

УСТАНОВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД БОРТОВ (УСТУПОВ) КАРЬЕРА КАТОКА

А.М. Маевский, Н.В. Несвитайло, А.Д. Казола, Государственное высшее учебное заведение «НГУ», Украина

Для выделения инженерно-геологических комплексов (ИГК) систематизированы все имеющиеся данные по зонам, глубине, литологии, плотности и сцеплению, из анализа изменчивости сцепления, плотности и литологии, определены границы по глубине ИГК для заданных зон. Установлены закономерности изменения основных управляющих устойчивостью бортов параметров (C ; φ ; ρ ; λ) от текущей глубины карьера (Нк.т).

Из теории управления состоянием массива горных пород бортов карьера известно [1-3], что на их устойчивость оказывают влияние большое разнообразие факторов, которые зачастую могут быть и взаимообусловлены. Все эти факторы могут быть разделены на 2 группы: 1) природные и 2) техногенные (технологические). Наиболее важно первоначально выявить влияние природных факторов (инженерно-геологических и гидрогеологических), поскольку именно они определяют величины основных управляющих устойчивостью бортов параметров: сцепления (c), угла внутреннего трения (φ) и плотности пород (ρ). Эти управляющие параметры (характеристики) изучались департаментом геологии по керну инженерно-геологических, и разведочных скважин, а так же по образцам, отобраным из уступов нерабочих бортов карьера, разрабатывающего трубку Катока и расположенных в перекрывающих породах и вмещающих трубку гнейсах.

Строение перекрывающих и вмещающих пород по глубине залегания по данным всех имеющихся скважин приведено в табл. 1 и на рис. 1, из которых следует, что залегание литологических типов пород по глубине существенно различно по периметру трубки и, для обеспечения надёжности геомеханической модели карьера, необходим учет свойств и залегания пород по всей области влияния карьера.

На рис. 2 приведен план размещения разведочных выработок на площади карьерного поля. Для определения физико-механических свойств вмещающих и перекрывающих пород использовался керн, отобранный из 42 инженерно-геологических скважин, 39 геологоразведочных скважин, 27 шурфов.

Таблица 1

Залегание пород по глубине по всем скважинам

№ п/п	Порода	Абсолютная отм., м		Мощность интервала, м
		макс.	мин.	
0	Поверхность	1020,2	951,0	69,2
1	Отложения формации Калахари	1020,1	959,0	61,1
2	МФП	1001,3	967,1	34,2
3	Гнейс-Кора выветривания	975,8	920,0	55,8
4	Гнейс-выветрелый мало прочный	974,5	926,6	47,9
5	Гнейс-относительно прочный	970,1	900,9	69,2
6	Элювий гнейса	967,6	913,2	54,4
7	Гнейс-Кора выветривания –Глинистая	966,0	920,0	46,0
8	Гнейс -мало прочный	965,6	902,6	63,0
9	Гнейс-Кора выветривания –Дресвяная	963,0	919,1	43,9
10	Гнейс-Кора выветривания –Рухляк	931,3	927,8	3,5
11	Гнейс -очень прочный	965,5	853,8	111,7

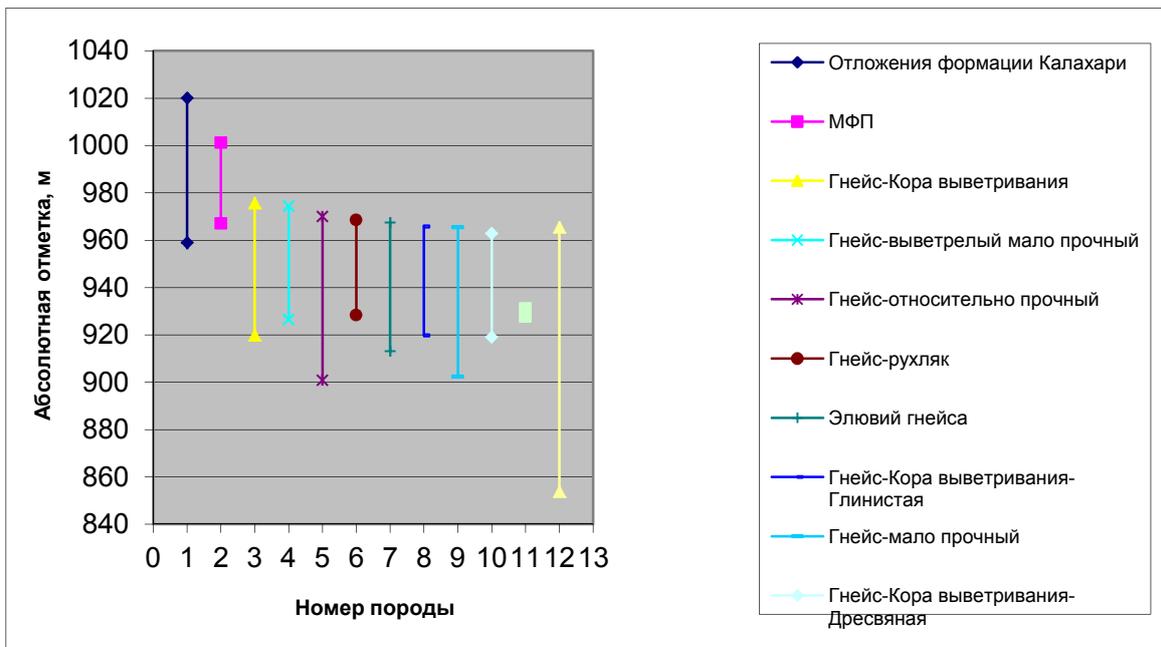


Рис. 1. Строение перекрывающих и вмещающих пород по глубине залегания

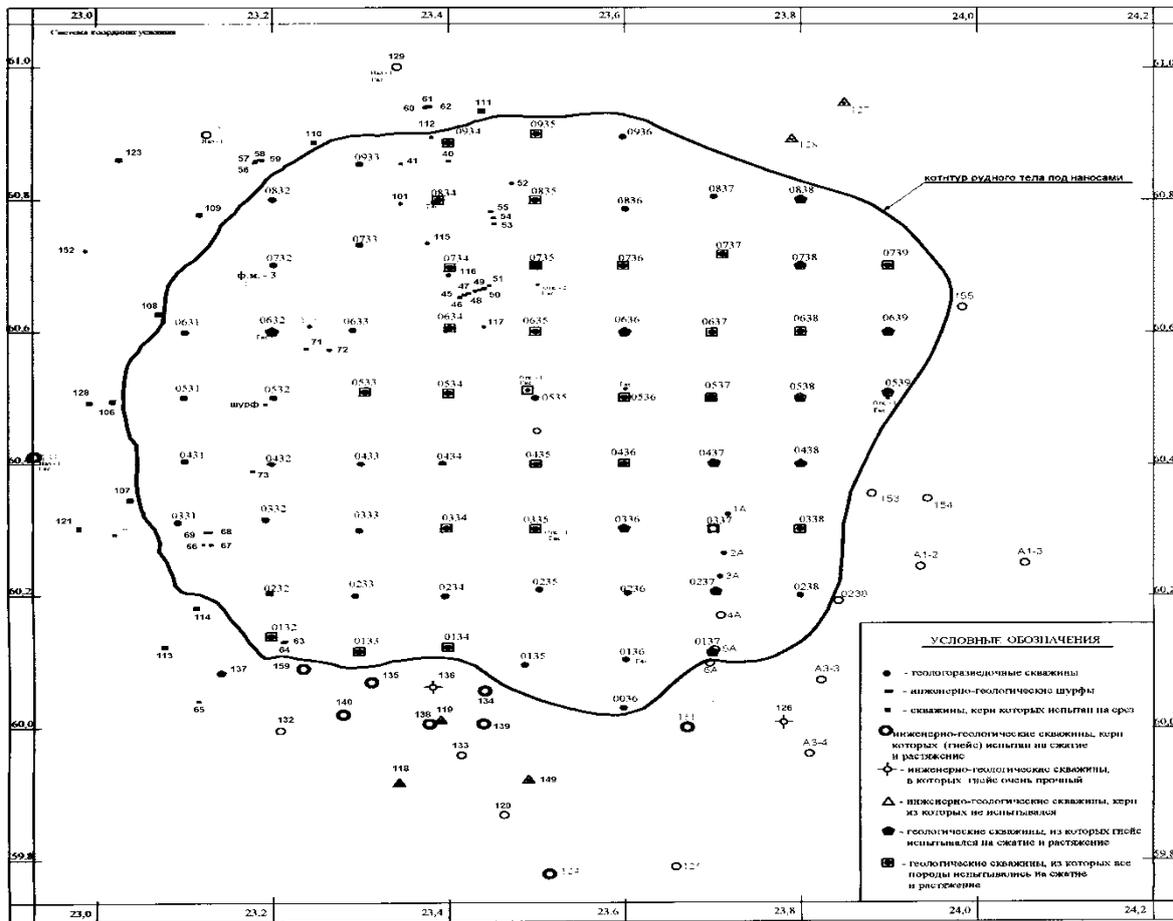


Рис. 2. План расположения инженерно – геологических и гидрогеологических выработок на трубке "Каток"

Ниже, в табл. 2, представлены данные по количеству и глубине определения физико-механических свойств (ФМС) пород. Из представленных данных следует недостаточность изученности свойств по глубине и в плане. Наиболее надёжно представлены северная, восточная, южная, западная и северо-западная зоны. Учитывая сказанное, дальнейшие исследования

проводились для северного (С), восточного (В), южного (Ю) и западного (З) направления.

Таблица 2

Количество образцов, по которым определялись физико-механических свойств пород

Зона	Число скважин (всего)	Количество точек определения ФМС по глубине
С	6	96
СВ	2	24
В	7	213
ЮВ	2	3
Ю	15	114
ЮЗ	4	99
З	4	62
СЗ	4	60
Общий итог	44	675

Для выделения инженерно-геологических комплексов (ИГК) были систематизированы все имеющиеся данные по зонам, глубине, литологии, плотности и сцеплению, из анализа изменчивости сцепления, плотности и литологии по глубине, определены границы по глубине ИГК для заданных зон. Обобщённые данные по породам инженерно-геологических комплексов представлены в табл. 3, прочностные свойства вмещающих и перекрывающих пород трубки "Катока" по сгруппированным комплексам и их статистические характеристики представлены в табл. 4, а средние значения для слабых пород в зависимости от обводненности согласно данным представлены в табл. 5

Таблица 3

Обобщённые данные по породам инженерно-геологических комплексов

Зона	ИГК	Абсолют. отм. по подошве, м	Породы
С	1	981,7	Отложения формации Калахари
	2	975,5	МФП
	3	932,3	МФП, Гнейс - Кора выветривания, Гнейс - Кора выветривания - Глинистая, Гнейс - Кора выветривания - Дресвяная, Гнейс - рухляк
			Гнейс - Кора выветривания - Дресвяная, Гнейс - выветрелый мало прочный
	4	926,6	Гнейс - Кора выветривания - Дресвяная, Гнейс - выветрелый мало прочный
	5	923,1	Гнейс - Кора выветривания - Дресвяная, Гнейс - мало прочный, Гнейс - относительно прочный
	6	919,1	Гнейс - Кора выветривания - Дресвяная, Гнейс - мало прочный
7	908,7	Гнейс - относительно прочный, Гнейс - очень прочный	
В	1	1001,6	Отложения формации Калахари
	2	970,1	Отложения формации Калахари, МФП, Гнейс - относительно прочный, МФП (глина)
	3	967,1	Элювий гнейса, Гнейс - рухляк, Гнейс - относительно прочный
Ю	1	989,8	Отложения формации Калахари, МФП
	2	969,3	Отложения формации Калахари, МФП, Гнейс - выветрелый мало прочный
	3	964,8	Гнейс - выветрелый мало прочный, Гнейс - мало прочный
	4	935	Гнейс - рухляк, Гнейс - выветрелый мало прочный, Гнейс -

Зона	ИГК	Абсолют. отм. по подошве, м	Породы
			мало прочный, Гнейс - относительно прочный, Гнейс - очень прочный, Кимберлит с прослоями песчаника
З	1	941	Отложения формации Калахари, Элювий гнейса, Гнейс - Кора выветривания
	2	913,2	Элювий гнейса, Гнейс - Кора выветривания
	3	900,9	Гнейс - мало прочный, Гнейс - относительно прочный, Гнейс - очень прочный

Таблица 4

Количество значений, средние и несмещенные отклонения объёмного веса (ρ , т/м³), угла внутреннего трения (ϕ , °), сцепления в образце (C , т/м²) и коэффициента структурного ослабления (λ) по сгруппированным комплексам пород и зонам

Зона	ИГК	Абсолютная отм. по подошве, м	Текущая глубина карьера Нк.т,м	Объем выборки (число значений)				Среднее				
				ρ	ϕ	C	λ	ρ	ϕ	C	λ	
1-1 (С)	Поверхность	1010	0									
		981,7	28	8	8	8	8	2,08	29,78	12,43	0,70	
		975,5	36	6	6	6	6	2,08	25,31	10,02	0,70	
		932,3	78	61	61	61	53	1,99	30,75	9,18	0,59	
		926,6	83	5	4	4	4	2,29	48,66	33,6	0,35	
		923,1	87	7	7	7	7	2,56	30,48	263,6	0,24	
		919,1	91	5	5	5	5	2,20	50,83	52,2	0,49	
		908,7	101	4	4	4	4	2,79	35,28	985,4	0,11	
	8 Гнейс очень прочный	560	450	66	66	66	66	2,6	35,6	1666	0,1	
Среднее								2,32	35,8	379	0,41	
2-2 (В)	Поверхность	1020,2	0									
		1001,6	19,4	18	23	23	23	2,01	25,29	9,13	0,70	
		970,1	50,3	99	101	101	101	2,00	25,26	12,4	0,69	
		967,1	53,4	8	8	8	8	2,29	19,78	240,1	0,40	
		888,9	131	78	64	64	64	2,57	34,26	1228	0,10	
			5 Гнейс очень прочный	560	460	66	66	66	66	2,62	35,58	1666
Среднее								2,3	28,03	631,1	0,4	
3-3 (Ю)	Поверхность	1010	0									
		1	989,8	10	16	16	16	16	2,05	26,22	9,33	0,70
		2	969,3	41	18	17	17	18	1,98	26,28	7,08	0,63
		3	964,8	45	6	5	5	4	2,27	33,38	201,9	0,11
		4	935	75	57	53	53	38	2,33	29,12	296,6	0,16
		5	877,5	132	17	17	17	11	2,13	26,08	187,8	0,11

Зона	ИГК	Абсолютная отг. по подошве, м	Текущая глубина карьера Нк.т,м	Объем выборки (количество значений)				Среднее			
				ρ	φ	С	λ	ρ	φ	С	λ
	6 Гнейс очень прочный	560	550	66	66	66	66	2,16	35,58	1666	0,09
Среднее								2,23	29,44	394	0,3
4-4 (3)	Поверхность	951	0								
	1	941	10	40	40	40	40	1,82	18,31	8,47	0,59
	2	913,2	38	18	18	18	18	1,96	19,47	4,46	0,58
	3	900,9	50	4	4	4	4	2,60	32,23	702,8	0,11
	4 Гнейс-выветрелый	880	71	9	9	9	9	2,23	30,71	46,1	0,11
	5 Гнейс-относительно прочный	860	91	50	50	50	50	2,58	30,07	526,9	0,11
	6 Гнейс очень прочный	560	391	66	66	66	66	2,62	35,58	1666	0,09
Среднее								2,3	27,2	492,5	0,27

Таблица 5

Средние значения объёмного веса (ρ , т/м³), угла внутреннего трения (ϕ , °), сцепления в образце (C , т/м²) и коэффициента структурного ослабления (λ) для слабых пород в зависимости от обводнённости

Наименование породы	Состояние									
	Нормальное					Обводнённое				
	w*	ρ	С	φ	λ	w	ρ	С	φ	λ
Песок Калахари	11,1	2,08	10,9	26,02	0,7	13,5	2,15	2,9	23,44	0,7
МФП	12,7	2,01	10,1	24,91	0,7	16,5	2,05	6,4	21,91	0,7
Элювий гнейса	26,7	2,09	7,2	21,92	0,58	34,7	2,12	6,3	17,41	0,58
Порфиновый кимберлит выветрелый	34,5	1,64	11,3	16,6	0,47	51,1	1,79	6,9	5,05	0,47

*w-влажность, %

По вышеприведенным расчетным данным об изменении основных управляющих параметров C , ϕ , ρ (см.табл. 4) выполнен анализ их изменения с увеличением текущей глубины карьера Нк.т. и построены графические зависимости C , ϕ , ρ от Нк.т. (рис.3). Как видно из приведенных графиков значения всех указанных параметров с увеличением текущей глубины карьера возрастают и в большей степени величина сцепления пород C . С увеличением глубины карьера от 100 м до 400 м сила сцепления пород возрастает от 100 т/м² (1МПа) до 1300 т/м² (13МПа).

Следует отметить, что установленные закономерности изменения C , ϕ и ρ от Нк.т. наиболее достоверны до глубины карьера 150-200 м. При дальнейшем увеличении Нк.т. они имеют прогнозный характер, поскольку нет на данный момент геологической информации. Кроме того эти закономерности характеризуют общий характер их изменения с глубиной. В

расчетах устойчивости массивов бортов карьеров следует учитывать зональное их изменение как по периметру карьерного поля т.е. по горизонтам: север (С), восток (В), юг (Ю), и запад (З), так и по вертикали – соответственно слоями инженерно-геологических комплексов (ИГК) пород, слагающих нерабочие борта карьеров.

В табл. 4-5 им на рис. 3 приведен также график зависимости коэффициента структурного ослабления пород в массиве бортов карьера (λ) от текущей глубины карьера Нк.т. Как видно из приведенного графика величина λ с увеличением Нк.т. уменьшается по экспоненциальной зависимости. Это объясняется тем, что с увеличением глубины карьера трещиноватость пород уменьшается, а крепость их и плотность увеличиваются.

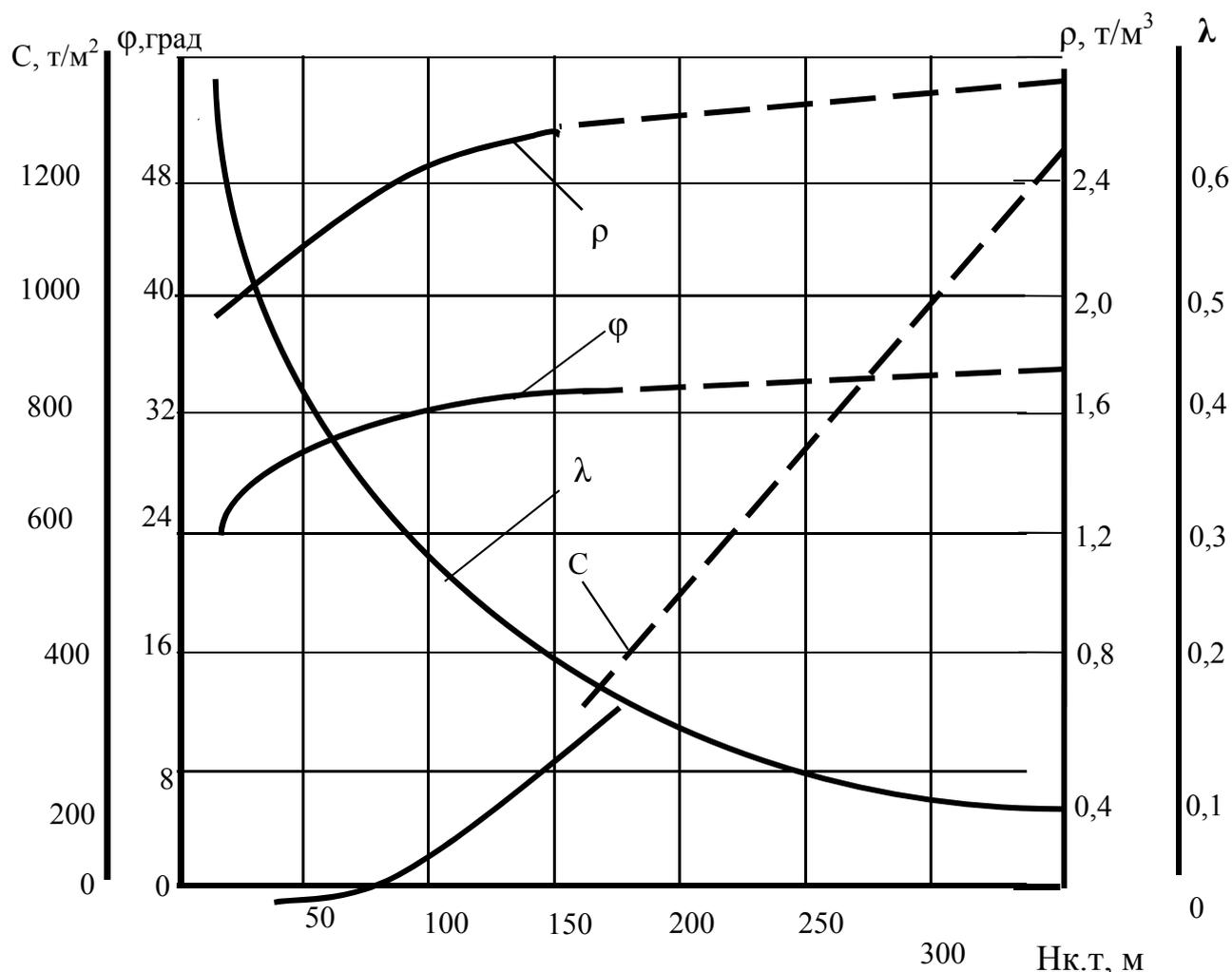


Рис. 3. График зависимости сцепления пород (C), угла внутреннего трения (ϕ), плотности (ρ) и коэффициента структурного ослабления (λ) от текущей глубины карьера Нк.т.

Примечание: штриховой линией показан прогноз изменения исследуемых параметров.

Список литературы

1. Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А. Устойчивость бортов и осушение карьеров. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1982. – 165 с.
2. Фисенко Г.Л. Укрепление откосов в карьерах / Г.Л. Фисенко, М.А. Ревазов, Э.Л. Галустьян. – М.: Недра, 1974. – 206 с.
3. Галустьян Э.Л. Конструирование бортов глубоких карьеров с оптимальными параметрами. Проектирование открытой разработки месторождений. Сб.науч. трудов. – Л.: изд. ЛГИ. 1984. С –20-26.