Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института, том XXVII, вып. II, 1952 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОДУГОЛЬНЫХ ГЛИН ПОДМОСКОВНОГО БАССЕЙНА НА РАЗРЫВ

Доц. *А. И. Морозов*

ВВЕДЕНИЕ

Условия разработки сильно обводненных буроугольных месторождений Подмосковного бассейна, залегающих в неустойчивых породах, определяются особенностями их геологического и гидрогеологического строения. Для глубокозалегающих месторождений южного и западного крыльев бассейна основной особенностью является наличие подугольного водоносного горизонта с напором воды, достигающим 90 *м*. Эти напорные воды являются причиной прорывов воды из почвы горных выработок. При этом решающее значение для безопасного ведения подготовительных и очистных горных работ имеют глинистые толщи, залегающие в почве горных выработок и предохраняющие их от прорывов вод из подугольного водоносного горизонта. Мощностью пласта подугольной глины и ее прочностью определяется необходимость и масштаб осушительных мероприятий при разработке месторождения.

При прочих равных условиях необходимость снижения напора подугольных вод и величина этого снижения будет зависеть от минимальной прочности глин. Факты показывают, что под действием гидростатического давления почва горных выработок будет испытывать растяжение при изгибе. Поэтому для правильного выбора схемы и объема дренажных работ необходимо знать предельную прочность глин на разрыв, их временное сопротивление. Временное сопротивление на разрыв обычно является наименьшим по сравнению с временным сопротивлением на срез (сдвиг) и сжатие.

Таким образом, величина временного сопротивления глин разрыву является о с н о в н ы м расчетным параметром для решения вопроса о необходимости осушения шахтных полей. Между тем, прочность глин на разрыв почти не изучена. В многочисленных статьях, посвященных разработке и осушению буроугольных месторождений Подмосковного бассейна, этот вопрос почти не освещался. В проектах по осушению, составленных в послевоенные годы, временное сопротивление глин разрыву принималось по Терцаги равным 0,2 *кг/см*^{2}, без учета конкретных условий.

Указанное положение побудило нас заняться определением временного сопротивления подугольных глин разрыву для конкретных условий Подмосковного бассейна. Необходимо отметить, что ограниченное количество определений позволило выявить величину временного сопротивления глин разрыву и характер зависимостей ее от основных факторов

лишь в первом приближении. Для уточнения зависимостей между временным сопротивлением глин разрыву и другими свойствами глин необходимо продолжить исследование. Вместе с тем, полученные уже результаты могут быть полезны при проектировании горных и осушительных работ в Подмосковном бассейне.

I. ОТБОР ПРОБ

1. Точки отбора проб

Подугольные глины буроугольных месторождений западного крыла Подмосковного бассейна относятся к селижаровской подсвите и лихвинской свите. Глины селижаровской подсвиты, непосредственно вмещающие угольный пласт, имеют преимущественно каолинитовый вещественный состав и различную окраску в зависимости от примесей. В большинстве случаев они темносерого цвета. Реже встречаются светлосерые и углистые разности. Глины обычно пластичные с углистыми примазками, включениями угля и пирита.

Глины лихвинской свиты представлены зеленовато-серыми, светлосерыми и пестрыми глинами.

Пробы глин отбирались из шахт и буровых скважин. Бо́льшая часть проб глин взята из шахт и буровых скважин на Нелидовском и меньшая на Селищенском и Дорогобужском месторождениях.

Точки отбора проб глин на шахтах Нелидовского и Селижаровского районов показаны на рис. 1, 2 и 8. Часть проб отобрана из вспученной почвы горных выработок, пройденных в 1949 г. (пробы I—VII). Другая часть проб взята из выработок при новом прохождении в 1950 г. (пробы VIII—XXI, XXIV). Пробы XXII и XXIII отобраны из буровых скважин. Места взятия проб из вспученной части почвы при перекреплении горных выработок показаны на рис. 3, 4 и 5. Места взятия проб на новом прохождении показаны на рис. 6, 7, 8 и 9.

Отбор проб производился на различной глубине от почвы угольного пласта в интервале от 0 до 4,8 *м*.

2. Методика отбора проб

Отбор проб в горных выработках представлял значительные трудности, так как производился одновременно с проведением выработок. Во всех случаях взятия проб — в штреках, ходках, водосборниках — монолиты вырубались при помощи отбойных молотков. Несмотря на предосторожность, при вырубке монолитов были случаи, когда монолиты раскалывались по скрытым, ранее невидимым плоскостям трещиноватости.

Монолиты отбирались размером $20 \times 20 \times 20$ *см*, а в некоторых случаях $15 \times 15 \times 15$ *см*. Парафинирование монолитов на месте взятия не могло быть осуществлено. Поэтому для сохранения естественной влажности монолиты отбирались в забое размером $30 \times 30 \times 30$ *см* и сразу же выдавались на поверхность. На поверхности они уменьшались до указанных нормальных размеров, после чего парафинировались и упаковывались в опилки в специально изготовленные ящики. Обработка монолитов, т. е. доведение их до нужных размеров и формы, осуществлялась при помощи обычной поперечной пилы, обеспечивающей сохранение монолитов в ненарушенном состоянии. Из буровых скважин монолиты отбирались при помощи грунтоноса. Парафинирование монолитов производилось на месте работ.

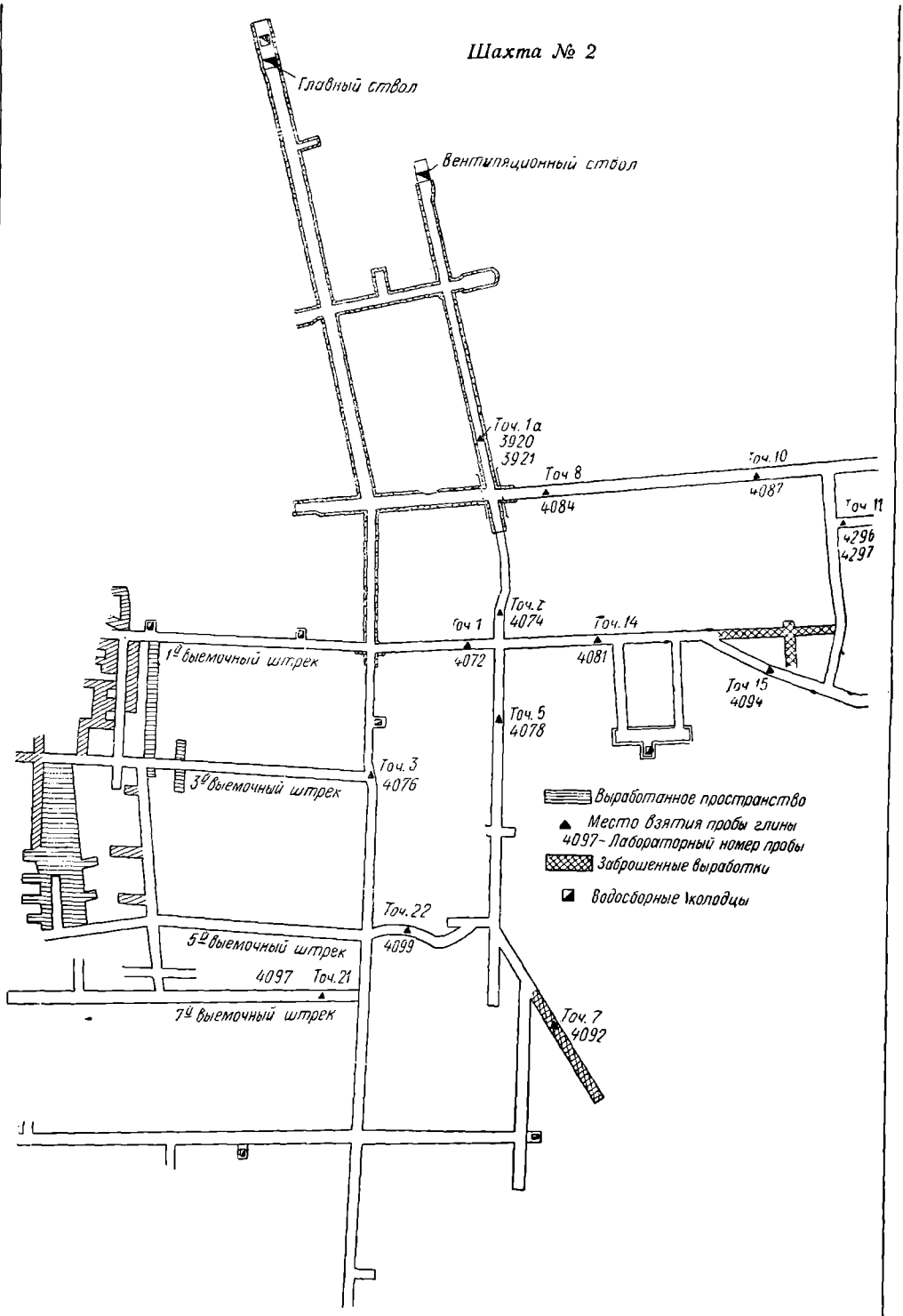


Рис. 1. Места взятия проб глины на шахте № 2

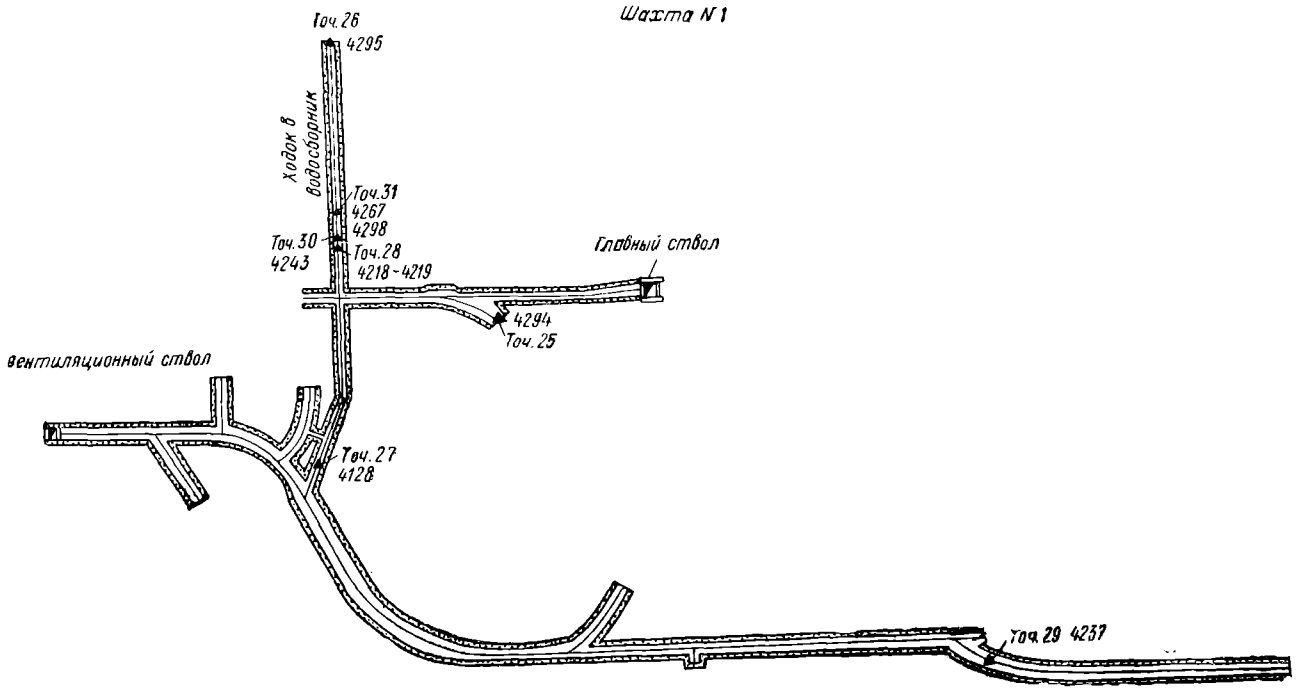


Рис. 2. Места взятия проб глины на шахте № 1

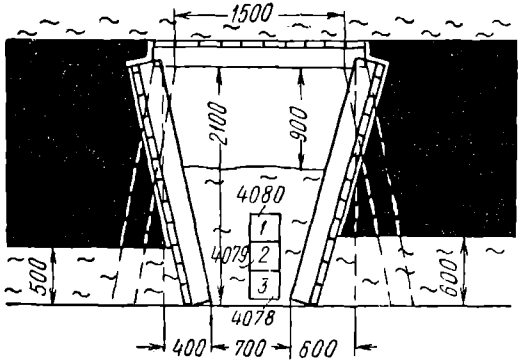


Рис. 3. Место взятия пробы IV. Главный вентиляционный южный штрек, точка 5, шахта № 2

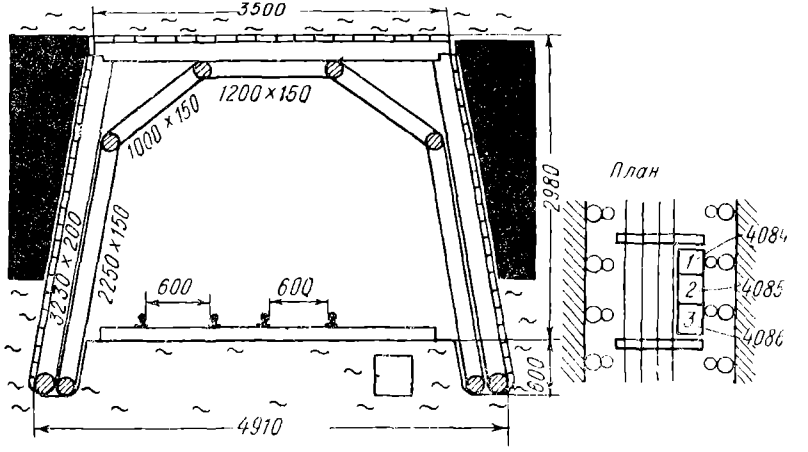


Рис. взятия пробы VI. Главный откаточный восточный штрек, точка 8, шахта № 2

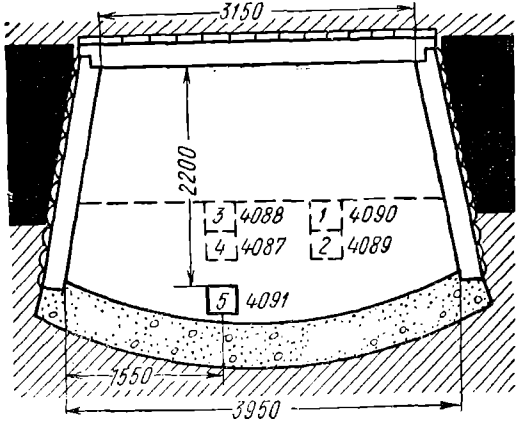


Рис. 5. Место взятия пробы VII. Главный откаточный восточный штрек, точка 10, шахта № 2

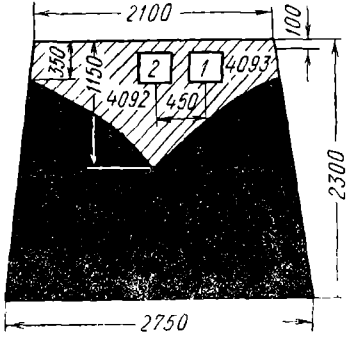


Рис. 6. Место взятия пробы VIII. Главный вентиляционный штрек, точка 7, шахта № 2

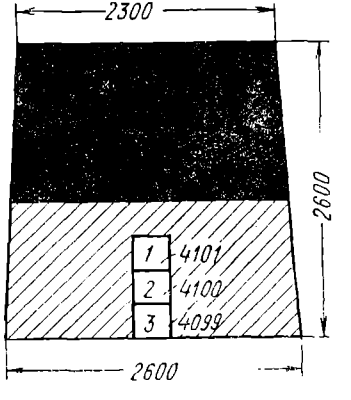


Рис. 7 Место взятия пробы XI. Сбойка № 4, точка 22, шахта № 2

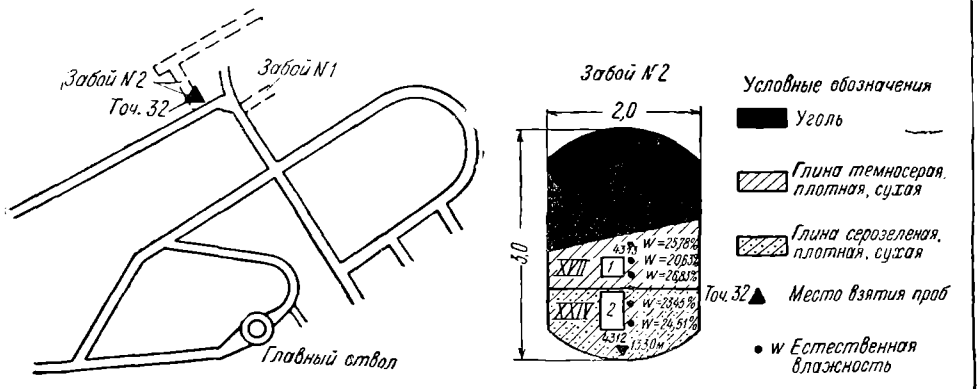


Рис. 8. Место взятия проб XVII и XXIV. Ходок в водосборник, забой № 2, точка 32, шахта № 2 Селищенская

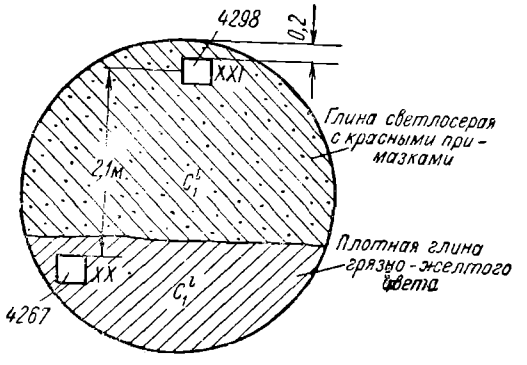


Рис. 9. Место взятия проб XX и XXI. Ходок в водосборник, точка 31, шахта № 1

II. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИН

Минералогический состав подугольных глин Нелидовского, Селижаровского и Дорогобужского районов оказался довольно однообразным. Исследования, проведенные в Ленинградском горном институте, показали, что тонкодисперсная часть глин (частицы $d < 0{,}005$ *мм*) представлена в основной своей массе каолинитом. В грубодисперсной части глин, в песчаных фракциях, преобладает кварц.

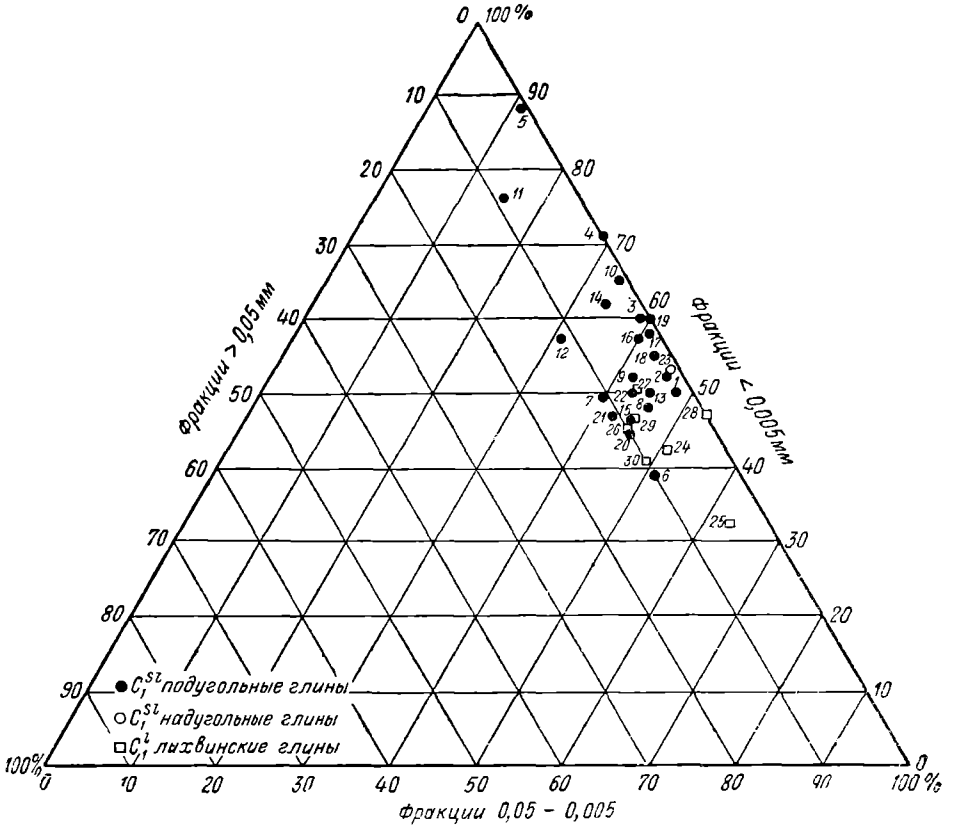


Рис. 10. График гранулометрического состава глин

Номер на графике		2		4		6		8	9	10	11	12	13	14	
Лабораторный номер	3920	3921	4072	4074	4076	4078	4080	4081	4084	4087	4091	4094	4097	4099	4101
Номер пробы	Iа	Iб	I	II	III	IV	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XI

Номер на графике	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Лабораторный номер	4296	4297	4294	4295	4218	4219	4313	4092	4243	4298	4239	4240	4231	4312	4267
Номер пробы	XII	XII	XIII	XIV	XVI	XVI	XVII	VIII	XIX	XXI	XXII	XXII	XXIII	XXIV	XX

Лабораторный номер	Номер пробы	Место взятия пробы: номер точки	Место взятия пробы: глубина взятия пробы, м	Наименование грунта полевое	Возраст	Гранулометрический состав: 1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,002	0,002—0,001	< 0,001
				Подугольная глина								
3920	I *а*/1	1а	43,5	Темносерая	C_1^{Sl}			2	21	27	12	38
	I *а*/2	2	43,5					—	—	—	—	—
	I *а*/3	2	43,5					—	—	—	—	—
3921	I *б*/1	2	45,0			—	Следы	2	17	29	13	39
	I *б*/2	2	45,0				—	—	—	—	—	—
	I *б*/3	2	45,0				—	—	—	—	—	—
4072	I/1	1	41,5				1	12	27	12	11	37
4074	II/2	2	40,3				Следы	7	22	26	13	32
4076	III/2	3	41,0				1	5	6	19	13	56
4077	III/1	3	41,0					—	—	—	—	—
4078	IV/3	5	42,0				Следы	10	27	24	11	28
4079	IV/2	5	42,0			—	—	—	—	—	—	—
4080	IV/1	5	42,0				Следы	11	23	17	9	40
4081	V/3	14	43,4			—	Следы	6	18	28	11	37
4082	V/2	14	43,4					—	—	—	—	—
4083	V/1	14	43,4					—	—	—	—	—
4084	VI/	8	42,6	Светлосерая			Следы	6	16	26	15	37
4085	VI/2	8	42,6			—		—	—	—	—	—
4086	VI/3	8	42,6			—		—	—	—	—	—
4087	VII/4	10	45,0	Темносерая			Следы	1		27	15	50
4088	VII/3	10	45,0			—	—	—	—	—	—	—
4089	VII/2	10	45,0				—	—	—	—	—	—
4090	VII/1	10	45,0					—	—	—	—	—
4091	VII/5	10	45,0				Следы	9	15	31	17	28
4094	IX/2	15	45,1			Следы	1	11	8	23	16	41
4095	IX/1	15	45,1					—	—	—	—	—
4096	IX/3	15	45,1				—	—	—	—	—	—

19,20	2,10	1,76	2,66	33,84	0,511	19,22	1,0	53	21	32
20,90	2,07	1,71		35,71	0,556	20,88	1,0			
19,25	2,10	1,76	—	33,84	0,511	19,22	1,0			
21,15	2,04	1,68	2,65	37,26	0,577	21,79	0,971	51	23	28
19,40	2,09	1,75		33,46	0,514	19,41	1,00	—		
13,35	2,22	1,96		25,47	0,352	26,03	0,513			
17,22	2,12	1,80	2,68	32,80	0,488	18,24	0,944	42	20	22
15,98	2,17	1,87	2,69	30,40	0,438	16,30	0,980	42	22	20
28,33	1,98	1,54	2,67	42,30	0,733	27,48	1,034	68	34	34
26,65	1,95	1,53								
14,88	2,18	1,89	2,69	29,70	0,423	15,24	0,945	40	23	17
15,79	2,16	1,86						46	21	25
21,87	2,07	1,69	2,70	37,40	0,597	22,14	0,987	40	24	16
19,93	2,12	1,76	2,70	34,80	0,534	19,78	1,0	44	27	17
19,11	2,04	1,71						50	28	22
28,42	2,08	1,61		—		—		51	26	25
12,72	2,19	1,94	2,67	27,34	0,376	14,09	0,902	43	23	20
17,44	2,10	1,78						55	24	31
17,03	2,12	1,81						55	24	31
22,33	2,03	1,65	2,67	38,20	0,618	23,15	0,964	54	27	27
22,72	2,01	1,63		—				44	28	16
21,0	2,04	1,68						41	25	16
21,88	2,00	1,64		—		—		41	26	15
20,07	2,11	1,75						48	27	21
20,57	2,02	1,67	2,66	37,20	0,592	22,29	0,897	47	28	19
21,75	2,03	1,66						52	31	21
23,8	2,04	1,64	—	—				51	29	22

Лабораторный номер	Номер пробы	Место взятия пробы: номер точки	Место взятия пробы: глубина взятия пробы, м	Наименование грунта полевое	Возраст	Гранулометрический состав: 1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,002	0,002—0,001	< 0,001
4097	X/2	21	42,2	Серая	C_1^{sl}	Следы	1	4	16	29	17	33
4098	X/	21	42,2					—	—	—	—	—
4099	XI/3	22	42,2	„		1	2	11	9	15	11	51
4100	XI/2	22	42,2				—	—	—	—	—	—
4101	XI/1	22	42,2				Следы	9	17	28	13	33
4296	XII/1,2	11	41,0					3	20	20	16	41
4297	XII/3,4	11	41,0			—	—	1	17	24	17	41
4294	XIII/1	25	41,0			—	—	2	18	25	16	39
4294	XIII/2	25	41,0					—	—	—	—	—
4295	XIV/1	26	41,0					—	22	18	14	46
4295	XIV/2	26	41,0				—	—	—	—	—	—
4218	XV1/1	28	41,0	Светлосерая			—	10	16	29	10	35
4219	XVI/2	28	42,0				—	11	18	24	11	36
4313	XVII/1	32	42,0	Углистая		—		7	20	23	8	42
				Надугольная глина								
4092	VIII/2	7	42,0	Углистая			Следы	1	21	25	14	39
4093	VIII/1	7	42,0					—	—	—	—	—
				Лихвинская глина								
4243	XIX	30	42,0	Светлосерая	C_1^l	Следы	1	6	25	26	10	32
4298	XXI	31	42,0				1	4	34	29	8	24
4239	XXI/2	Артезианская скважина конторы „Шахтоосушение“	62,5—62,3	Зеленая		—	1	9	25	20	23	22
4240	XXII/1		62,3—62,1				2	5	27	16	5	45
4231	XXIII	Скважина 13 Сафоново	80,5—80,8	Светлосерая		—		—	53	22	3	22
4312	XXIV/2	32	86,0	Зеленая		—		9	20	25	7	3
4267	XX	31	44,0	Грязножелтая		—	Следы	10	25	24	13	

Естественная влажность, %	Объемный вес, г/см³	Объемный вес скелета естественного сложения, г/см³	Удельный вес,	Пористость,	Коэффициент пористости	Полная влагоемкость	Коэффициент насыщения	Пределы		
								текучести	пластичности	число пластичности, I_p
25,7	1,99	1,58	2,67	40,80	0,689	25,84	0,977	52	31	21
21,86	2,00	1,64			—		—	51	32	19
25,48	1,90	1,51	2,50	39,60	0,655	26,22	0,971	53	32	21
29,67	2,07	1,64				—	—	56	31	25
21,03	2,04	1,68						49	30	19
18,35	2,12	1,79	2,66	32,70	0,486	18,27	1,0	57	19	38
18,50	2,11	1,78	2,68	33,58	0,506	18,86	0,982	53	20	33
19,9	2,05	1,71	2,68	36,19	0,567	21,16	0,942	54	21	33
14,7	2,19	1,91	2,68	28,73	0,403	15,04	0,980		—	
19,25	2,07	1,74	2,67	34,83	0,534	20,01	0,960	56	22	34
14,4	2,20	1,92	2,66	27,82	0,385	14,49	0,995			
13,20	2,16	1,90	2,67	28,80	0,405		0,868	32	18	14
15,51	2,15	1,86	2,68	30,5	0,440		0,942	40	21	19
22,10	2,13	1,75	2,84	38,55	0,687	22,20	0,995			
20,92	2,07	1,71	2,68	36,10	0,567	21,16	0,988	45	26	19
20,82	2,02	1,67		—				40	27	13
13,64	2,19	1,92	2,74	30,00	0,427		0,860	38	21	17
8,33	2,21	2,04	2,65	23,00	0,299		0,728	30	18	12
31,22	1,94	1,47	2,83	48,00	0,925		0,981	58	37	21
33,13	1,94	1,47	2,81	49,40	0,978		0,940	55	35	20
15,50	2,27	1,97	2,84	30,63	0,442	15,55	0,998	24	14	10
21,40	2,08	1,71	2,81	39,00	0,639	22,90	0,934	67	33	34
—	—	—		—	—			66	26	40

Из данных табл. 1 и графика гранулометрического состава глин (рис. 10) видно, что основная масса подугольных глин указанных районов относится к разности легких пластичных глин с содержанием фракций менее 0,005 *мм* от 30 до 60%. Вместе с тем имеются тяжелые глины, содержащие фракции менее 0,005 *мм* свыше 60%. Песчанистых глин нет.

Естественная влажность глин в подавляющем большинстве монолитов ниже предела пластичности (критической влажности) и показатель консистенции (см. НиТУ 6—48) меньше нуля, т. е. глины в массиве находятся в твердом состоянии.

Однако, несмотря на твердое состояние, глины под влиянием горного давления испытывают ярко выраженные деформации, проявляющиеся в пучении их в почве и боках горных выработок. Результатом этих деформаций является разрушение крепи горных выработок в сравнительно короткие сроки. Это противоречие объясняется, как отмечает Н. М. Герсеванов [1], очевидно тем, что предел пластичности для грунта с нарушенной структурой резко отличается от предела пластичности грунта с ненарушенной структурой. Предел пластичности, определяемый раскатыванием грунта нарушенной структуры, получается выше действительного предела пластичности глины с ненарушенной структурой. Поэтому глины пластичные в естественном залегании по лабораторным данным часто относятся к твердым. Для получения действительных значений предела пластичности с целью установления консистенции глин в массиве необходимо, повидимому, определять величину максимальной молекулярной влагоемкости (критической влажности) на монолитах с ненарушенной структурой.

III. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГЛИН НА РАЗРЫВ

Основной особенностью методики испытаний является экспериментирование с глинами ненарушенной структуры. Выполнить это требование можно только при весьма осторожном и тщательном изготовлении образцов для испытаний. Первым вопросом, который возникает при этом, является вопрос о выборе наиболее рациональной формы образца. Форма образца должна быть самой простой в отношении конфигурации образца и технологии его изготовления. Она должна обеспечить равномерное распределение напряжений в опасном сечении при растяжении образца и отсутствие возможности изгиба или сдвига, что осуществимо при автоматической центрировке точек приложения растягивающих сил и расположении их на оси испытуемого образца.

Среди форм образцов для испытания на разрыв известны восьмерки для прибора Михаэлиса (рис. 11, *а*) и универсального прибора Румянцевой (рис. 11, *б*). Они удовлетворяли всем перечисленным требованиям, но изготовление их оказалось сложным. Восьмерки для прибора Михаэлиса предназначены для испытания цемента на разрыв и изготовляются из литого цемента. Если изготовление таких образцов из цемента не представляло трудности, то изготовление их из глины с ненарушенной структурой оказалось сложным и требовало ручной работы.

Для прибора Румянцевой восьмерка вырезалась специальным шаблоном-ножом с последующим выдавливанием образца в форму при помощи штампа. Однако недостаточная жесткость шаблона-ножа приводила к тому, что он даже при ручном задавливании в глину раздавался. В силу этого вырезанный образец отличался от размеров более жесткой формы примерно на 1,5 *мм*. Это несовпадение размеров образца и формы приводило к тому, что при передавливании образца

из шаблона в форму образец лопался. Вырезание образца при помощи шаблона является весьма трудоемкой ручной работой, требующей значительного времени на изготовление каждого образца. Попытка механизировать изготовление образцов путем применения пресса для задавливания шаблона-ножа не увенчалась успехом даже для весьма влажных и пластичных глин. Образцы лопались в процессе изготовления.

Учитывая недостатки рассмотренных форм, а также массовость изготовления образцов, мы избрали форму в размер образца, показанные на рис. 11, *в*. Благодаря обработке образцов на токарном станке пред-

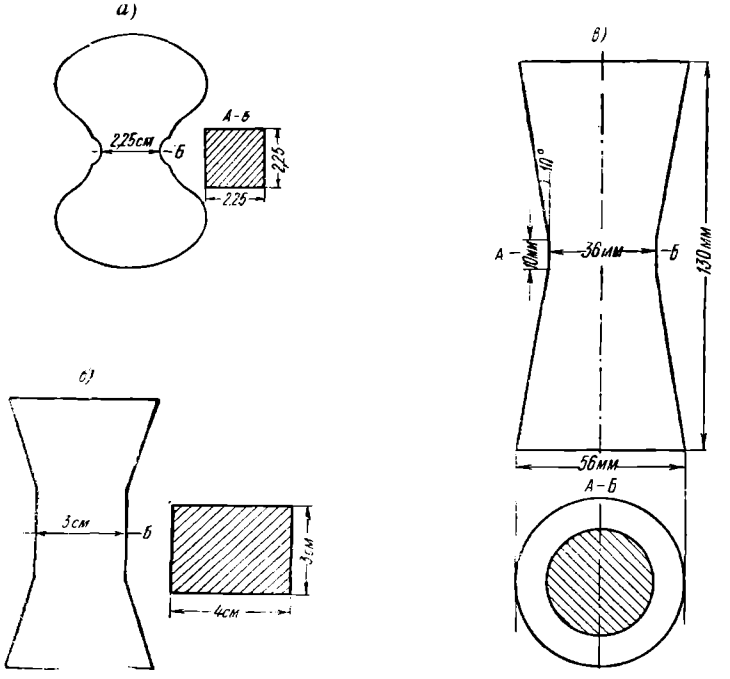


Рис. 11. Формы образцов для испытания на разрыв:
а — восьмерка для прибора Михаэлиса; *б* — восьмерка для прибора Румянцевой; *в* — форма образца, принятая автором

ставилось возможным получить однообразные их размеры и правильную форму.

Изготовление образцов производилось следующим образом. Монолит распиливался поперечной пилой на бруски с квадратным поперечным сечением 6,5 × 6,5 *см*. Затем брускам ножом придавалась цилиндрическая форма. Дальнейшая обработка проводилась на токарном станке при небольшом числе оборотов шпинделя. Один конец образца при помощи упругого разрезного кольца зажимался в кулачки, другой поддерживался центром, упертым в металлическую пластинку с шипами, установленную на торце образца. При этом образец не испытывал осевого давления и не сжимался.

Изменение формы образца не позволило использовать ранее упоминавшиеся приборы Михаэлиса и Румянцевой. Поэтому разрыв первых образцов производился путем непосредственного загружения образца, удерживаемого специальными подвесками для захвата. Однако первые же опыты показали, что образец, имеющий в опасном сечении (шейке) площадь поперечного сечения 10 $см^2$, требует грузов значительной величины. Это делало трудоемким каждый опыт и не давало достаточной

точности из-за трудности регулирования величины нагрузки. Поэтому для разрыва образцов Б. П. Остроумовым и автором был изготовлен и применен простой рычажный прибор (рис. 12). Соотношение плеч рычага 9 : 1. Вся система — рычаг, подвески, образец — уравновешивалась подвижным грузом, помещенным на малом плече рычага. Точность определения значений временного сопротивления разрыву не превышает 0,01 *кг/см*^{2}.

Для захвата образцов при разрыве применялись специальные кольца с подвижными подвесками и резиновыми прокладками (рис. 13). Подвижные подвески обеспечивали достаточно точную центрировку

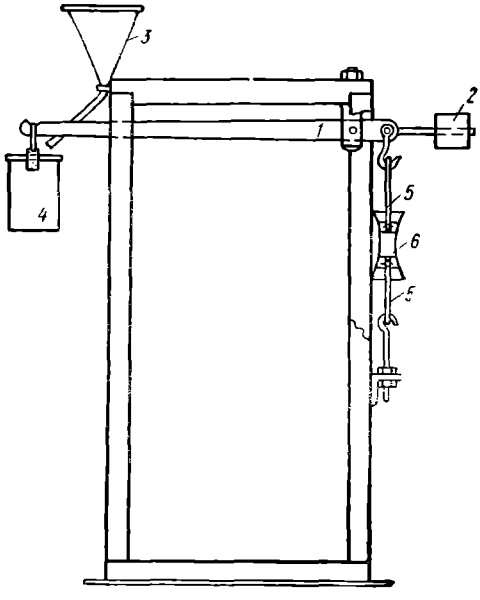


Рис. 12. Прибор для испытания глин ненарушенной структуры на разрыв:
1 — рычаг; *2* — подвижной груз для уравновешивания системы; *3* — воронка для дроби; *4* — ведро для дроби на рычаге; *5* — подвески; *6* — испытуемый образец

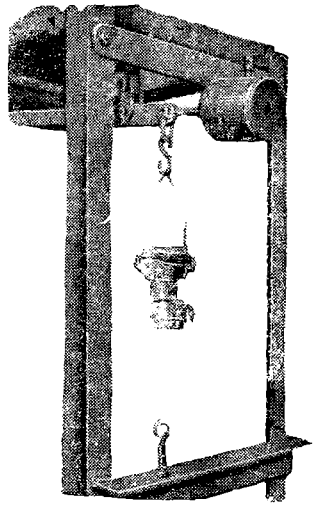


Рис. 13. Кольца с подвижными подвесками для укрепления образцов при разрыве

образцов, а резиновые прокладки — равномерное обжатие их при нагружении.

Образцы испытывались сразу после изготовления. После разрыва образца определялась влажность глины в момент разрыва *W*

Нагрузка на рычаг осуществлялась при помощи мелкой чугунной дроби, равномерно поступавшей в сосуд, подвешенный на большом плече рычага. Это позволяло более точно фиксировать критическую нагрузку, при которой происходил разрыв образца глины, чем при непосредственном загружении образца. Загружение образца при испытании на рычажном приборе продолжалось обычно не более 10 мин.

Величина временного сопротивления глин разрыву определялась для двух случаев. В первом случае образцы вырезались таким образом, что разрывающие усилия были направлены параллельно слоистости глин, и разрыв осуществлялся по плоскости, секущей слоистость.

Во втором случае разрывающие усилия направлялись перпендикулярно слоистости глин, и разрыв осуществлялся по плоскостям, параллельным слоистости глин.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГЛИН НА РАЗРЫВ

1. Общие замечания

Глины относятся к рыхлым горным породам. В отличие от массивных горных пород они являются телами пористыми, состоящими из отдельных твердых частиц, связанных между собой. В силу своей связности глины способны оказывать сопротивление внешнему воздействию и в частности растягивающим усилиям.

Прочность глин определяется не прочностью слагающих их частиц, а прочностью связей между этими частицами. Прочность связи между частицами меньше прочности материала самих частиц, и разрушение глин не есть разрушение самих частиц, а лишь только связей между ними [2], [3].

По современным исследованиям советских ученых природа связности глин является весьма сложной. Она обусловлена электромолекулярными силами притяжения глинистых и коллоидальных частиц. В результате действия этих сил глинистые частицы окружены водно-коллоидальными пленками, которые и связывают их между собой. С возрастанием дисперсности глинистых частиц электро-молекулярные силы возрастают и прочность глин увеличивается [2], [3], [4]. С увеличением же количества воды в глинах их прочность уменьшается.

Таким образом, можно считать, что прочность глин с практической точки зрения определяется в основном их влажностью и гранулометрическим составом.

Как известно, для глин с нарушенной структурой установлено, что с увеличением влажности W временное сопротивление глин разрыву $\sigma_р$ уменьшается. При влажности ниже предела пластичности (критическая влажность) глина находится в твердом состоянии. Критическая влажность количественно считается равной максимальной молекулярной влагоемкости $W_м$ [4]. При влажности $W > W_м$ глина из твердого состояния переходит в пластичное и прочность ее уменьшается.

При возрастании влажности до нижнего предела текучести глина переходит в текучее состояние. Прочность ее на разрыв приближается к нулю. В таком состоянии она не может служить защитной толщей для горных выработок. Поэтому практический интерес представляют только глины в твердом и пластичном состояниях.

Опыты Цимбаревича и Мальцева показали, что зависимость $\sigma_р = f(W)$ сохраняется и для глин с ненарушенной структурой. Увеличение влажности глины понижало величину временного сопротивления разрыву, а повышенное содержание частиц $d < 0{,}01$ *мм* увеличивало его. Между тем, число опытов, проделанных указанными исследователями, исчислялось единицами. Поэтому полученные результаты, подтверждающие существование зависимости $\sigma_р = f(W)$, имели скорее принципиальное, чем практическое значение.

Учитывая эти обстоятельства, нами была проведена работа по установлению характера зависимости $\sigma_р = f(W)$ для глин с ненарушенной структурой с целью определения возможных расчетных значений величин временного сопротивления на разрыв.

Определение величины временного сопротивления глины разрыву производилось по формуле

$$\sigma_р = \frac{P_р}{F_н}, \qquad (1)$$

где $\sigma_р$ — временное сопротивление разрыву, *кг/см²*;

$P_р$ — разрывающее усилие, *кг*;

$F_н$ — площадь поперечного сечения образца в шейке, *см²*.

Формула (1) дает завышенное значение величины временного сопротивления разрыву. Это объясняется установившимся в практике расчета

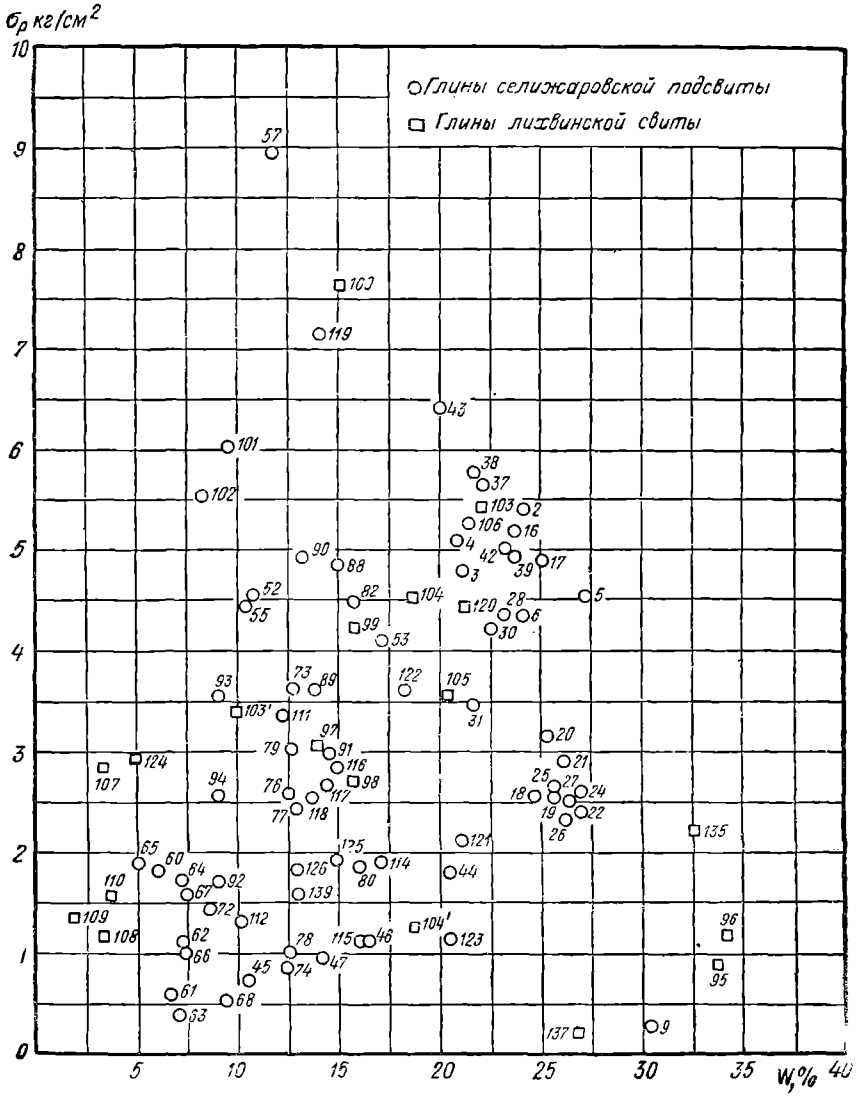


Рис. 14. Размещение точек значений временного сопротивления разрыву $\sigma_р$ в зависимости от влажности W при направлении разрывающих усилий параллельно слоистости

$\sigma_р$ отнесением разрывающего усилия $P_р$ не к действительной площади разрыва, а к условной площади первоначального нормального сечения образца в шейке $F_н$. При выборе расчетного значения величины временного сопротивления разрыву нужно ориентироваться на истинные значения его, более точно отражающие явление разрыва.

Обозначим истинное значение величины временного сопротивления разрыву через $\sigma_р'$. Оно может быть получено из выражения

$$\sigma_р' = \frac{P_р}{F_р'}, \qquad (2)$$

где $F_р'$ — площадь фактической поверхности разрыва, $см^2$

Истинная величина временного сопротивления разрыву $\sigma_р$ всегда будет отличаться от $\sigma_р$, полученной из выражения (1). В большинстве случаев $\sigma_р'$ будет меньше $\sigma_р$ так как площадь фактической поверхности разрыва $F_р'$ почти всегда превышает площадь нормального сечения образца в шейке $F_н$. Однако фактическая поверхность разрыва $F_р'$ может оказаться и меньше $F_н$, например при сильном растяжении образца во время испытания и уменьшении диаметра его шейки (табл. 2, опыт 21).

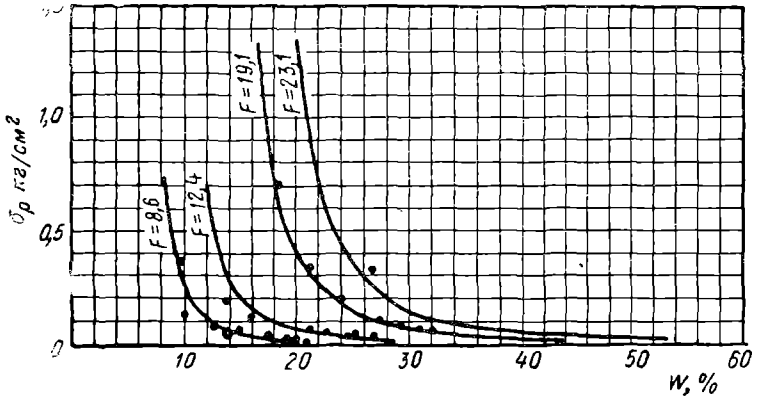


Рис. 15. Размещение точек значений временного сопротивления разрыву $\sigma_р$ в зависимости от влажности W для глин с нарушенной структурой (по Цыплакову):
F ло пластичности

2. Данные опытов и их анализ

Как указывалось ранее, глины селижаровской подсвиты и залегающие ниже глины лихвинской свиты по гранулометрическому составу относятся к одной и той же группе легких пластичных глин. Имея в виду это обстоятельство, полагаем, что результаты испытаний на разрыв можно дать общими, без учета возраста глин, приняв во внимание только направление разрывающих усилий по отношению к слоистости. В табл. 2 и на рис. 14 представлены результаты 94 опытов по определению временного сопротивления глин разрыву $\sigma_р$ в зависимости от влажности, 75 опытов на глины C_1^{sl} и 19 на глины C_1^{l}. Разрывающие усилия в проведенных опытах были направлены параллельно слоистости.

Несмотря на однородность гранулометрического состава подугольных глин, точки значений временного сопротивления на разрыв, как видно из рис. 14, сильно разбросаны. Зависимость $\sigma_р = f(W)$ выражена нечетко. Разброс точек указывает, что величина временного сопротивления на разрыв определяется не только влажностью и гранулометрическим составом, но и какими-то другими, неучтенными факторами. Сравнение размещения точек значений $\sigma_р$ для глин с ненарушенной (рис. 14) и с нарушенной структурой (рис. 15) показывает, что один из неучтенных

Таблица 2

Результаты испытаний глин с ненарушенной структурой на разрыв при направлении разрывающих усилий параллельно слоистости

Номер пробы и образца	Лабораторный номер	Номер опыта	Влажность при разрыве, %	Разрывающее усилие, *кг*	Площадь сечения в шейке, *см²*	Относительное временное сопротивление разрыву, *кг/см²*	Фактическая площадь поверхности разрыва, *см²*	Истинное сопротивление разрыву, *кг/см²*	Характеристика поверхности разрыва		
									по целику	по трещине	смешанная
I/1	4072	52	10,63	45,58	10	4,56	12,2	3,74	+		
		53	17,10	40,92	10	4,09	19,0	2,15	+		
		55	10,50	44,77	10	4,47	14,0	3,20			+
		57	11,68	89,64	10	8,96	15,6	5,74	+		
III/2	4076	2	24,12	108,30	20	5,40	27,6	3,92	+		+
		3	21,28	47,96	10	4,79	11,4	4,21	+	+	
		4	20,87	51,02	10	5,10	22,7	2,24	+		+
		5	27,26	45,64	10	4,56	14,8	3,08			+
		6	24,08	43,44	10	4,34	15,1	2,87	+		
		9	30,50	2,90	10	0,29	11,7	0,25	+		
		16	23,67	51,80	10	5,18	13,0	4,98	+		
		17	25,10	48,91	10	4,89	12,7	3,84	+		
III/1	4077	18	24,72	25,65	10	2,56	23,2	1,10	+		+
		19	25,74	25,65	10	2,56	13,9	1,84	+		
		20	25,42	31,45	10	3,14	11,6	2,71	+		
		21	26,21	29,07	10	2,90	9,80	2,96	+	+	
		22	27,00	23,90	10	2,39	21,5	1,11			+
		24	27,04	25,96	10	2,59	17,2	1,51	+		+
		25	25,68	25,90	10	2,59	14,0	1,85	+		+
		26	26,23	23,35	10	2,33	14,5	1,61		+	+
		27	26,54	25,20	10	2,52	18,0	1,40		+	+
IV/3	4078	60	6,14	18,23	10	1,82	13,4	1,36		+	+
		61	6,72	5,85	10	0,58	13,6	0,43		+	+
		62	7,25	11,10	10	1,11	14,2	0,78		+	+
		63	7,09	3,98	10	0,39	16,1	0,25			+
		64	7,33	17,29	10	1,73	15,2	1,14	+	+	+
		65	5,08	18,90	10	1,89	15,7	1,20	+	+	+
		66	7,37	10,35	10	1,03	11,3	0,92	+	+	+
IV/1	4080	101	9,35	60,43	10	6,04	13,3	4,54	+	+	+
		102	8,25	55,44	10	5,54	12,2	4,55	+	+	+
		111	12,19	33,75	10	3,37	20,6	1,64			+
		112	10,22	13,30	10	1,33	19,3	0,69			+
V/2	4082	73	12,73	36,24	10	3,62	13,5	2,67		+	+
		74	12,47	8,48	10	0,84	17,9	0,5		+	+
		76	12,58	25,92	10	2,59	16,3	1,59		+	+
		77	12,95	24,39	10	2,43	21,4	1,14	+	+	+
		78	12,69	9,90	10	0,99	15,9	0,62		+	+
		79	12,74	30,42	10	3,04	16,4	1,85		+	+
VI/1	4084	67	7,56	15,82	10	1,58	20,7	0,76	+	+	+
		68	9,54	5,35	10	0,53	18,3	0,29	+	+	+
		72	8,60	14,31	10	1,43	17,1	0,84	+		
VII/4	4087	28	23,30	43,65	10	4,36	13,4	3,26	+		+
		30	22,60	42,07	10	4,20	10,7	3,92	+		+
		31	21,66	34,70	10	3,47	12,6	6,76	+		+
VIII/2	4092	44	20,41	18,04	10	1,80	24,8	0,72	+	+	
		45	10,50	7,20	10	0,72	15,5	0,46	+	+	
		46	16,41	11,25	10	1,12	21,1	0,78	+	+	+
		47	14,17	9,61	10	0,96	15,9	0,60	+		+
IX/1	4095	37	22,28	56,70	10	5,67	11,0	5,16	+		
		38	21,80	57,50	10	5,75	14,0	4,10	+	+	
		39	23,74	49,18	10	4,92	15,9	3,10	+	+	+
		42	23,20	50,31	10	5,03	12,6	4,00	+		+
		43	20,05	64,08	10	6,40	13,7	4,68			+

Продолжение

Номер пробы и образца	Лабораторный номер	Номер опыта	Влажность при разрыве, %	Разрывающее усилие, кг	Площадь сечения в шейке, см²	Относительное временное сопротивление разрыву, кг/см²	Фактическая площадь поверхности разрыва, см²	Истинное сопротивление разрыву, кг/см²	Характеристика поверхности разрыва		
									по целику	по трещине	смешанная
X/1	4098	88	15,00	48,20	10	4,82	21,5	2,25	—		+
		89	13,72	36,09	10	3,61	19,5	1,85	—		+
		90	13,24	49,23	10	4,92	16,2	3,04	+	—	—
		91	14,57	30,42	10	3,04	15,3	1,98	—		+
		92	9,00	17,10	10	1,71	20,3	0,84			+
		93	9,00	36,00	10	3,60	15,8	2,28			+
		94	9,10	26,00	10	2,60	12,2	2,13			+
XI/3	4099	80	15,97	18,45	10	1,84	23,3	0,79	—		+
		82	15,63	44,95	10	4,49	13,8	3,26	+		—
XII/1,2	4296	117	14,40	26,46	10	2,64	15,4	1,72	—	—	+
		118	13,82	25,20	10	2,52	23,0	1,10		+	—
		119	14,17	71,55	10	7,15	17,7	4,05			+
XII|3,4	4297	114	17,00	18,81	10	1,88	26,3	0,72	—	+	—
		115	16,29	11,34	10	1,13	21,4	0,53	—	+	—
		116	14,91	28,35	10	2,83	20,6	1,38		—	+
XIV/1,2	4295	125	14,90	19,20	10	1,92	15,4	1,24		+	—
		126	13,00	18,20	10	1,82	15,9	1,14		—	+
		139	13,00	15,90	10	1,59	16,9	0,94	—		+
XVII/1	4313	106	21,48	52,69	10	5,26	31,1	1,69	+	—	—
		121	21,12	21,24	10	2,12	27,4	0,78	—	+	—
		122	18,28	36,18	10	3,61	21,9	1,65	—	—	+
		123	20,46	11,60	10	1,16	11,6	1,00	+	—	—
XX/1	4267	97	14,00	30,73	10	3,07	21,9	1,40	—	+	—
		98	15,80	27,22	10	2,72	26,9	1,01		—	+
		99	15,60	42,16	10	4,21	30,8	1,37	—	+	—
		100	15,15	76,23	10	7,62	11,7	6,51	+	—	
		137	26,90	2,70	11,9	0,23	18,0	0,15	+		—
XXI/1	4298	107	3,36	28,62	10	2,86	13,3	2,15	—		+
		108	3,39	11,63	10	1,16	11,6	1,00		—	+
		109	2,00	13,56	10	1,35	18,1	0,76		+	—
		110	3,70	16,11	10	1,61	12,2	1,32	—	—	+
XXII/1	4239	95	33,73	17,41	20	0,87	20,6	0,85	+	—	—
		96	34,30	23,71	20	1,18	19,7	1,20	+		
XXII/2	4240	135	32,65	22,32	10	2,23	11,2	1,99	+		—
XXIII/1	4231	124	5,10	29,16	10	2,91	21,3	1,37	—		+
XXIV/2	4312	103	22,15	54,36	10	5,43	18,4	2,96	+		—
		103′	10,00	33,93	10	3,39	12,9	2,64	+		
		104	18,80	45,22	10	4,52	11,8	3,84	+	—	—
		104′	18,80	12,78	10	1,27	20,0	0,65	—	+	—
		105	20,56	35,44	10	3,54	22,8	1,55		—	+
		120	21,30	44,37	10	4,43	12,9	3,44			+

факторов, вызывающий разброс точек, действует только при испытании глин с ненарушенной структурой. Следовательно, этот фактор обусловлен не только их гранулометрическим и вещественным составом, а и геологическими условиями формирования глин. Таким фактором, по нашему мнению, является трещиноватость глин в массиве (рис. 16).

Таким образом, при определении величины временного сопротивления глин на разрыв наряду с влажностью необходимо учитывать трещиноватость глин.

При отборе монолитов, изготовлении образцов и испытании их на разрыв установлено, что глины в массиве разбиты системами взаимно

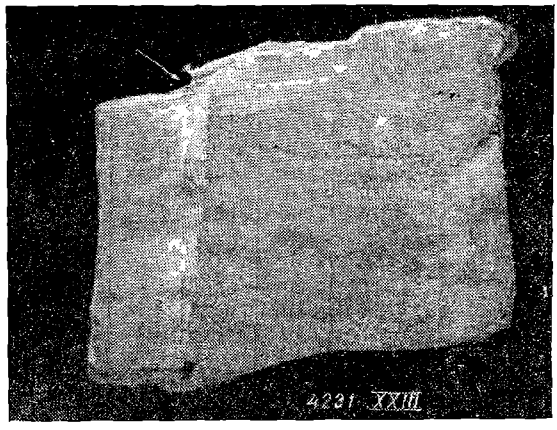


Рис. 16. Трещиноватость глин лихвинской свиты в массиве. Дорогобужский район, пос. Сафоново. Глубина 80,5 *м*, лабораторный № 4231



Рис. 17. Шрамовый характер поверхности трещин в лихвинских глинах. Шахта № 1, лабораторный № 4267

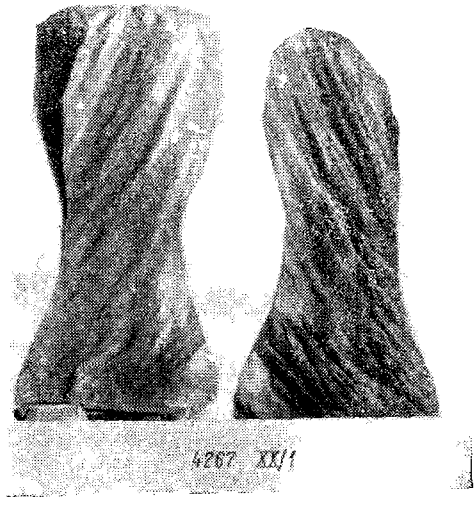


Рис. 18. Шрамовый характер поверхности трещин в лихвинских глинах. Шахта № 1, лабораторный № 4267

пересекающихся трещин, наклоненных к направлению слоистости под углами, близкими к 40—50° Поверхность трещин различна. В одних случаях она имеет вид шрамовых поверхностей ясно выраженными бороздами (рис. 17, 18), в других она совершенно гладкая (рис. 19). Однако, независимо от характера поверхности трещин, они являются наиболее слабыми местами, по которым происходит разрыв образца.

Влияние каждого из факторов влажности и трещиноватости можно учесть, если принять во внимание характер поверхности разрыва образца. Проделанные нами опыты показали, что поверхности разрыва различны по своему характеру и могут быть подразделены на три группы: 1) поверхность разрыва по целику; 2) поверхность разрыва по трещинам; 3) поверхность разрыва смешанная — частично по трещине, частично по целику.

Характер поверхностей разрыва образцов показан на рис. 20—35. При разрыве по целику наиболее часто образуется зубчатая или неровная, бугристая поверхность (рис. 20—24). Бугристая поверхность разрыва наблюдается у плотных зеленых лихвинских глин (рис. 24). Характер поверхностей при разрыве по трещинам показан на рис. 25.

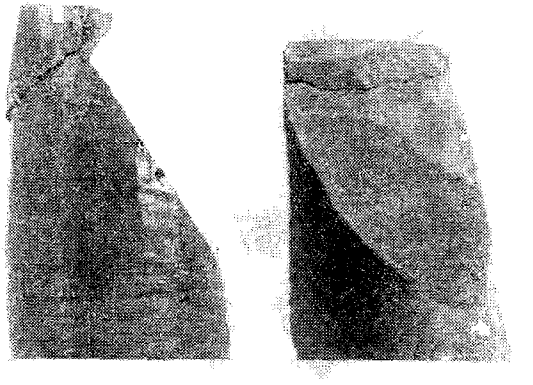


Рис. 19. Гладкая поверхность трещин в лихвинских глинах. Шахта № 1, лабораторный № 4267

Нужно заметить, что в большинстве опытов разрыв образцов происходил по смешанной поверхности. Так, из 94 опытов разрыв по целику произошел в 35, разрыв по трещинам — в 19, разрыв по смешанной поверхности — частично по трещине, частично по целику — в 40. Эти цифры показывают, что при ненарушенной структуре глин величина их временного сопротивления разрыву в 59 из 94 опытов, т. е. более чем на 60%, определяется трещиноватостью. Характер поверхностей при разрыве по смешанной поверхности паказан на рис. 26, 27. Из приведенных рисунков видно, что соотношение площадей разрыва по трещине и по целику изменяется в широких пределах. Этим именно и объясняется разброс точек значений σ_t, показанных на рис. 14.

Выделение образцов, разорвавшихся по целику (рис. 28, табл. 2), дает возможность установить зависимость $\sigma_p = f(W)$ в явном виде. Точки значений σ_p располагаются более закономерно и позволяют провести кривую *I* (рис. 28), показывающую изменение относительной величины временного сопротивления глин с ненарушенной структурой σ_p в зависимости от влажности.

Выделение образцов, разорвавшихся по трещинам, также показывает их закономерное расположение. Эта новая зависимость состоит в том, что величина временного сопротивления σ_p при разрыве по трещинам определяется влажностью глины и может быть выражена кривой *II* (рис. 28), как функция от влажности

$$\sigma_p = f_1(W).$$

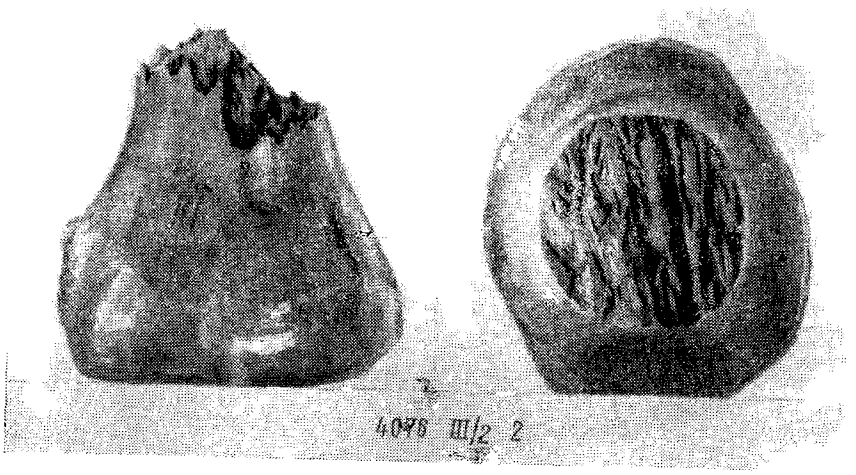


Рис. 20. Разрыв по целику. Зубчатый характер поверхности разрыва. Темносерая подугольная глина селижаровской подсвиты. Опыт 2. Шахта № 2, лабораторный № 4076



Рис. 21. Разрыв по целику. Зубчатый характер поверхности разрыва. Темносерая подугольная глина селижаровской подсвиты. Опыт 20. Шахта № 2, лабораторный № 4077. Видны деформации образца, предшествовавшие разрыву

Кривые *I* и *II* противоположны по своей направленности, хотя и являются функцией одного и того же аргумента — влажности.

Кривая *I* показывает, что с увеличением влажности силы сцепления между частицами глины уменьшаются и относительная величина временного сопротивления разрыву по целику резко падает в сравнительно узком интервале влажностей.

Кривая *II* показывает, что с увеличением влажности глины относительная величина временного сопротивления разрыву по трещинам возрастает. Это объясняется увеличением сил сцепления на поверхностях трещин.

Для проверки правильности этого положения нами был проделан опыт по сращиванию лопнувших образцов. Образец пестрой лихвинской глины лопнул вдоль оси по волнистой поверхности (см. рис. 18) Части образца утратили всякую связь между собой. Для сращивания обе части образца были погружены в воду и соединены в воде. Затем образец был завернут в фильтровальную бумагу и положен во влажный песок. В момент начала опыта образец имел естественную влажность W_e 14%. Через 14 дней образец был извлечен и испытан на разрыв (табл. 2, опыт 137). Его влажность возросла до 27%, а диаметр увеличился с 36 до 39 *мм*.



Рис. 22. Разрыв по целику. Характер поверхности разрыва углистой надугольной глины селижаровской подсвиты. Опыт 44. Шахта № 2, лабораторный № 4092

При естественной влажности, перед началом опыта трещина была слабо заметна. После пребывания образца во влажном песке при осмотре боковой поверхности его нельзя было обнаружить трещины. Только на торце сохранился весьма нечеткий ее след. Попытка сдвинуть сросшиеся части оказалась безрезультатной, они срослись достаточно прочно. При разрыве образца имевшаяся ранее трещина не оказала никакого влияния. Разрыв произошел по целику (рис. 29).

Другим характерным примером, подтверждающим возрастание сил сцепления на поверхности трещин с увеличением влажности глины, является опыт 29 с темносерой селижаровской глиной (табл. 4, 4087, VII/4). Ее максимальная влажность разбухания равна 27%. Предел пластичности $W_p = 27\%$. Влажность образца при испытании на разрыв составляла 23,6%. Разрыв произошел по трещине. Однако поверхность разрыва была не гладкой, а пенистой (рис. 30).

Приведенные единичные данные показывают, что возрастание влажности, с одной стороны, вызывает уменьшение прочности глины в целике, а с другой, увеличивает прочность глин в массиве, снижая или уничтожая влияние волосной трещиноватости. Вместе с тем, кривая нарастания сил сцепления на поверхностях трещин не может расти беспредельно с увеличением влажности. Очевидно, при некоторой влажности волосные трещины «срастаются» и исчезают. За этим пределом массив глины становится однородным, нетрещиноватым, и величина временного сопротивления как в целике, так и в ранее нарушенных плоскостях выравнивается и изменяется с одинаковой интенсивностью при дальнейшем возрастании влажности.

Как видно из рис. 28, кривые *I* и *II* пересекаются. Обозначим точку пересечения кривых буквой *a* и соответствующую ей влажность через



Рис. 23. Разры грязножелтой Характер поверхности разры глины. Опыт 100. Шахта № 1, торный № 4267

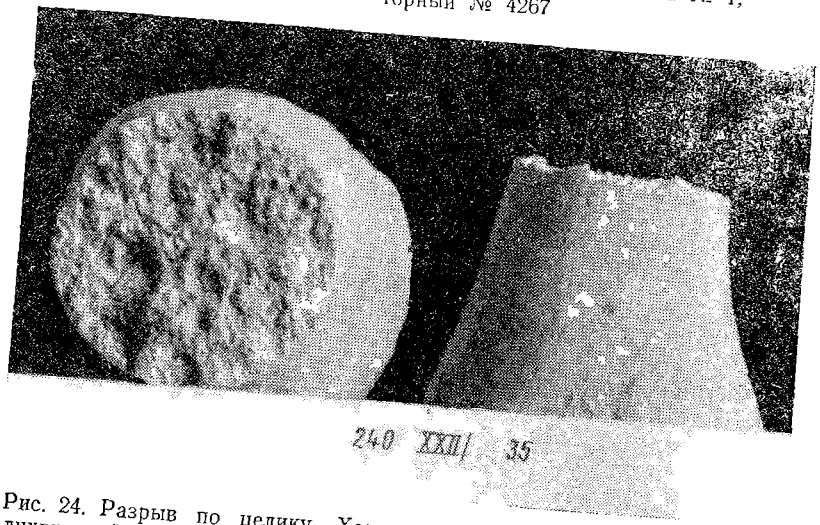


Рис. 24. Разрыв по целику. Характер поверхности разрыва зеленой лихвинской глины. Опыт 135. Буровая скважина конторы «Шахтоосушение», лабораторный № 4240



Рис. 25. Разрыв по трещинам. Характер поверхности разрыва темносерых подугольных глин селижаровской подсвиты. Опыт 115. Шахта № 2, лабораторный № 4297

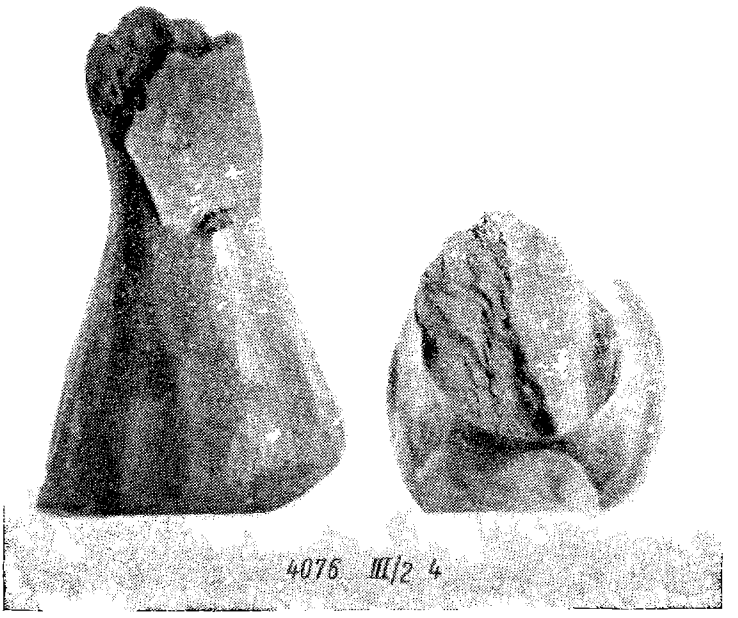


Рис. 26. Разрыв по смешанной поверхности. Характер поверхности разрыва темносерых подугольных глин селижаровской подсвиты. Опыт 4. Шахта № 2, лабораторный № 4076



Рис. 27. Разрыв по смешанной поверхности. Характер поверхности разрыва темносерых подугольных глин селижаровской подсвиты. Опыт 126. Шахта № 1, лабораторный № 4295

W_a. Для практических расчетов желательно иметь возможно большее значение $\sigma_р$. В интервале естественных влажностей от $W_е = 0$ до $W_е = W_a$ эти наибольшие значения могут быть получены по кривой *I*. Но это допустимо только для глин, не разбитых трещинами. В большинстве случаев массив глины ослаблен трещинами. Поэтому значения временного сопротивления разрыву нельзя брать по кривой *I*. Они будут

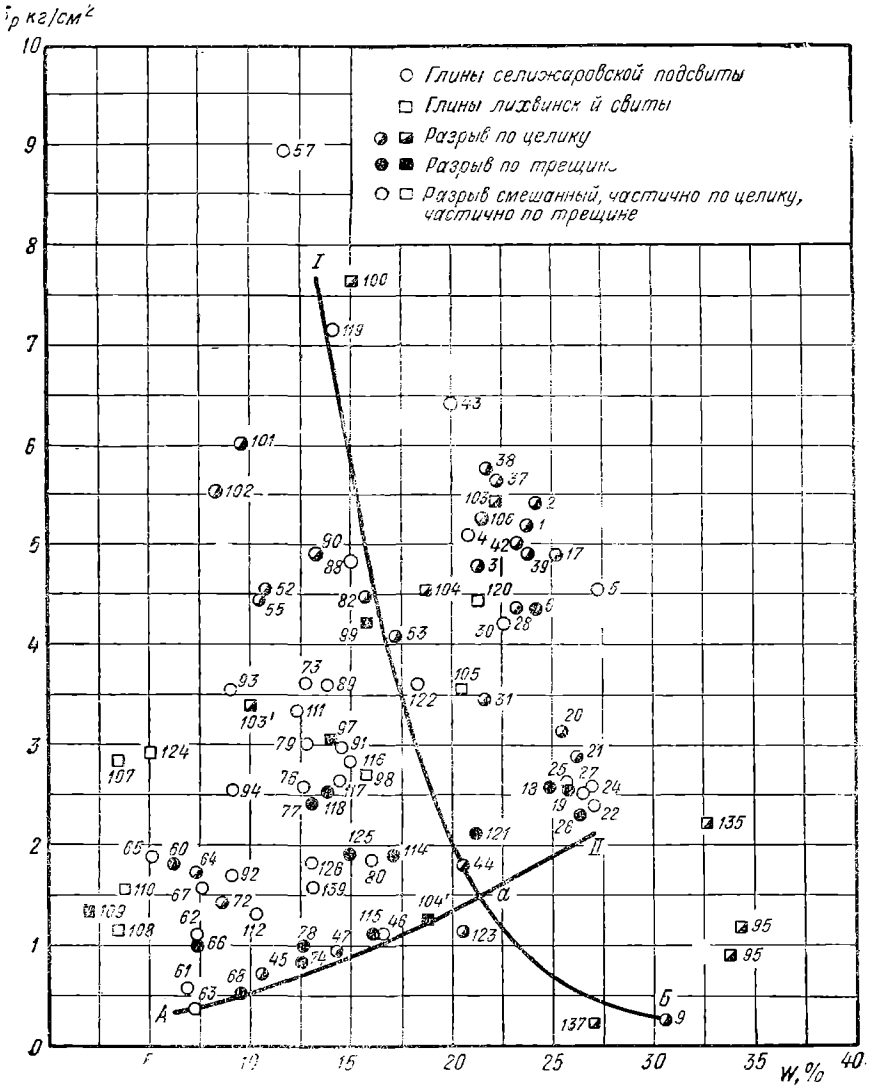


Рис. 28. Кривые изменения относительной величины временного сопротивления глин разрыву $\sigma_р$ в зависимости от влажности и трещиноватости

завышены и не учтут трещиноватости. Следовательно, на указанном интервале влажностей $\sigma_р$ нужно брать по кривой *II*, учитывающей влияние трещиноватости на прочность глины. При влажности $W_е = W_a$, т. е. в точке *а*, значения $\sigma_р$ по кривым *I* и *II* одинаковы.

При дальнейшем увеличении влажности глины, т. е. при $W_е > W_a$, наибольшие значения $\sigma_р$ дает кривая *II*. Но в этих условиях прочность глин по целику меньше, и поэтому для практических расчетов могут быть рекомендованы только значения $\sigma_р$, полученные по кривой *I*.



Рис. 29. Разрыв «сращенного» образца лихвинской глины. Опыт 137. Шахта № 1, лабораторный № 4267



Рис. 30. Разрыв образца по трещине. Пенистая поверхность разрыва. Опыт 29. Шахта № 2, лабораторный № 4087

Из сказанного следует, что точка пересечения кривых *а* показывает предельную величину расчетного временного сопротивления на разрыв для глин с ненарушенной структурой, а ветви кривых *Аа*, *аБ* и ось абсцисс ограничивают область допустимых расчетных значений временного сопротивления глин разрыву с учетом их влажности и трещиноватости (см. рис. 28).

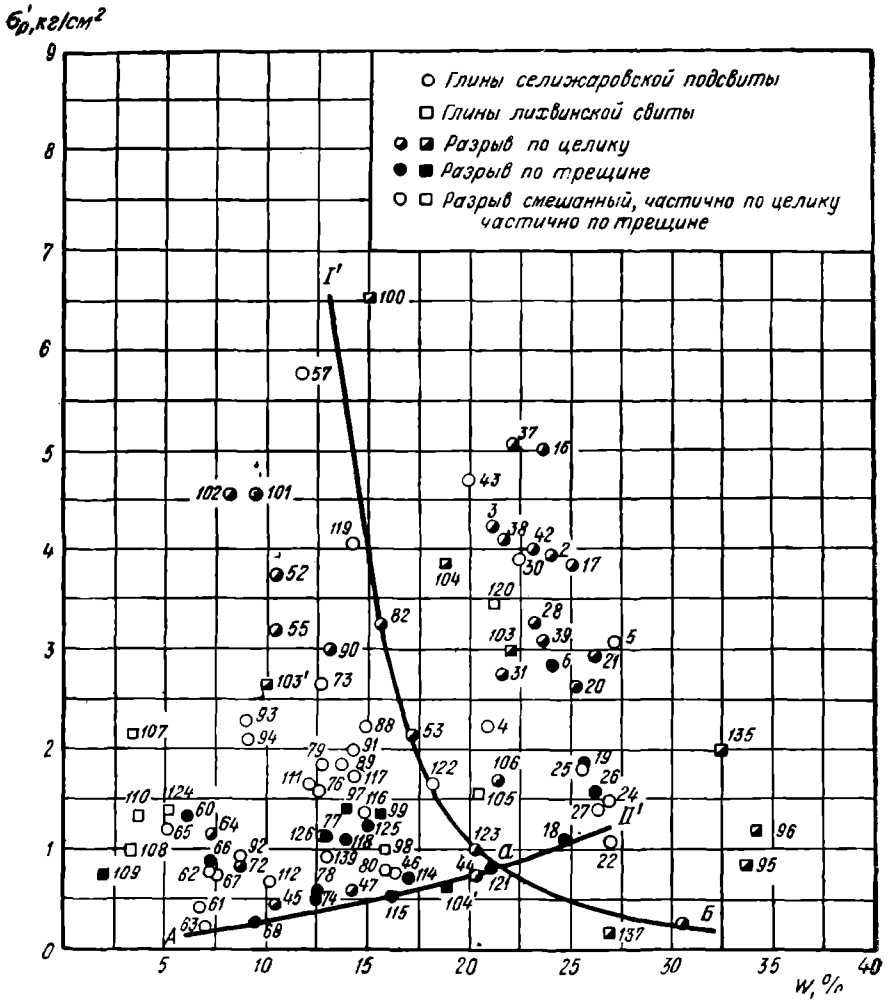


Рис. 31. Кривые изменения истинной величины временного сопротивления глин разрыву в зависимости от влажности и трещиноватости

Интересно проследить, изменится ли характер кривых *I* и *II*, если определять не относительную σ_p, а истинную величину временного сопротивления разрыву σ_p'

График значения σ_p', построенный по данным табл. 2 и представленный на рис. 31, показывает, что истинная величина временного сопротивления всюду уменьшилась по сравнению с относительной величиной временного сопротивления σ_p. Характерно, что ранее установленные зависимости не только сохранились, но стали более ярко выраженными.

Рассмотрим изменение соотношения $\frac{\sigma_p}{\sigma_p'}$ в пределах области допустимых расчетных значений по кривым *I*, *I'*, *II*, *II'* (рис. 28 и 31) при величине естественной влажности в пределах от 15 до 25%, как наиболее часто встречающейся в процессе разработки. Это соотношение, названное нами переходным коэффициентом α, может использоваться для определения истинного временного сопротивления σ_p' по величине относительного временного сопротивления глин разрыву σ_p. Значения коэффициента α приводятся в табл. 3.

Таблица 3

W_e,			20	21,2*	22,5		30
σ_p, $\frac{кг}{см^2}$	0,90	1,10	1,35	1,50	1,15	0,65	0,30
σ_p', $\frac{кг}{см^2}$	0,50	0,60	0,75	0,85	0,75	0,50	0,25
$\alpha = \frac{\sigma_p}{\sigma_p'}$	1,80	1,83	1,80	1,77	1,54	1,30	1,20

* Влажность в точке α $W_\alpha = 21{,}2\%$.

Данные табл. 3 показывают, что при влажности $W < W_\alpha$, т. е. в зоне, где решающим фактором является трещиноватость, коэффициент α остается практически постоянным и равным 1,8. Это значит, что на этом промежутке кривой *II* (см. рис. 28) относительные величины временного сопротивления разрыву завышены по сравнению с действительными на 80%. При влажностях $W_e > W_\alpha$ коэффициент α постепенно уменьшается от 1,8 до 1,2, и, вероятно, для рассматриваемых глин, при влажности $W_e > 30\%$, влияние волосной трещиноватости почти исчезает (табл. 2). С приближением значения коэффициента α к единице прочность глин определяется, в основном, влажностью. Повидимому, α становится равной единице при влажностях, отвечающих пределу пластичности или несколько превышающих последний.

Для практических расчетов значения σ_p' могут быть получены по кривым *I'* и *II'* (рис. 31) или по кривым *I* и *II* (см. рис. 28) с учетом переходного коэффициента α из выражения

$$\sigma_p' = \frac{\sigma_p}{\alpha} \qquad (3)$$

Вторая серия опытов на разрыв глин была произведена над образцами, в которых слоистость направлена перпендикулярно к оси образца. Образцы разрывались по слоистости усилиями, направленными перпендикулярно слоистости.

Результаты определения значений величины временного сопротивления сведены в табл. 4 и представлены на рис. 32 (кривые *III* и *IV*).

Характер поверхности разрыва по целику показан на рис. 33—34, по смешанной поверхности — на рис. 35.

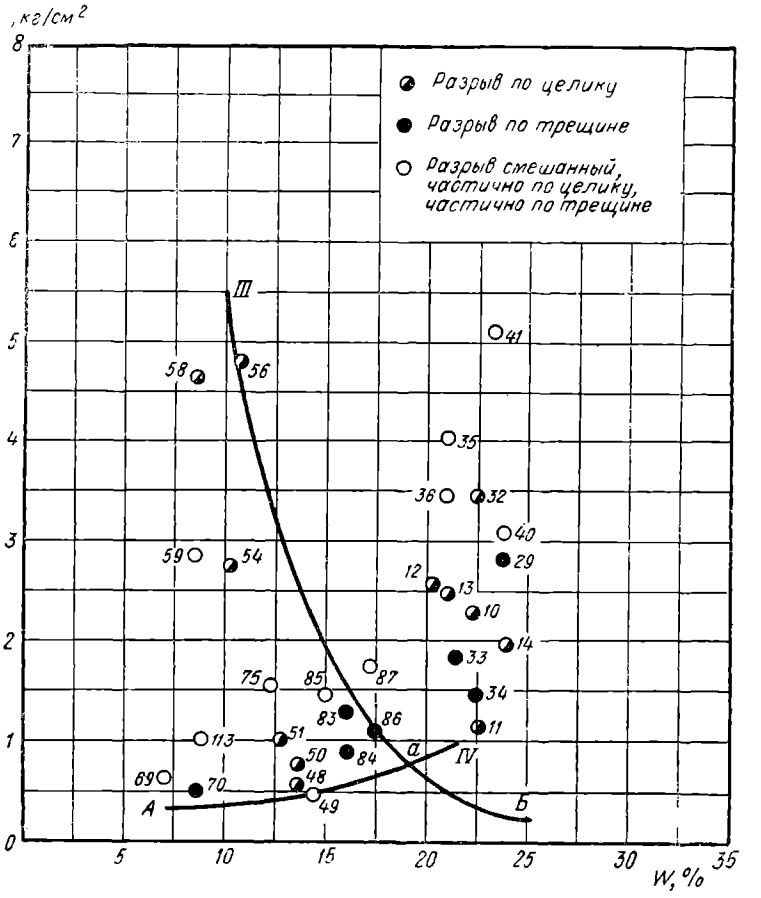


Рис. 32. Кривые изменения относительной величины временного сопротивления глин разрыву σ_p в зависимости от влажности и трещиноватости

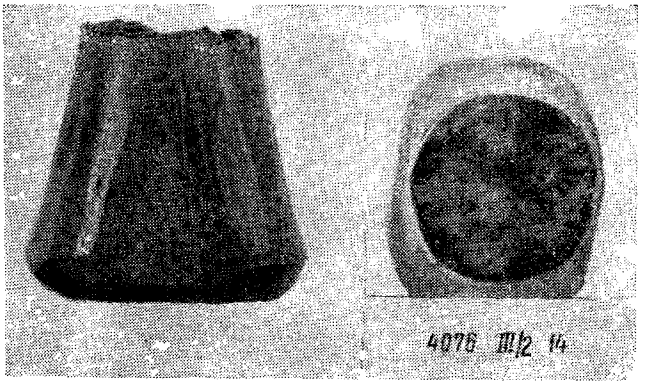


Рис. 33. Разрыв по целику. Характер поверхности разрыва темносерой подугольной глины селижаровской подсвиты. Опыт 14. Шахта № 2, лабораторный № 4076

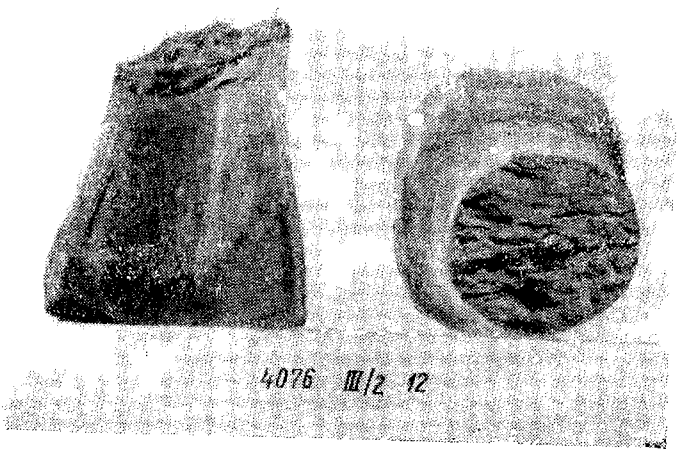


Рис. 34. Разрыв по целику. Характер поверхности разрыва темносерой подугольной глины селижаровской подсвиты. Опыт 12. Шахта № 2, лабораторный № 4076

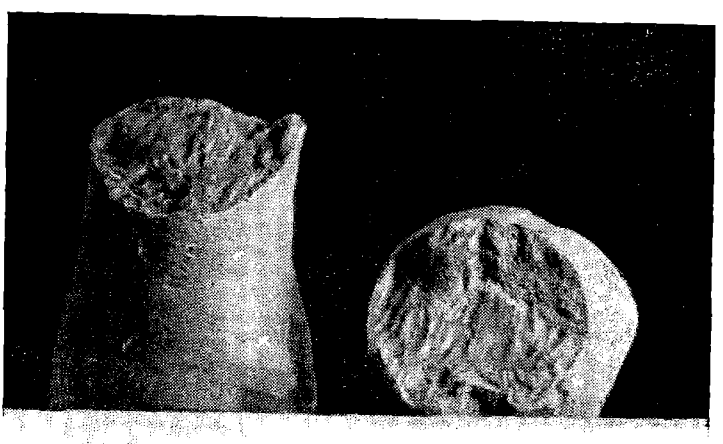


Рис. 35. Разрыв по смешанной поверхности светлосерых подугольных глин селижаровской подсвиты. Опыт 69. Шахта № 2, лабораторный № 4084

Таблица 4

Результаты испытаний глин с ненарушенной структурой на разрыв при направлении разрывающих усилий перпендикулярно слоистости

Номер пробы и образца	Лабораторный номер	Номер опыта	Влажность при разрыве, %	Разрывающее усилие, кг	Площадь сечения в шейке, см²	Относительное временное сопротивление разрыву, кг/см²	Характер поверхности разрыва		
							по целику	по трещине	смешанная
I/1	4072	54	10,22	27,72	10	2,77			
		56	10,65	47,83	10	4,78			
		58	8,48	46,35	10	4,63			
		59	8,48	28,70	10	2,87			
III/2	4076	10	22,32	22,80	10	2,28			
		11	22,70	11,22	10	1,12	+		
		12	20,39	25,50	10	2,55	+		
		13	21,13	24,89	10	2,49	+		
		14	24,07	19,80	10	1,98			
IV/1	4080	113	8,78	10,08	10	1,08			+
V/2	4082	75	12,36	15,23	10	1,52			
VI/1	4084	69	7,03	6,59	10	0,66			
		70	8,46	5,04	10	0,50			
VII/4	4087	29	23,57	27,94	10	2,79		+	
		32	22,50	34,60	10	3,46			
		33	21,61	18,52	10	1,85		+	
		34	22,52	14,89	10	1,48			
VIII/2	4092	48	13,63	5,96	10	0,59	+		—
		49	14,22	4,77	10	0,48			+
		50	13,60	7,86	10	0,78			—
		51	12,71	9,90	10	0,99	+		
IX/1	4095	35	20,95	40,27	10	4,02	+		
		36	20,85	34,47	10	3,44	+		—
		40	23,90	30,78	10	3,07	—		+
		41	23,37	51,75	10	5,17			+
X/2	4097	86	17,52	11,11	10	1,11			+
		87	17,36	17,28	10	1,72			+
XI/3	4099	83	16,0	12,96	10	1,29		+	
		84	15,96	9,12	10	0,91		+	—
		85	14,94	14,41	10	1,44		—	+

Сравнение данных табл. 2 и 4 и кривых, представленных на рис. 28 и 32, показывает, что при разрыве образцов глины усилиями, направленными перпендикулярно слоистости, значение временного сопротивления глин разрыву уменьшается.

ВЫВОДЫ

1. В глинах с ненарушенной структурой временное сопротивление разрыву падает с увеличением влажности.

2. Глины селижаровской и лихвинской толщ западного крыла Подмосковного бассейна не монолитны, а разбиты волосными трещинами.

3. Наиболее слабыми плоскостями при разрыве являются поверхности трещин.

4. Величина временного сопротивления разрыву при естественной влажности $W_e < W_a$ определяется, в основном, трещиноватостью, а при $W_e > W_a$ — влажностью.

5. Временное сопротивление глин разрыву σ_p' при направлении растягивающих усилий параллельно слоистости и естественной влажности в пределах от 15 до 25% для практических расчетов можно принять равным $0{,}5 \div 0{,}6$ *кг/см*^{2}.

6. Полученные результаты могут быть использованы для расчета защитных толщ при разработке угольных месторождений, обводненных напорными подугольными водами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герсеванов Н. М. и Польшин Д. Е., Теоретические основы механики грунтов и их практическое применение, Стройиздат, 1948.
2. Цытович Н. А., Механика грунтов, изд. III, переработанное и дополненное, Госстройиздат, 1951.
3. Денисов Н. Я., О природе деформаций глинистых пород, Речиздат, 1951.
4. Васильев А. М., Основы современной методики и техники лабораторных определений физических свойств грунтов, Машстройиздат, 1949.

Поступило 25/XII 1951 г.