© К.В. Селин, 2008

УДК 622/833

К.В. Селин

ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ МАССИВА С ГЛУБИНОЙ В РЕГИОНАХ МИРА

Систематизированы зависимости изменения горизонтальных напряжений с глубиной в различных регионах мира.

Семинар № 11

В мировой практике исследователями получены зависимости изменения горизонтальных напряжений с глубиной в различных регионах мира [1].

Хаст для Финоскандинавского блока предлагает зависимость по своим данным.

$\sigma_1+\sigma_2 = (18{,}73 \pm 0{,}10) +$

$+Z(0{,}097 \pm 0{,}003)$

σ_1, σ_2 – главные горизонтальные напряжения в МПа; Z – глубина точки измерения в м.

Хегерт рекомендует уравнение для Канады

$\sigma_{hav} = (8{,}16 \pm 0{,}54) + Z(0{,}042 \pm 0{,}002)$

$\sigma_v = (1{,}88 \pm 1{,}23) + Z(0{,}026 \pm 0{,}003)$

σ_{hav} и σ_v – средние горизонтальные и вертикальные напряжения, МПа; Z – глубина, м.

Хаймсон, для США

$\sigma_{hav} = 4{,}90 + 0{,}020\ Z$,

$\sigma_v = 0{,}025\ Z$.

Воротницки и Денхэм для Австралии.

$\sigma_{hav} = 7{,}26 + Z(0{,}0215 \pm 0{,}0028)$.

И.Т. Айтматов для рудных месторождений Средней Азии и Юго–Восточного Казахстана привёл следующие уравнения регрессии характеризующие изменение средних значений главных нормальных напряжений с глубиной [2]:

для крепких пород с модулем упругости от $(5\text{-}6)\cdot10^4$ до $(10\text{-}11)\cdot10^4$ МПа

$\sigma_x+\sigma_y = 9{,}5 + 0{,}075H$, МПа,

для массивов средней прочности с модулем упругости от $(2\text{-}3)\cdot10^4$ до $(5\text{-}6)\cdot10^4$ МПа

$\sigma_x+\sigma_y = 5{,}0 + 0{,}058H$, МПа.

На Урале за сорокалетний период были произведены измерения напряжений более чем на двадцати рудниках в крепких скальных породах [3]. Данные приведены в таблице.

После обработки этих данных была получена следующая зависимость изменения средних значений сжимающих нормальных напряжений с глубиной:

$(\sigma_x+\sigma_y)/2 = 15 + 0{,}03H$, МПа.

На рисунке изображены графики изменения средних значений горизонтальных напряжений с глубиной построенных по приведённым выше зависимостям, где видно, что уровень напряжений действующих в уральском регионе достаточно высок и близок к напряжениям измеренным на древних кристаллических фундаментах Канада и Феноскандинавии.

Результаты определения первоначальных напряжений на месторождениях полезных ископаемых Урала

№ п.п.	Город, месторождение; институт, проводивший измерения	Дата из-мерения, год	Н, м	Метод измерений	Азимут, градусы		Первоначальные напряжения, МПа		
					Прости-рания РУД-тела	Действия	горизонтальные		вертикальные
							σ_x^n	σ_y^n	σ_z^n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Североуральск,								
	Североуральское, I	1997	490	Щ	180	90**	-47,4±13,5	-30,0±7,5	-28,0±6,6
	Североуральское, III	1981	800	Щ	180	90	-58,0	-38,0	-29,0
2	Краснотурьинск,	1968	П	ЭА	180	6**	-9,6	-1,5	-
	Северо-Песчанское, I	1968	300*	Ч			-10,3±2,2	-7,9±2,7	-7,0
		1968	380	П		123±9**	-13,0±2,4	-8,0±4,4	-11,3
		1982	430	Щ		90	-16,3	-12,5	-15,5
		1984	500	Щ		90	-21,1±2,1	-17,6±8,3	-
		1988	540	Щ		90	-19,0±1,5	-14,5±0,8	-15±0,6
3	Краснотурьинск,								
	Новопесчанское, I	1975	370	П	36	146**	-14,0±2,5	-6,4±2,7	11,0
4	Краснотурьинск, I		800	Щ		137**	-52,0	-30,0	-24,0
5	Сараны,								
	Сарановское, I	1998	300	Щ	158	68**	-16.6±1.5	-9,6±1,2	-7,8
6	Кушва,	1982	125*	Ч	40	130	-5,6±2,4	-2,9±4,4	-4,7±2,2
	Валуевское, I	1983	380	ЩР		145	-26,1 ±4,0	-21,1±8,6	-22,2±3,2
7	Кушва,	1968	П	ЭА	188	34**	-17,9	-5,3	-
	Гороблагодатское, I	1969	170*	Ч		188	-17,7±3,4	-14,0±3,4	-
		1980	260	Щ		188	-25,1	-18,7	-11,6
		1980	600	Щ		155**	-40,5	-21,3	-21,1
		1988	760	Щ		146**	-51,0	-17,0	-22,0
8	Нижний Тагил,	1970	300**	Ч	164	164	-15,5	-7,9	-6,9
	Лебяжинское, I	1983	510	Щ		166**	-22,3±0,9	-19,3±0,9	-21,1±8,6
9	Нижний Тагил,		П	ЭА	144	156**	-12,3	-6,7	-

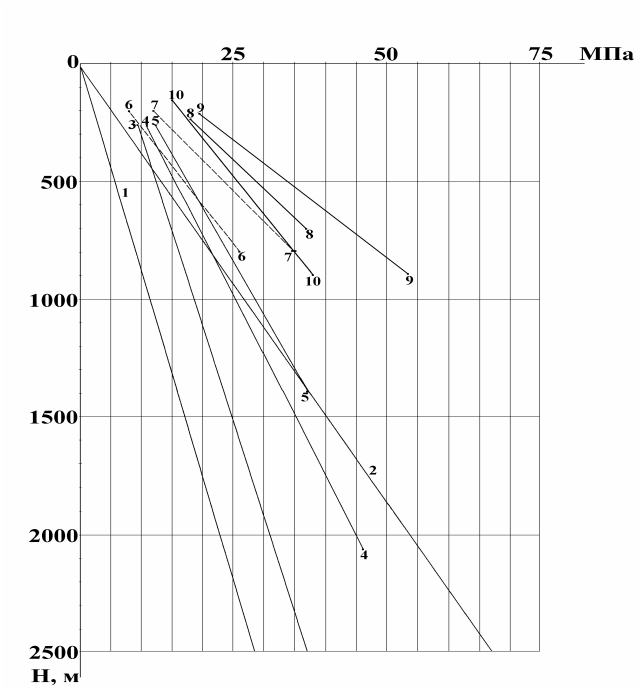
	Высокогорское, I	1983	510	Щ		155	-41,0±13,0	-37,0±7,0	-32,0±5,5
		1983	590	Щ		155	-43,6±13,3	-39,4±7,3	-34,2±5,3
10	Нижний Тагил,	1977	170	Ч	120	130	-25,4±4,6	-24,2±0,6	-20,9
	Естюнинское, I	1980	220	Щ		120**	-37,0±7,0	-28,5±7,0	-34,3±4,1
		1990	340	Щ		124**	-77,0±8,9	-55±3,4	-57±2,1
		1994	400	Щ		124	-106,0	-84	-65
		2005	460			144	-115	-90	-73
11	Березовский,	1976	212	Ч		90	-13,6±5,1	-10,4±3,0	-8,5±2,5
	Берёзовское, VII	1977	262	Ч	180	90	-17,9	-10,9	-10,5
	Березовское III	1988	314	Щ		112*	-12,5±1,5	-11,2±1,6	-8,9
	Березовское III	1988	412	Щ		112*	-15,3±1,3	-13,8±1,4	-11,5
	Берёзовское, VII	1978	512	Щ		90	-25,3±7,5	-18,9±3,4	-15,7±2,5
	Березовское III	1990	612	Щ		112*	-21,9±2,8	-19,8±2,4	-17,1
	Березовское III	1990	662	Щ		112*	-21,5±2,8	-19,3±2,4	-18,5
	Берёзовское, I	1990	712	Щ		112**	-21,7±2,7	-20,2±1,9	-20,0
12	Вишнёвогорск,								
	Вишневогорское, III		320	Щ	40	40	-20,0	-13,0	-9,0
13	Сатка, Саткинское, I		130	Щ			-22,3±2,39	-19,8±3,8	-14,2±1,54
			150	Щ, Ч	65-80	70	-(10±0,29Н)	-(10±0,29Н)	
			240	Щ, Ч			-(10±0,29Н)	-(10±0,29Н)	-0,029Н
14	Бакал,								
	Ново-Батсальское, I	1982	150	Щ	45	45	-14,0	-11,0	-4,0
15	Бакал,								
	Северо-Шиханское, I	1982	180	Щ	45	45	-15,0	-12,0	-4,4
16	Учалы,								
	Узельгинское III	1994	550	Щ			-38,5	-37,4	-26,5
	Узсльгинское, I	1996	550	Щ		96**	-32,0	-26,8	-23,6
	Узсльгинское, I	1999	550	Щ		96**	-36,4	-24,4	-20,6
	Узсльгинское, I	1990	640	Щ		96**	-30,5±1,5	-25,9±1,1	-18,5±1,5
17	Пласт, Качкарское		П	ЭА	260	54**	-34,0	-8,0	-

299

Продолжение таблицы

№ п.п.	Город, месторождение; институт, проводивший измерения	Дата из-мерения, год	Н, м	Метод из-мерений	Азимут, градусы		Первоначальные напряжения, МПа		
					Прости-рания РУД-тела	Действия	горизонтальные		вертикальные
							σ_x^n	σ_y^n	σ_z^n
	шх.№16, I, П	1968	192	Ч	260	5	-13,7	-6,0	-3,7
	щх. Центр, I, П	1968	295	Ч	275	0	-31,3	-25,2	-9,5
	шх. Фрунзе, V		500	Ч	250	170	-47,0	-22,0	-15,0
	шх. 15 лет Октября		200÷600	Ч	250	160	-0,058Н	-0,033Н	-0,03Н
18	Миндяк,								
	Миндякское, I и II	1968	250*	Ч	220	125	-6,4	-6,2	-6,0
19	Гай,Гайское, I	1998	830	Щ	180	101±6**	-39,9+4,5	-18,7±1,2	-21,8
		2004	910	Щ	180	101±6	-41,6	-19,8	-25,0
20	Хромтау,								
	Молодёжное, I	1980	530	ЧБ, Щ	50	140	-18,6	-18,0	-13,3
21	Хромтау,								
	Алмаз-Жемчужина I	1979	500	ЧБ	0	50**	-20,9	-13,2	-13,2

* - результаты обработанные ИГД УрО РАН заново по современной методике на базе исходных данных,
** - определены направления и величины главных напряжений, действующих в горизонтальной плоскости,
П - то же, но в приповерхностном массиве по деформации пород вокруг провала.



Графики изменения средних горизонтальных напряжений с глубиной: 1- боковой распор от γН; 2 – γН; 3 – в Южной Африке; 4 – в США; 5 – в Австралии; 6 и 7 – для месторождений Средней Азии и Юго – Восточного Казахстана; 8 – в Канаде; 9 – в Финоскандинавии; 10 – на Урале

Учитывая данные обстоятельства переносить оригинальные технологические решения по разработке месторождения с одного региона на другой не приемлемо, т.к., к примеру, в Южной Африке на глубине 1500 м напряжения такие же, как на Урале на глубине 500 м, а в Феноскандинавии на глубине 300 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Grown E.T., Hoek E.*. Trends in relations between measured in situ stresses with depth // Int. I. Rock Mech. Min. Sci & Geomech., 1978, vol.15, #4 pp. 211 – 215.

2. *Айтматов И.Т.* Напряженное состояние горных пород верхней части земной коры в условиях разных типов тектонических структур // Проблемы геотехнологии и недроведения, УрО РАН ИГД Екатеринбург 1998, том 1, с 6 – 15.

3. *Зубков А.В.* Геомеханика и геотехнология. Екатеринбург УрО РАН. 2001. С. 333.

ГИАБ

Коротко об авторе

Селин К.В. – Институт горного дела УрО РАН

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 11 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *И.М. Петухов.*