23.

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	-2,5	-15,7	6,6
4.VII-2012	9,1	-4,2	6,6
11.VII-2012	8,3	-4,4	6,4
18.VII-2012	8,4	-3,8	6,1
25.VII-2012	7,4	-5,8	6,6
6.XI-2012	8,7	-5,5	7,1
11.IV-2013	9,2	-7,1	8,1
16.V.-2013	6,4	-6,8	6,6
18.VI-2013	10,9	-4,4	7,6
18. VII-2013	8,9	-6,3	7,6
18. IX-2013	9,5	-5,7	7,6

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	-5,6	-18,8	6,6
4.VII-2012	-5,4	-20,6	7,6
11.VII-2012	-0,1	-19,1	9,5
18.VII-2012	0,4	-19,3	9,8
25.VII-2012	-6,4	-24,4	8,97
6.XI-2012	-7,8	-25,2	8,7
11.IV-2013	-7,8	-25,8	8,96
16.V.-2013	-11,1	-25,3	7,1
18.VI-2013	-4,5	-19,8	7,6
18. VII-2013	-4,3	-22,9	9,3
18. IX-2013	-11,6	-22,9	5,7

Из таблиц 1-4 следует что, за время испытаний образца (за 1,5 года) в указанных точках по вертикальному сечению происходили как повышения, так и снижения величин суммарных напряжений. Например, в точке №1 растягивающие суммарные напряжения σ_1 с течением времени по сравнению с величинами остаточных напряжений имеют прирост в 3,6 раза. А сжимающие суммарные напряжения σ_2 , наоборот, имеют снижение в 2,4 раза. В точке №7 также наблюдается рост растягивающих напряжений в 6,7 раза и снижения сжимающих

напряжений в 3,6 раза. В точке №12 наблюдается рост величин растягивающих и снижение сжимающих напряжений. В точке №23, расположенной ближе к торцевой части образца, произошла перемена знака одного из главных напряжений σ_1 , т.е. растягивающие напряжения σ_1 перешли в сжимающие напряжения. В этом случае прирост сжимающих напряжений с течением времени составил: σ_1 в 2,1, а σ_2 в 1,2 раза.

В таблицах 5-8 приведены величины главных нормальных и максимальных касательных напряжений, измеренные в точках №1, №2, №3, №4 образца по горизонтальному сечению с течением времени (за 1,5 года).

Таблица 5. Точка № 1.

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	1,3	-26,3	13,8
4.VII-2012	0,1	-11,3	5,6
11.VII-2012	0,7	-15,6	8,1
18.VII-2012	1	-12,2	6,6
25.VII-2012	0,6	-14,1	7,4
6.XI-2012	1,1	-13,1	7,1
11.IV-2013	0,3	-11,98	6,13
16.V.-2013	1,2	-12,1	6,6
18.VI-2013	0,6	-11,6	6,1
18. VII-013	1,7	-13,5	7,6
18. IX-2013	0,5	-12,7	6,6

Таблица 6. Точка № 7

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	12,8	-14,8	13,8
4.VII-2012	0,14	-15,1	7,6
11.VII-2012	1,1	-13,1	7,1
18.VII-2012	0,84	-14,4	7,6
25.VII-2012	1,4	-13,8	7,6
6.XI-2012	0,2	-15,1	7,6
11.IV-2013	1,04	-13,2	7,1
16.V.-2013	2,22	-11,97	7,1
18.VI-2013	1,3	-10,96	6,1
18. VII-2013	2,3	-11,9	7,1
18. IX-2013	-0,5	-14,7	7,1

Таблица 7. Точке №12.

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	7,8	-23,9	15,9
4.VII-2012	0,2	-11,2	5,7
11.VII-2012	2,4	-16,1	9,3
18.VII-2012	0,8	-12,4	6,6
25.VII-2012	1,5	-13,7	7,6
6.XI-2012	0,48	-15,8	8,1
11.IV-2013	2,3	-10,96	6,6
16.V.-2013	3,5	-9,7	6,6
18.VI-2013	2,4	-12,8	7,6
18. VII-2013	2,3	-12,9	7,6
18. IX-2013	-0,9	-15,1	7,1

Таблица 8. Точке №23.

Дата измерений	Величины напряжений, МПа		
	σ_1	σ_2	$T_{\max}$
0	12,9	-16,7	14,8
4.VII-2012	-1,4	-16,6	7,6
11.VII-2012	0,9	-14,3	7,6
18.VII-2012	-0,9	-15,1	7,1
25.VII-2012	0,7	-14	7,4
6.XI-2012	-4,3	-18,5	7,1
11.IV-2013	-1,0	-14,2	6,6
16.V.-2013	1,1	-14,1	7,6
18.VI-2013	0,5	-14,7	7,6
18. VII-2013	1,7	-13,6	7,6
18. IX-2013	0,7	-12,6	6,6

а

ные приведенные в таблицах 5-8 показывают, что по горизонтальному сечению образца в указанных выше точках произошли значительные снижения величин суммарных главных и максимальных касательных напряжений. Например: в точке №1 величина растягивающих напряжений σ_1 по сравнению с величиной остаточных (начальных) напряжений в образце снизилась в 2,6 раза за 1,5 года. Величина сжимающих напряжений σ_2 - в 2,1 раза, а сдвигающих напряжений $T_{\max}$ - в 2,1 раза. В трех остальных точках также наблюдаются значительные снижения величин указанных выше напряжений.

Таким образом, полученные результаты показали, что на протяжении указанного выше промежутка времени исследований, величины напряжений в указанных выше точках образца не оставались постоянными. С течением времени по вертикальному сечению в отмеченных точках образца повышенные значения растягивающих напряжений сохраняются. В точках, расположенных ближе к торцевой части образца, наблюдается рост величин сжимающих напряжений.

Также нужно отметить, что перераспределение одного из главных нормальных напряжений σ_1 по данному сечению имеет неоднородный, знакопеременный характер. А по горизонтальному сечению образца, по сравнению с остаточными напряжениями, с течением времени наблюдается снижение величин и растягивающих, и сжимающих напряжений более, чем в два раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.С. Пономарев. Парадокс релаксации напряжений в горных породах. //Журнал «Природа», 1985, №5. с.53-61.
2. Р.И. Хаимова-Малькова. Методика исследования напряжений поляризационно-оптическим методом. //Изд. «Наука», Москва, 1970. с. 115.
3. Г.О. Казакбаева. Распределение напряжений при одноосном сжатии оптически активного образца с остаточными напряжениями. //сб.Современные проблемы механики сплошных сред. Бишкек, 2013, Вып.17, с.143-150.