

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СДВИГУ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОРОД ИТАТСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В. Е. ОЛЬХОВАТЕНКО, В. Н. ПУЛЯЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры гидрогеологии и инженерной геологии)

При изучении инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом, важно определить прочность пород не только в монолитном образце, но и в массиве [1, 2]. С этой целью на территории Итатского бурогоугольного месторождения проведены полевые испытания сопротивления пород сдвигу. Ввиду отсутствия действующих карьеров на месторождении, исследования были поставлены в обнажениях естественных склонов, встречающихся по правому берегу реки Барандатки. Одновременно из скважин отбирались монолиты, которые исследовались в инженерно-геологической лаборатории Томского политехнического института. Это позволило определить коэффициент структурного ослабления сцепления пород в массиве, который представляет отношение сцепления пород в массиве к сцеплению в монолитном образце.

Среди существующих методов определения сопротивления пород сдвигу в массиве наибольшим распространением пользуется метод Все-союзного научно-исследовательского маркшейдерского института (ВНИМИ), основанный на применении гидродушек или гидродомкратов [1, 2], а также методы выпирания, обрушения и горизонтального сдвига, предложенные В. Б. Швецем и П. П. Казаковым. По методу ВНИМИ для подсчета величины сцепления необходимо знать угол внутреннего трения, который определяется лабораторным путем по образцам, отобраным из мест натуральных испытаний. Метод В. Б. Швеца и П. П. Казакова позволяет сразу определить угол внутреннего трения и сцепление без дополнительных лабораторных исследований. Сущность этого метода заключается в следующем. В массиве пород вырезается призма определенных размеров, которая отделена от остального массива прорезями, заполненными уплотненным грунтом нарушенной структуры. К одной из стенок призмы прикладывается усилие, в результате чего происходит выпирание пород вертикальной стенкой с образованием поверхности скольжения. Схема установки и методика опыта детально освещены в работах В. Б. Швеца и П. П. Казакова [3, 4].

В нашем случае выпирание осуществлялось винтовым домкратом. В процессе испытаний динамометром фиксировалось максимальное усилие ( $Q_{max}$ ) в момент сдвига и минимальное ( $Q_{min}$ ) при перемещении. После опыта измерялись координаты поверхности скольжения в нескольких вертикальных сечениях и определялись их средние значения. Для вывода расчетных формул авторы данного метода рассматривают случай предельного равновесия всей выпираемой части породы, выделив в ней клин единичной ширины (рис. 1). В этом клине действует го-

горизонтальное усилие  $Q$ , равное  $Q_{\max}$ , деленному на ширину стенки  $L$ . Это горизонтальное усилие распределяется равномерно по всему объему клина. Выделенный клин наносится в масштабе на миллиметровую бумагу и делится на ряд блоков. Для каждого блока определяется вес его ( $g$ ), длина  $l$  линии скольжения и угол  $\alpha$ , равный углу между направлением силы веса и ее составляющей, нормальной к плоскости

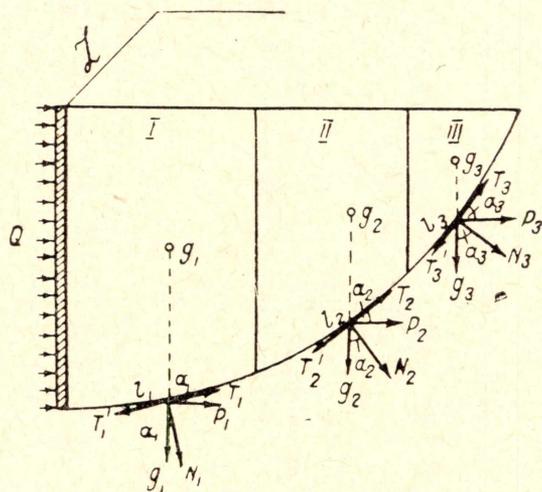


Рис. 1.

сдвига (рис. 1). Сдвигающее усилие ( $P$ ), приходящееся на каждый блок, определяется по формуле:

$$P = \frac{Q}{G} \cdot g,$$

где  $G$  — вес выделенного клина.

Условие равновесия блока I выразится уравнением

$$T_1 = N_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi + T_1^1,$$

где  $T_1$  и  $N_1$  — касательная и нормальная составляющие веса блока и сдвигающей силы  $P$ :

$$T_1 = P_1 \cdot \cos \alpha_1 + g_1 \cdot \cos (90 + \alpha_1);$$

$$N_1 = P_1 \cdot \cos (90 - \alpha_1) + g_1 \cdot \cos \alpha_1;$$

$$T_1^1 = cl_1;$$

$\operatorname{tg} \varphi$  — коэффициент внутреннего трения пород;

$c$  — сцепление пород.

Преобразовав вышеприведенные формулы, можно получить уравнение предельного равновесия всего клина, разбитого на  $n$  блоков:

$$\begin{aligned} & \frac{Q}{G} \sum_1^n g_n \cdot \cos \alpha_n - \sum_1^n g_n \cdot \sin \alpha_n = \\ & = \operatorname{tg} \varphi \left( \frac{Q}{G} \sum_1^n g_n \cdot \sin \alpha_n + \sum_1^n g_n \cdot \cos \alpha_n \right) + C \sum_1^n l_n, \end{aligned}$$

где

$$\sum_1^n g_n \cdot \cos \alpha_n = g_1 \cdot \cos \alpha_1 + g_2 \cdot \cos \alpha_2 + \dots g_n \cdot \cos \alpha_n;$$

$$\sum_1^n g_n \cdot \sin \alpha_n = g_1 \cdot \sin \alpha_1 + g_2 \cdot \sin \alpha_2 + \dots g_n \cdot \sin \alpha_n;$$

$$\sum_1^n l_n = l_1 + l_2 + \dots l_n.$$

Величина сцепления по всей поверхности скольжения определяется согласно формулы

$$C \sum_1^n l_n = Q - Q_1,$$

где

$$Q_1 = \frac{Q_{\min}}{L}.$$

Определенное таким образом сцепление пород подставляется в уравнение предельного равновесия, решив которое получаем  $\operatorname{tg} \varphi$ , а затем  $\varphi$ . Согласно изложенной выше методике нами определены  $\varphi$  и  $C$  аргиллитов, алевролитов и песчаников, распространенных в обнажениях естественных склонов по долине р. Барандатки. Результаты исследований приведены в табл. 1. В этой же таблице для сравнения даны результаты исследований  $\varphi$  и  $C$  по монолитам. Последние определялись в приборах «Гидропроекта» (новая модель) с предварительным уплотнением и насыщением водой пород. Другие характеристики свойств пород (табл. 1) определены по общепринятой стандартной методике. Из табл. 1 видно, что удельный вес пород, испытанный на сдвиг в полевых и лабораторных условиях, отличается незначительно. Среднее значение его для аргиллитов составляет 2,69—2,73 т/м<sup>3</sup>, для алевролитов — 2,69—2,71 т/м<sup>3</sup> и для песчаников — 2,67—2,68 т/м<sup>3</sup>. Объемный вес выветрелых пород из обнажений оказался ниже, чем этих же пород, отобранных из скважин. Так, аргиллиты из обнажений имеют средний объемный вес 1,96 т/м<sup>3</sup>, алевролиты 1,90 т/м<sup>3</sup> и песчаники 1,80 т/м<sup>3</sup>, а по монолитам из скважин он соответственно оказался 2,05, 2,06 и 2,0 т/м<sup>3</sup> (табл. 1). Последнее в значительной степени объясняется большей выветрелостью пород в обнажениях. Об этом свидетельствует и пористость данных пород. В результате дренирования подземных вод р. Барандаткой породы в обнажениях в сухое время года имеют низкую влажность. Степень влажности алевролитов и аргиллитов не превышает 0,45—0,64, песчаников — 0,4. Эти же породы, распространенные вдали от р. Барандатки, находятся в состоянии почти полного насыщения и имеют, как правило, степень влажности выше 0,8—0,9. Лишь для некоторых типов песчаников степень влажности не превышает 0,45 (табл. 1). Углы внутреннего трения монолитных образцов оказались близкими к углам внутреннего трения пород в массиве (в склоне). Исключения составляют аргиллиты, углы внутреннего трения которых в монолитных образцах несколько ниже, чем в массиве.

Сцепление в массиве выветрелых пород, определенное натурными испытаниями, оказалось значительно ниже, чем в породах по монолитам. Снижение сцепления объясняется разупрочнением пород в процессе их выветривания.

Из приведенных данных видно, что коэффициент структурного ослабления выветрелых пород оказался для аргиллитов 0,34, алевроли-

Таблица 1

## Результаты исследований инженерно-геологических свойств некоторых типов пород Итатского месторождения

Горные породы	Кол-во определений	Удельный вес, т/м <sup>3</sup>	Объемный вес, т/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Степень влажности	Пористость, %	Угол внутреннего трения, град.	Сцепление, т/м <sup>2</sup>
А. Породы в склоне, испытанные на сдвиг методом В. Б. Швеца и П. П. Казакова								
Аргиллиты . . . . .	3	<u>2,67—2,76</u>	<u>1,98—2,01</u>	<u>22,86—26,10</u>	<u>0,53—0,64</u>	<u>37,8—42,4</u>	<u>21—31</u>	<u>0,88—1,65</u>
		2,73	1,96	24,63	0,58	40,10	27	1,37
Алевролиты . . . . .	2	<u>2,69—2,74</u>	<u>1,89—1,92</u>	<u>14,93—20,49</u>	<u>0,39—0,45</u>	<u>38,8—41,5</u>	27	<u>0,79—0,88</u>
		2,71	1,90	17,71	0,424	40,1		0,838
Песчаники . . . . .	4	<u>2,65—2,69</u>	<u>1,70—1,92</u>	<u>10,04—22,27</u>	<u>0,17—0,40</u>	<u>37,6—45,4</u>	<u>27—30</u>	<u>0,35—2,78</u>
		2,67	1,80	14,32	0,296	42,2	29	1,25
Б. Породы, испытанные на сдвиг в лаборатории по монолитам, отобранным из скважин								
Аргиллиты . . . . .	13	<u>2,62—2,80</u>	<u>1,87—2,19</u>	<u>14,2—23,3</u>	<u>0,77—1,00</u>	<u>29,7—41,9</u>	<u>15—28</u>	<u>0,67—7,5</u>
		2,69	2,05	19,4	0,89	36,2	22	3,98
Алевролиты . . . . .	11	<u>2,62—2,76</u>	<u>1,95—2,16</u>	<u>14,1—25,1</u>	<u>0,78—1,00</u>	<u>32,0—43,5</u>	<u>16—36</u>	<u>2,29—4,51</u>
		2,69	2,06	20,1	0,94	36,1	26	3,39
Песчаники . . . . .	8	<u>2,65—2,76</u>	<u>1,95—2,08</u>	<u>12,4—22,6</u>	<u>0,45—0,98</u>	<u>33,4—42,5</u>	<u>27—34</u>	<u>3,0—8,8</u>
		2,68	2,00	18,7	0,82	38,1	29	5,66

Примечание: в графах вверху даются колебания характеристик, внизу среднеарифметические значения.

тов 0,24, песчаников 0,22. Аналогичная картина частично может наблюдаться при разработке месторождения карьерами, так как все породы вскрыши имеют, главным образом, глинистый цемент.

### Выводы

1. Снижение прочности пород в обнажениях обусловлено, главным образом, уменьшением сцепления, в то время как угол внутреннего трения меняется незначительно.

2. Основной причиной значительного снижения сцепления пород в естественных и искусственных откосах следует считать общее ослабление структуры исследуемых пород в процессе выветривания.

3. Одновременные исследования сопротивления пород сдвигу, выполненные в естественных откосах и по монолитам из скважин, позволяют выяснить коэффициент общего ослабления сцепления пород, что следует учитывать при оценке устойчивости бортов карьеров.

### ЛИТЕРАТУРА

1. П. Л. Рудаков, И. И. Попов, А. П. Ли. Предупреждение оползней на карьерах. Госгортехиздат, 1960.

2. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов. Издательство ВНИМИ, 1962.

3. В. Б. Швец, П. П. Казаков. Испытание грунтов на сдвиг методом выпирания в полевых условиях. «Транспортное строительство», № 5, 1962.

4. В. В. Швец, П. П. Казаков. Определение полевыми методами сопротивления сдвигу грунтов. «Основания, фундаменты и механика грунтов», № 1, 1963.

---