Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIV, вып. 2, 1962 г.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВСКРЫШНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИХВИНСКИХ БОКСИТОВ

В. Н. Новожилов

При отработке бокситовых месторождений открытым способом на ряде рудников в Тихвинском бокситоносном районе наблюдаются деформации бортов карьеров и отвалов вскрышных пород. Деформации проявляются главным образом в виде оползней и сплывов. Масштабы и динамика оползневых явлений на различных рудниках неодинаковы. В ряде случаев оползни значительно осложняют горные работы и повышают себестоимость полезного ископаемого [2].

Оползневые явления изучались (1957—1961 гг.) одновременно с физико-механическими свойствами пород, на основе которых были выбраны расчетные показатели и произведены расчеты углов заложения бортов карьеров и отвалов вскрышных пород.

Как показала практика[1] отработки бокситовых месторождений, наиболее часто оползневые явления наблюдаются в толще глинистых отложений. Поэтому изучению этих отложений было уделено основное внимание.

В геологическом строении месторождения, как известно [2], принимают участие породы верхнего девона, нижнего карбона и отложения четвертичного возраста (рис. 1).

В строении толщи вскрышных пород преобладают мягкие глинистые и песчаные породы каменноугольного и четвертичного возрастов. Строение толщи слоистое, литологический состав пород сменяется в поперечном и продольном направлениях, углистые разности серых и черных пластичных глин, как правило, являются плоскостями с пониженным сопротивлением пород сдвигу.

Участки карьерного поля, представленные однородными породами, более устойчивы, чем те, где наблюдается пестрое переслаивание, и особенно те, где встречаются 2—3 пласта серых и черных разностей пластичных глин, разделенных песчаными обводненными породами.

Линзовидное залегание песков, прерывистые прослои известняков и песчаников приводят к тому, что выходы подземных вод по бортам карьера прослеживаются в виде отдельных более или менее изолиро-

[1] В работах, связанных с изучением свойств пород месторождения, принимали участие сотрудники Ленинградского горного института Л. Г. Машнева, В. Н. Лебедев, Т. И. Матюкова и студенты П. Гечев, Ю. Норватов, И. Штейн, И. Власковский и И. Базанов.

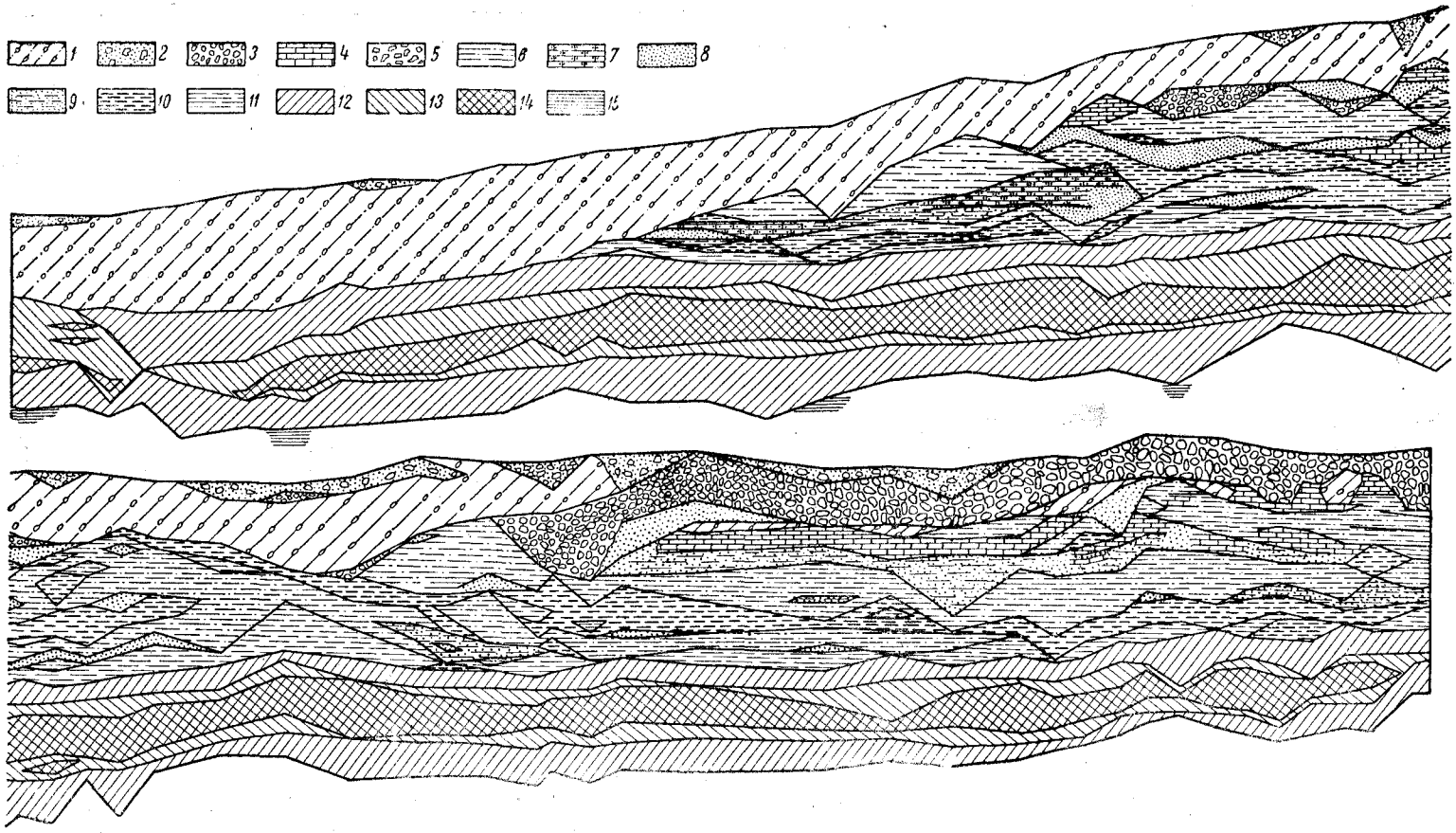


Рис. 1. Продольный схематический геологический разрез месторождения:

1 — суглинки, Q_{III} *gl*; *2* — пески валунные, Q_{III} *gl*; *3* — галечники, Q_{III} *gl*; *4* — известняки, C_1v *mkh*; *5* — известняки, разрушенные до щебенки с песчано-глинистым заполнителем, C_1v *mkh*; *6* — глины песчаные, C_1v *mkh*; *7* — песчаники известняковые, C_1v *mkh*; *8* — пески, C_1v *al*; *9* — пески глинистые, C_1v *al*; *10* — глины серые и черные, C_1v tl_3, C_1v *mkh*; *11* — глины "пластичные" (надбокситовые), C_1v tl_3; *12* — сиаллиты, C_1v tl_2; *13* — аллиты, C_1v tl_2; *14* — бокситы, C_1v tl_2; *15* — глины подбокситовые, C_1v tl_1

ванных участков. На этих участках глинистые породы увлажняются, что ведет к изменению их консистенции и, в конечном счете, уменьшению сопротивления пород сдвигу. Следовательно, ослабление устойчивости борта карьера под действием подземных вод происходит локально, затрагивая не весь борт в целом, а только места выхода подземных вод.

В неоднородном строении толщи вскрышных пород, ее нарушенности ледником и локальном залегании подземных вод уже заложены элементы различной устойчивости пород. Это обстоятельство необходимо учитывать как при отборе проб грунтов для изучения их свойств, так и при анализе расчетных схем при выборе углов заложения откосов бортов карьеров.

Изучение физико-механических свойств пород проводилось в полевой и стационарной лабораториях, в основном на образцах естественного сложения и естественной влажности.

На месторождении были выделены следующие типичные разности мягких пород: суглинки валунные, глины песчаные (алексинские и михайловские), глины пластичные серой и черной окраски, относимые к углистым разностям, пески (алексинские) и глины пластичные надбокситовые (тульские).

1. Состав пород

Суглинки валунные (рис. 2) относятся к легким и средним разностям, и только в двух пробах они могут классифицироваться как легкие глины. Содержание глинистых фракций в суглинках изменяется от 13 до 34%. По содержанию пылеватых и песчаных фракций они более или менее однородны. Пылеватые фракции лежат в пределах 45—55%. Песчаных фракций в суглинках 28—38%. В небольших количествах в этих породах встречаются валуны изверженных и осадочных пород. Диаметр валунов достигает 1—2 *м*.

Глины песчаные по составу неоднородны. Преобладают легкие разности. Содержание глинистых фракций изменяется от 15 до 53%, пылеватых и песчаных — от нескольких процентов до 55—60%. В основной массе песчаные глины являются пылеватыми.

Глины серые и черные по гранулометрическому составу относятся к пылеватым. Содержание глинистых фракций в них изменяется от 30 до 76%, причем, фракция $< 0{,}001$ *мм* резко преобладает. Пылеватые фракции преобладают над песчаными и составляют от 35 до 70%. Песчаных частиц обычно не более 10%, и только в редких случаях их содержание возрастает до 20—23%.

Глины пластичные надбокситовые по составу неоднородны. Количество глинистых частиц в их составе изменяется от 22 до 54%, пылеватых фракций — от 34 до 58%, и они всегда преобладают над песчаными. В целом пластичные глины относятся к пылеватым разностям с неоднородным составом.

Пески по составу тонкозернистые, серой и светлой окраски. Фракция 0,25—0,10 *мм* является преобладающей (50—60%), глинистых частиц в них обычно не более 5%. Реже пески глинистые (фракция $<0{,}002$ *мм* до 8—12%), в которых преобладают частицы 0,1—0,05 *мм*.

Минеральный состав типичных разностей глинистых пород изучен рентгенометрическим методом[1]. По данным исследований, валунные суглинки, серые и черные разности глин представлены в основном иллитом и каолинитом и только в составе одного образца преобладает

[1] Рентгенометрические исследования тонкодисперсной части глин выполнены И. Б. Михеевой и А. И. Калининым.

файерклей. Такой состав глин обычен для аналогичных фациальных разностей пород.

Пески по составу кварцево-полевошпатовые. Для тонкодисперсной части глинистых песков характерны те же глинистые минералы, что и для типичных разностей глинистых пород.

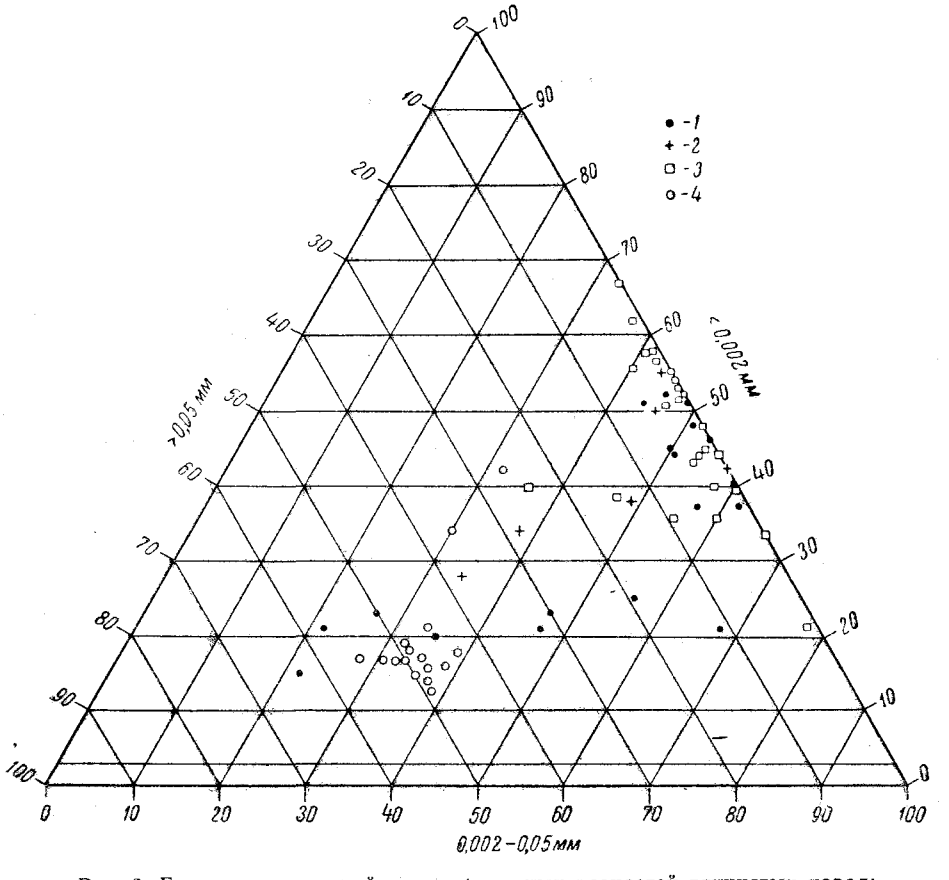


Рис. 2. Гранулометрический состав типичных разностей глинистых пород:
1 — глины песчаные; *2* — глины пластичные; *3* — глины черные и серые; *4* — суглинки валунные

Определения потерь при прокаливании показали, что для серых и черных разностей пластичных глин потери составляют 8—15%, а для валунных суглинков — только 2—3%.

2. Физические свойства пород

Объемный и удельный вес (табл. 1) определялся параллельно по одним и тем же образцам естественного сложения и влажности.

Как видно из приведенных в табл. 1 данных, медианные значения удельного веса для всех разностей пород нормальные и согласуются с гранулометрическим составом. Максимальное значение удельного веса (2,98 *г/см*^{3}) отмечается для пластичных надбокситовых глин. Данные объемного веса и объемного веса скелета свидетельствуют о том, что валунные суглинки, песчаные и пластичные глины обладают значительной плотностью. Плотность же серых и черных разностей глин несколько меньше ($\delta_{мин}=1{,}19$ *г/см*^{3}, $\delta_{макс}=1{,}93$ *г/см*^{3}).

Таблица 1

Значение	Суглинки валунные			Глины песчаные		
	удельный вес, $г/см^3$	объемный вес, $г/см^3$	объемный вес скелета, $г/см^3$	удельный вес, $г/см^3$	объемный вес, $г/см^3$	объемный вес скелета, $г/см^3$
Среднеарифметическое	2,72	2,15	1,81	2,72	2,09	1,82
Квадратическое отклонение	0,01	0,02	0,21	0,02	0,13	0,18
Медианное	2,71	2,17	1,86	2,72	2,10	1,79
Мода	2,71	2,16	1,87	2,67—2,71	2,08	1,74—2,04
Максимальное	2,74	2,22	1,94	2,82	2,27	2,07
Минимальное	2,71	2,05	1,24	2,67	1,94	1,48
Число определений	27	27	27	28	28	28

Продолжение табл. 1

Значение	Глины серые и черные			Глины пластичные		
	удельный вес, $г/см^3$	объемный вес, $г/см^3$	объемный вес скелета, $г/см^3$	удельный вес, $г/см^3$	объемный вес, $г/см^3$	объемный вес скелета, $г/см^3$
Среднеарифметическое	2,73	1,99	1,78	2,72	2,09	1,83
Квадратическое отклонение	0,01	0,14	0,26	0,20	0,99	0,09
Медианное	2,73	2,03	1,67	2,72	2,15	1,86
Мода	2,73	2,03	1,78	2,72	—	1,84
Максимальное	2,94	2,18	1,93	2,98	2,90	1,94
Минимальное	2,45	1,63	1,19	2,69	1,93	1,61
Число определений	26	26	26	17	17	17

Удельный вес песков 2,64—2,65 $г/см^3$; объемный вес песков рыхлого сложения 1,26—1,30 $г/см^3$ и плотного сложения 1,61—1,80 $г/см^3$.

Пористость. Результаты определения пористости и коэффициента пористости приведены в табл. 2. Пределы изменения пористости для рассматриваемых разностей пород указывают на некоторую неоднородность сложения этих пород.

Таблица 2

Порода	Пористость, %			Коэффициент пористости		
	минимальная	максимальная	медианная	минимальный	максимальный	медианный
Суглинки валунные	28,68	38,68	31,37	0,40	0,63	0,46
Глины песчаные	22,84	47,10	35,46	0,29	0,91	0,51
Глины серые и черные	28,00	54,64	39,80	0,39	1,20	0,66
Глины пластичные	27,88	41,10	33,21	0,38	0,69	0,49

Влажность. Естественная влажность пород определялась параллельно с объемным весом по тем же образцам (табл. 3). Диапазон изменения влажности для всех разностей пород сравнительно велик. Более постоянна влажность у пластичных глин и валунных суглинков, а у песчаных, серых и черных разностей она более изменчива. Медианные значения влажности валунных суглинков, серых, черных и пластичных глин близки друг к другу, а для песчаных — несколько выше.

Коэффициент насыщения для валунных суглинков в основном равен 0,93—0,99, и только в единичных случаях он достигает 0,65. Можно

считать, что суглинки находятся в насыщенном водой состоянии. Для песчаных глин этот коэффициент изменяется от 0,44—0,66 до 0,86—0,97 при наиболее часто встречающихся значениях 0,86—0,95. Серые и черные разности глин, как правило, находятся в водонасыщенном состоянии (0,89—0,98). Коэффициент насыщения пластичных надбокситовых разностей глин лежит в пределах 0,78—0,98.

Таблица 3

Значение	Влажность, %			
	суглинки валунные	глины песчаные	глины серые и черные	глины пластичные
Среднеарифметическое	17	17	24	16
Квадратическое отклонение .	2,5	6,3	4,63	2,38
Медианное	16	19	22	17
Мода	15	21	21	—
Максимальное	23	31	39	20
Минимальное	11	5	12	13
Число определений	87	48	46	27

Таким образом, все исследуемые разности глин находятся в состоянии, близком к полному насыщению водой, и только в единичных случаях породы относятся к влажным. Это обстоятельство имеет большое значение при оценке пород для расчета устойчивости откосов и при оценке устойчивости отвалов, отсыпаемых такими водонасыщенными породами при обязательном нарушении их сложения.

Консистенция пород (табл. 4), по данным полевых наблюдений, различна. Суглинки валунные, глины песчаные и серые и черные находятся в состоянии от пластичного до тугопластичного; пластичные надбокситовые глины, как правило, характеризуются тугопластичной, а иногда и полутвердой консистенцией.

Таблица 4

Значение	Суглинки валунные				Глины песчаные				Глины серые и черные				Глины пластичные			
	естественная влажность, %	предел пластичности, %	предел текучести, %	число пластичности	естественная влажность, %	предел пластичности, %	предел текучести, %	число пластичности	естественная влажность, %	предел пластичности, %	предел текучести, %	число пластичности	естественная влажность, %	предел пластичности, %	предел текучести, %	число пластичности
Среднеарифметическое . .	17	12	22	9	17	18	37	21	24	25	50	25	16	18	33	14
Квадратическое отклонение	2,5	1,5	3,8	2,2	6,3	6,1	9,7	6,2	4,63	5,54	11,88	7,84	2,38	3,46	5,75	3,46
Медианное .	16	12	22	9	19	17	37	19	22	24	49	26	17	19	35	15
Мода	15	12	22	9	21	11	39	14—18	21	24	51	27	—	14	—	14—16
Максимальное	23	18	35	17	31	28	56	29	39	41	84	47	20	23	40	21
Минимальное	11	11	19	7	5	11	21	10	12	18	32	13	13	14	22	8
Число определений . . .	27	27	27	27	28	28	28	28	26	26	26	26	17	17	17	17

Анализ данных табл. 4 показывает, что естественная влажность для всех разностей пород близка к влажности при пределе пластичности. Разность между этими двумя влажностями составляет 1—2% у песчаных, серых и черных и пластичных глин и 4% — у валунных

суглинков. Естественная влажность у суглинков валунных и песчаных глин выше их влажности при пределе пластичности, а у двух других разностей глинистых пород она ниже. Влажность при пределе текучести во всех случаях значительно выше их естественной влажности.

Число пластичности для всех разностей исследуемых пород увязывается с их гранулометрическим составом. Серые и черные разности глин относятся к высокопластичным породам. Наблюдения в карьере показали, что высокопластичные свойства этих пород и полная насыщенность водой с точки зрения устойчивости неблагоприятны. Наиболее часто плоскости скольжения при возникновении оползневых явлений приурочены именно к серым и черным разностям.

3. Водные свойства пород

Одним из важных показателей устойчивости пород в откосах является поведение их при взаимодействии с водой. Такие деформации бортов и отвалов вскрышных пород, как сплавы, а частично и оползни, тесно связаны с воздействием поверхностных и подземных вод на песчано-глинистые породы. Устойчивость же отвалов вскрышных пород в условиях Тихвинского района почти полностью зависит от водных свойств этих пород.

Размокание. Лабораторные испытания размокания проводились на образцах (размером 5×5×5 *см*) естественной влажности и естественного сложения.

Скорость разрушения образцов неодинакова. Наиболее быстро в воде разрушались пластичные и песчаные глины, несколько медленнее — серые и черные разности глин и валунные суглинки. Разрушение кубиков из пластичных и песчаных глин протекало от нескольких часов до нескольких суток. Разрушение кубиков из серых и черных глин и валунных суглинков происходило в среднем за 10—18 суток, хотя отдельные образцы разрушались за 4—20 *ч*. Наиболее быстро разрушаются слоистые разности песчаных и пластичных глин. При погружении таких образцов в воду мелкие частицы из песчаных прослоев сразу отделяются и отчетливо обнаруживается слоистость. Затем образцы распадаются на 2—3 части и продолжается медленное отделение глинистых чешуек. В дальнейшем появляются новые трещины, образец распадается на мелкие куски и интенсивность разрушения возрастает. Неслоистые монолитные разности разрушаются по всему периметру кубика отделением мелких чешуек, затем образуются 2—3 трещины, образец распадается и разрушение идет аналогично описанному выше. Отметим, что скорость разрушения образцов глинистых пород зависит от их естественной влажности: образцы с малой влажностью разрушаются быстрее.

Набухание. Одним из показателей водоустойчивости глинистых разностей пород является склонность их к набуханию при впитывании воды. Исследование 40 образцов проводилось в специальном приборе конструкции А. М. Васильева. Результаты опытов (табл. 5) показали, что валунные суглинки набухают слабо и их следует в целом отнести к породам ненабухающим. Породы карбонового возраста набухают значительно. Наибольшая величина набухания (36,5%) отмечена для песчаных глин и несколько меньшая — для серых и черных разностей. В целом же песчаные глины набухают несколько меньше, чем глины пластичные и серые и черные.

Анализ влажности до и после опыта показывает, что для серых и черных разностей глин отмечается резкое увеличение влажности после опыта, которое в ряде случаев приближается к влажности при пределе

текучести. В целом при вскрытии карбоновых глин горными выработками под действием поверхностных и подземных вод происходит разбухание и ослабление их устойчивости.

Таблица 5

Порода	Набухание, %		
	минимальное	максимальное	медианное
Суглинки валунные	0,15	7,4	0,7
Глины песчаные	11,8	36,5	—
Глины серые и черные	8,6	26,2	14,9
Глины пластичные	7,6	15,0	—

Максимальная молекулярная влагоемкость для валунных суглинков более или менее постоянна (9—10%) и всегда меньше естественной влажности породы. Для песчаных глин она резко меняется (от 9 до 23%) и близка к естественной влажности породы или ниже ее на 1—3%. Для серых и черных и пластичных глин максимальная молекулярная влагоемкость близка к естественной влажности.

Коэффициент фильтрации определялся только для алексинских песков в приборе СПЕЦГЕО по 80 образцам нарушенного и естественного сложения. В зависимости от гранулометрического состава он изменяется от 0,0011 до 0,00013 *см/сек*.

4. Механические свойства пород

Одним из основных показателей, которые непосредственно используются при расчетах устойчивости бортов карьеров и отвалов вскрышных пород, является сопротивление пород сдвигу. Оно определялось в процессе полевых опытных работ и лабораторных испытаний.

Опытные работы по определению сопротивления пород сдвигу проводились на полевом приборе обычной конструкции (со съемной коробкой), принятой при проведении лабораторных работ, и в шурфах на гидравлическом приборе с масляными домкратами. Полевой прибор имел площадь среза 600 *см*^{2}. Образцы глинистых пород перед испытанием уплотнялись в течение 24—48 *ч* на специальном прессе. Методика проведения опытов общепринятая [1 и 3].

Гидравлический сдвижной прибор (рис. 3) состоит из электродвигателя *1* и масляного насоса *2*, смонтированных на станине *3*, гибких шлангов для подачи электроэнергии *4*, манометров для измерения давления *5*, шлангов для подачи масла *6*, четырех масляных домкратов для подачи давления *7*, скрепленных на монтажной плите *8*, и двух упорных железных плит *9* (на переднем плане монолит грунта *10* размером 0,8×0,8×0,8 *м*). Прибор рассчитан на подачу давления до 12 *кг/см*^{2}. Регулирующее устройство масляного насоса позволяет подавать давление на исполнительные механизмы долями с точностью до 0,1 *кг/см*^{2}.

На исследуемом участке карьера проходился шурф, в пределах которого оставлялись монолиты размером от 0,5×0,5×0,5 до 1,0×1,0× ×1,0 *м*. Затем устанавливались упорные плиты и монтировались масляные домкраты.

Подача давления в домкраты осуществлялась масляным насосом ступенями: в интервале давлений от 0 до 2 *кг/см*^{2} — по 0,5 *кг/см*^{2}, в интервале от 2 до 3 *кг/см*^{2} — по 0,2 *кг/см*^{2} и в интервале 3 *кг/см*^{2} и более — по 0,1 *кг/см*^{2}. Каждая ступень выдерживалась в течение 20 *мин*. Дефор-

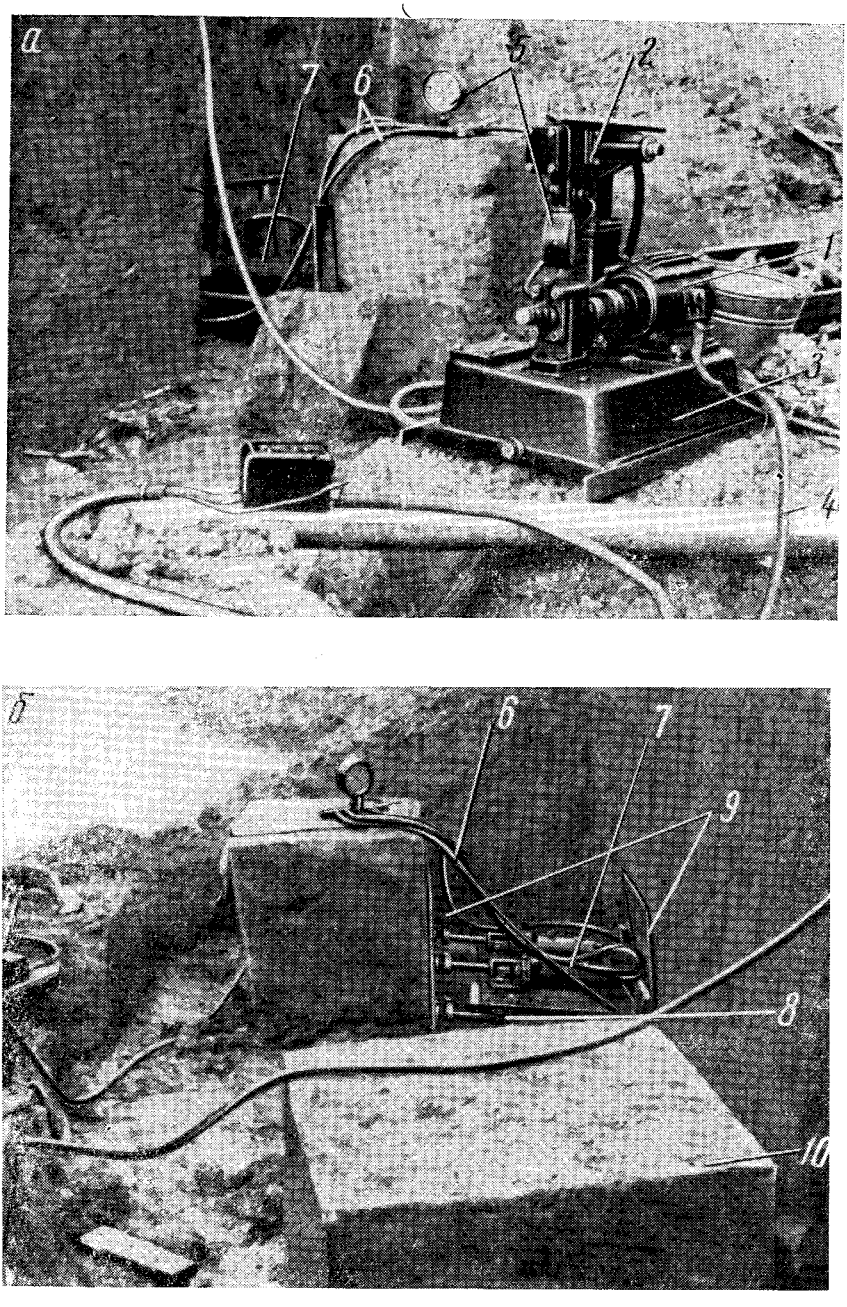


Рис. 3. Полевой прибор для определения сопротивления пород сдвигу:
а — общий вид; *2* — масляные домкраты — исполнительные механизмы

мации сдвига фиксировались по падению давления на манометре. Одновременно проводились визуальные наблюдения за состоянием монолита.

После опыта проводилось описание испытуемого образца, зарисовывалась площадь сдвига, измерялись его объем и площадь, а также отбирались пробы грунта для определения влажности и объемного веса. Часто здесь же в шурфе отбирался образец для определения сопротивления сдвигу на полевом приборе обычной конструкции. Это позволяло проводить сопоставление результатов исследований по двум приборам для одной и той же разности пород.

Расчет сдвигающего усилия проводился исходя из площади сдвига, веса монолита и показаний манометра в момент падения давления (этот момент и фиксировал начало сдвижения монолита).

В результате наблюдений за оползневыми явлениями на бортах карьера были установлены наиболее слабые контакты между отдельными разностями пород, к которым наиболее часто и приурочены плоскости сдвижения оползневых массивов. В зоне таких ослабленных контактов (например, между пластичными надбокситовыми глинами и черными разностями пластичных глин) ставились дополнительные опыты. На борту карьера или в забое разрезной траншеи проходился шурф, в центре которого оставлялся монолит. Шурф проходился на такую глубину, чтобы основание монолита совпадало с предполагаемым ослабленным контактом. При монтаже масляных домкратов передняя упорная плита, прилегающая к монолиту, устанавливалась на 10—15 *см* выше его основания. В процессе же проведения опыта (при наличии ослабленного контакта между породами) сдвиг проходил не по обрезу упорной плиты, как обычно, а ниже — по ослабленному контакту. Затем определялось сопротивление сдвигу по обеим разностям контактирующих пород.

Коэффициент сдвига при нормальной нагрузке 1,5 *кг/см*^{2} был получен следующий [1]:

Суглинки валунные	0,55	По контакту глин серых и черных с глинами пластичными .	0,25
Глины песчаные	0,54	По контакту глин серых и черных с глинами песчаными . .	0,34
Глины серые и черные	0,42	По контакту суглинков валунных с глинами песчаными	0,51
Глины пластичные (надбокситовые)	0,48		

Таким образом, коэффициент сдвига по контакту серых и черных пластичных глин с глинами пластичными надбокситовыми и глинами песчаными почти в два раза меньше коэффициента сдвига по каждой из контактирующих разностей пород и подтверждает наши предположения о наличии плоскостей ослабления по контактам пород.

В лаборатории сопротивление пород сдвигу изучалось на монолитах естественной влажности и ненарушенного сложения на приборах типа Гидропроекта. Площадь сдвига испытуемых образцов 50 *см*^{2}; нормальное давление 1,2 и 3 *кг/см*^{2}. Методика испытаний общепринятая [1]. Результаты испытаний приведены в табл. 6, из которой видно, что разброс показателей сопротивления сдвигу весьма значителен. Это объясняется главным образом неоднородностью их состава и требует при выборе расчетных показателей тщательного анализа данных их механических, физических и водных свойств.

Единичные анализы песков алексинского горизонта показали, что их угол внутреннего трения изменяется от 23 до 37°, а сцепление равно нулю.

[1] Приведены средние данные и 4—5 определений для каждой разности пород и каждого контакта.

Таблица 6

Значение	Суглинки валунные		Глины песчаные		Глины серые и черные		Глины пластичные	
	угол внутреннего трения, *град*	сцепление, *кг/см²*	угол внутреннего трения, *град*	сцепление, *кг/см²*	угол внутреннего трения, *град*	сцепление, *кг/см²*	угол внутреннего трения, *град*	сцепление, *кг/см²*
Среднеарифметическое	22	0,290	20	0,246	17	0,272	17	0,294
Квадратическое отклонение	5	0,136	6°30′	0,121	5°20′	0,134	4°40′	0,138
Медианное	22°30′	0,270	22	0,260	16	0,265	17	0,285
Мода	24—25	0,190	22	0,270	14	0,195	11	0,285
Максимальное	32	0,650	35	0,533	29	0,567	25°30′	0,600
Минимальное	8°30′	0,017	10	0,00	8°30′	0,00	11°30′	0,067
Число определений	42	42	18	18	31	31	12	12

5. О выборе расчетных показателей

Одним из важных вопросов оценки устойчивости горных пород, слагающих борта карьеров, является выбор исходных данных физико-механических свойств пород, используемых для расчета углов заложения горных выработок.

При выборе расчетных показателей для рассматриваемого месторождения исходили из: а) особенностей геологического строения слоистого строения толщи вскрышных пород, наличия ослабленных прослоев и контактов, нарушений залегания; б) локального распространения подземных вод; в) результатов изучения физико-механических свойств пород; г) временной устойчивости бортов карьера, определяемой сроком службы карьера и принятой системой вскрытия и отработки месторождения. Исходя из этого, расчетные значения показателей были приняты несколько ниже средних (табл. 7).

Таблица 7

Порода	Расчетные показатели			
	Объемный вес, *г/см³*	Коэффициент внутреннего трения	Угол внутреннего трения, *град*	Сцепление, *кг/см²*
Суглинки валунные	2,17	0,36	20	0,25
Глины песчаные	2,10	0,34	19	0,20
Глины серые и черные	2,10	0,21	12	0,20
Глины пластичные (надбокситовые)	2,10	0,30	17	0,25
Пески (алексинские)	2,00	0,57	30	0,00

Принимая во внимание, что сцепление по контакту глин пластичных надбокситовых с серыми и черными глинами равно или близко нулю, необходимо проверить устойчивость борта при сцеплении по контакту этих слоев, равном нулю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. Госгеолиздат, 1952.

2. Новожилов В. Н. Оползни на рудниках Тихвинского глиноземного завода. Сб. «Вопросы инженерной геологии Ленинградского экономического района». ЦБТИ, 1960.

3. Попов И. В. (ред.). Инженерно-геологические исследования для гидроэнергетического строительства, т. II. Госгеолиздат, 1950.