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

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИН УГЛЕНОСНОЙ СВИТЫ НИЖНЕГО КАРБОНА ПОДМОСКОВНОГО БАССЕЙНА

Доц. В. Д. Ломтадзе

В Подмосковном бассейне глинистые отложения занимают значительную часть разреза песчано-глинистой угленосной свиты нижнего карбона. Эта свита почти непрерывно распространена по всему бассейну (рис. 1). На всем своем протяжении она характеризуется невыдержанностью разреза в вертикальном и в горизонтальном направлениях. По южному крылу бассейна пачки угля имеют большую мощность, к северу же, вдоль западного крыла, угленосность свиты постепенно убывает, и уже в разрезе Тихвинского района наблюдаются только черные углистые глины и изредка тонкие прослои угля. В то же время здесь значительно уменьшается насыщенность разреза огнеупорными глинами, место которых занимают залежи бокситов и красные песчаные глины. Изменчивость разреза угленосной свиты объясняется прибрежно-морскими и прибрежно-континентальными условиями ее накопления.

Изменение строения угленосной свиты по простиранию является результатом фациального замещения угля углистыми глинами, а затем углистых глин красными песчаными глинами. А. Э. Ульмер считает, что южная часть западного крыла и южное крыло Подмосковного бассейна входят в фациальную зону накопления континентальных и прибрежно-морских осадков, а северная часть западного крыла — в фациальную зону, характеризующуюся преобладанием континентального размыва над аккумуляцией. Таким образом, характер угленосной свиты в отдельных разрезах в разных частях бассейна меняется.

Песчано-глинистые отложения угленосной свиты образуют толщу сложного строения. Главная масса ее представлена глинами, которые прослеживаются непрерывно по южному и западному крыльям бассейна.

Как показывают материалы разведочных и эксплуатационных работ, во всех секторах Подмосковного бассейна угли, как правило, приурочены к толщам глин, свойства которых определяют условия проведения горных работ и устойчивость выработок. Почти на всех шахтах и рудниках Подмосковного бассейна все нарезные выработки и откаточные штреки проходят исключительно по глинам или по углю, но с подрывкой глин в почве и кровле. Это указывает на то, что изучение инженерно-геологических свойств этих отложений (глин) представляет интерес прежде всего с точки зрения горного дела. Знание инженерно-геологических свойств их имеет большое значение и для гидротехнического строительства.

Пески и глины нижнего карбона будут служить основанием не которых проектируемых и строящихся районных колхозных гидро электростанций.

Приводимая ниже характеристика физико-механических свойст глинистых отложений нижнего карбона дается на основании их иссле дований, произведенных в инженерно-геологической лаборатори кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Ленинградского гор ного института для района Тихвинского месторождения бокситов

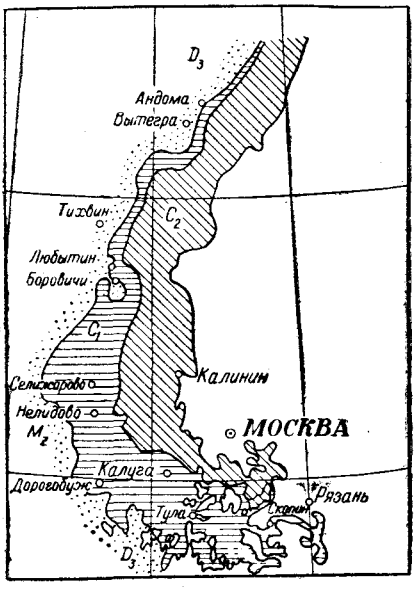


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Подмосковного каменноугольного бассейна.

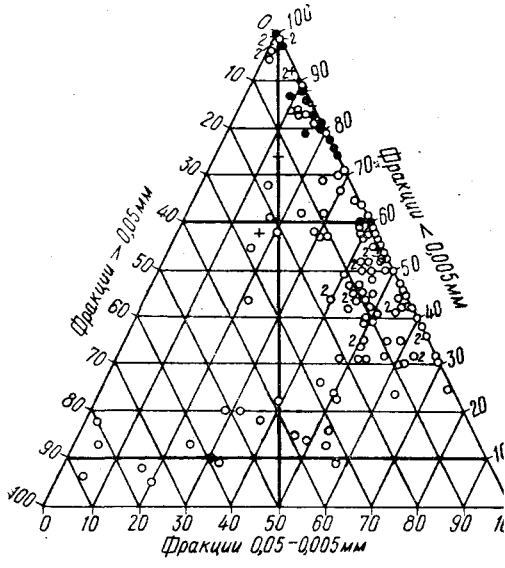


Рис. 2. График, характеризующий гранул метрический состав глин угленосной свит нижнего карбона Подмосковного бассейна

Нелидовского, Селижаровского и Дорогобужского месторождений угля Для их характеристики использованы также фондовые и литературные данные исследований и в других районах Подмосковного бассейна

Внешние признаки, структура и текстура глин

Глины в угленосной свите Подмосковного бассейна, как отмечен выше, прослеживаются почти непрерывно, занимая значительну часть ее разреза. По положению в разрезе здесь различают глин подугольные, надугольные и межугольные. По степени пластичност выделяют глины пластичные, полупластичные и сухарные.

Пластичные разности глин — „мыленки" — имеют самое широ кое распространение. Они встречаются в разнообразных стратиграфи ческих горизонтах песчано-глинистой толщи нижнего карбона. В Нели довском, Селижаровском и Дорогобужском районах месторождени угля они слагают и кровлю, и почву залежей угля. С глинами почт повсеместно связаны залежи угля и по южному крылу бассейна. Пла стичные глины обычно представляют собой породу серого, голубо вато-серого и черного цвета. Темносерая и черная окраска глин обу словлена присутствием в породе больших или меньших количест углистого вещества в виде пылевидных частиц и обуглившихся рас

тительных остатков, равномерно или неравномерно распределенных в породе. При значительном содержании углистого вещества глина переходит в темные (почти черные) углистые разности. С увеличением углистости породы обычно появляются псевдоморфозы пирита по растительным остаткам. Часто встречаются стяжения сидерита и бурого железняка. Органическая составляющая в пластичных глинах, кроме углистого остатка, представлена также гуминовыми соединениями.

Пластичные глины обычно имеют сплошное монолитное или неясно-слоистое сложение. При естественной влажности они жирные на ощупь, плотные, при изломе дают неровную грубую раковистую поверхность, колятся или по скрытым волосным трещинам, или по поверхности слоев. На поверхности излома нередко наблюдаются следы, напоминающие „зеркала скольжения". В „мокром" виде глины, весьма пластичные и вязкие, иногда обнаруживают примесь песка. Под микроскопом пластичные глины имеют чрезвычайно однородное очень тонкозернистое сложение. Они состоят из мельчайших чешуек глинистых минералов, имеющих ясно выраженное кристаллическое строение. Структура пластичных глин в большинстве случаев типично пелитовая. Для них характерно наличие окислов железа в виде точечных скоплений, иногда придающих глине розовый оттенок. Сохранившихся растительных остатков в глине мало. Пластичные глины, обогащенные остатками органического вещества, приобретают фитопелитовую структуру. Песчаные разности глин отличаются повышенным содержанием частиц размером от 0,01 до 0,05 *мм*. Структура их алевропелитовая.

Второй, наиболее типичной разновидностью глин в Подмосковном бассейне являются глины с у х а р н ы е. Они имеют значительно меньшее распространение по сравнению с глинами пластичными, но встречаются по западному и южному крыльям бассейна.

Сухарные глины обычно образуют пластовые залежи среди других разностей глин, с которыми они связаны постепенными переходами. Особой закономерности в залегании сухарных глин в комплексе пород угленосной свиты не устанавливается. Однако, как указывает М. Ф. Викулова [5, 6], они большей частью принадлежат к подугольным горизонтам. Сухарные глины лучше всего изучены в Боровичском районе.

Эти глины отличаются большой механической прочностью и по внешнему облику должны быть отнесены к породам полускальным. Цвет их преимущественно светлосерый, переходящий иногда в грязно-белый или темноватосерый. Редко наблюдаются глины с розоватым оттенком. В изломе сухарные глины имеют часто плотное или землистое строение. Иногда для этих глин характерна мелкая пузырчатость, слабые признаки слоистости и небольшие округлые включения, отличные по своей окраске от основной массы породы.

В зависимости от наличия примесей песка сухарные глины подразделяются на п е с ч а н и с т ы е и п л о т н ы е. Обе разновидности связаны друг с другом постепенными переходами. Песчаные разности имеют более рыхлое сложение и зернистый излом. Плотные разности отличаются большей прочностью и крепостью, излом их раковистый (иногда их называют „кремневками"). Для этих разностей сухарных глин характерна угловатая или даже мелкоугловатая и мелкокомковатая отдельность, создающая впечатление брекчиевидности породы.

Плотные сухарные глины, как правило, не размокают в воде, но жадно ее поглощают с обильным выделением пузырьков воздуха. Песчаные же разности этих глин по своей гидростойкости неодно-

родны, и некоторые из них в воде размокают, легко обнаруживая в этом примеси песка.

Под микроскопом сухарные глины представляют собой породу тонкодисперсную зернистую, окрашенную в светлобуровато-желтый цвет. Окраска их обусловлена, повидимому, наличием в породе органических и, возможно, железистых соединений. Она обычно неравномерна, проявляется в виде пятен и мазков, похожих на хлопья. М. Ф. Викулова [5] структуру таких глин назвала хлопьевидной. Иногда в глинах наблюдаются участки, в которых чередуются различно окрашенные микропрослойки. Структуру таких глин М. Ф. Викулова назвала структурой наслоения. Следует заметить, что форма и размеры участков с такой структурой различны. В одних случаях они имеют конусовидную форму, в других — форму прожилков, в третьих — округлую оолитовую.

Основная масса глинистых частиц сухарных глин обычно имеет кристаллическое строение, при этом чем более они песчанистые, тем лучше раскристаллизованы. В песчаных разностях глин хлопьевидность и структура наслоения выражены менее резко и часто отсутствуют. Поэтому структура таких глин более однородная пелитовая или алевропелитовая. Некоторые плотные разности сухарных глин — кремневки — имеют структуру порфиробластовую.

Третьей разновидностью глин угленосной свиты Подмосковного бассейна являются глины полупластичные. Под названием полупластичных (иногда их называют также полусухарными) объединяют глины с очень разнообразными свойствами, промежуточными между свойствами сухарных и пластичных глин. По внешнему виду одни разности этих глин очень близки к сухарным, но размокают в воде и проявляют некоторые признаки пластичности; другие приближаются к пластичным.

Окраска полупластичных глин обычно светлосерая, серая, реже темносерая, иногда зеленоватая или даже розовато-фиолетовая. В сыром состоянии они дают чешуйчатый излом, при высыхании распадаются на мелкие кусочки. Для них характерно очень тонкое однородное строение при наличии карбонатных включений в форме сидерита и кальцита. Полупластичные глины отличаются значительной плотностью и по своему состоянию приближаются к породам полускальным, хотя и не обладают прочностью сухарных глин.

Как видно под микроскопом, у всех полупластичных глин основное глинистое вещество полностью перекристаллизовано. Весьма характерна тонкая дисперсность глины, малое количество кварца, зерна которого имеют размер не более 0,01 *мм*. В пределах отдельных участков, как видно в шлифах, основное вещество глин имеет хлопьевидную структуру. Иногда наблюдается чередование участков светлых и более окрашенных тонкодисперсным органическим веществом, иногда — структура наслоения. Менее уплотненные полупластичные глины имеют однородную пелитовую структуру.

Песчаные разности этих глин имеют структуру алевропелитовую или псаммитовую.

Вещественный состав глин

Прежде чем говорить о вещественном составе глин, необходимо обратить внимание на их гранулометрический состав, характер которого представлен специальным графиком (рис. 2) и данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Район	Тип глин	Значение	Содержание фракций, %						Количество исследованных проб	Материалы исследований
			> 0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	< 0,001		
Вытегорский	Пластичные	макс.		17,7	12,0	99,6	—	—	8	В. А. Зильберминц
		мин.		0,2	0,2	69,8	—	—		
		средн.		1,0	3,6	95,8	—	—		
Тихвинский	То же	макс.	23	68	56	39	51	50	42	В.Д. Ломтадзе
		мин.	—	—	2	3	1	5		
		средн.	—	13	28	22	7	21		
Боровичско-Любытинский	»	макс.		16,3	32,6	14,4	9,4	99,9	7	М. Ф. Викулова
		мин.		0,01	0,01	0,01	0,06	41,9		
		средн.		2,56	0,22	0,69	1,94	95,0		
	Сухарные	макс.		0,99	0,80	11,2	6,7	96,3	5	
		мин.		0,01	0,01	0,04	1,6	82,1		
		средн.		0,01	0,04	10,3	2,6	85,9		
	Полупластичные	макс.		0,78	3,2	7,5	5,0	99,9	8	
		мин.		0,01	0,01	0,01	0,01	83,5		
		средн.		0,02	0,04	0,5	1,6	97,6		
Боровичско-Любытинский	Пластичные	макс.		4,67	12,9	26,7	12,9	79,0	11	А. Д. Федосеев и Ф. А. Зенкович
		мин.		0,0	1,08	9,0	5,4	47,4		
		средн.		1,74	3,5	13,2	9,1	70,0		
	Сухарные			13,0	2,8	11,2	5,08	69,1	1	
	Полусухарные	макс.		5,26	8,76	27,3	26,1	80,5	10	
		мин.		0	0	9,4	0,6	49,3		
		средн.		1,3	2,2	15,3	8,0	75,1		
Селижарово-Андриапольский	Пластичные		0,6	1,2	3,4	24,7	14,8	55,1	1	А. С. Корженевская и Л. В. Швецова
	Сухарные	макс.	0,9	23,7	10,7	25,8	9,7	84,8	5	
		мин.	0,0	0,1	0,3	7,9	2,8	46,1		
		средн.	0,1	1,1	4,6	10,4	9,1	74,2		
	Полупластичные		0,2	0,7	1,8	17,1	9,8	70,2	1	
Селижарово	Пластичные			7,0	20,0	23,0	8,0	42,0	1	В. Д. Ломтадзе
Нелидово	То же	макс.	1	3	16	36	17	66	38	В. Д. Ломтадзе
		мин.	0	0	6	12	5	24		
		средн.		2	18	26	11	37		
Дорогобуж	»	макс.		33	40	29	11	59	6	В. Д. Ломтадзе
		мин.		0	11	11	4	30		
		средн.		21	25	16	5	44		
Калуга	Пластичные			>0,05 20	17	<0,01	<0,005 63		1	
Бобриковское месторождение	То же	макс.		18,4	36,0	100	—	—	14	А. Д. Федосеев и Ф. А. Зенкович
		мин.		0,01	0,01	98,8				
		средн.		0,29	0,64	56,3				
Щекино	»	макс.	9	36	30	9	17	45	4	А. М. Васильев
		мин.	1	19	10	6	6	12		
		средн.	3	29	11	7	16	40		
	Полупластичные	макс.	1	74	28	7	7	5	4	
		мин.	0,3	58	17	1	4	1		
		средн.	0,5	65	21	3	5	3		
Ст. Жданки	Пластичные	макс.		25	41	23	12,6	61	3	А. Д. Федосеев и Ф. А. Зенкович
		мин.		33	4	17	3,6	17		
		средн.		10	22	21	8	32		

Как видно из приведенных данных, основная масса пластичны глин по их гранулометрическому составу относится к легким разно стям. Содержание глинистых фракций в них изменяется от 30 до 60%

Среди пластичных глин имеются разности как более тяжелые так и более легкие песчанистые, в некоторых случаях переходящи в глинистые алевролиты. Неоднородность глин района Тихвина зна чительно большая, чем в других районах.

В результате исследований 38 проб пластичных глин, отобранны на участке Нелидовского месторождения угля, оказалось, что пла стичные глины распространены там только легкие; песчаных разносте среди исследованных проб н обнаружено, а тяжелых встре чено только четыре (рис. 3)

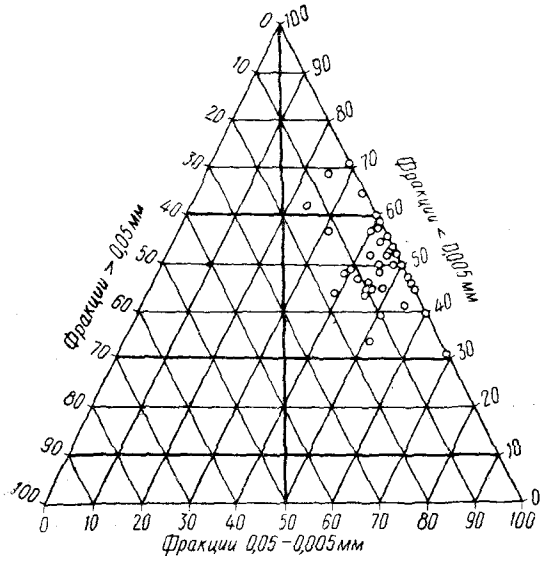


Рис. 3. График, характеризующий гранулометрический состав глин угленосной свиты Нелидовского месторождения

Глины полупластичные сухарные по своему грануло метрическому составу отно сятся к тяжелым разностям Содержание глинистых фрак ций в них, как правило, боль ше 60%.

Из приведенных данны также видно, что глины пла стичные, полупластичные сухарные являются преимуще ственно пылеватыми. Содержа ние пылеватых фракций (0,05–0,005 *мм*) в их составе в боль шинстве случаев превышае, содержание песчаных фракци (>0,05 *мм*). Причем в состав песчаных фракций обычн преобладают только фракци тонкие и мелкие. Содержа ние фракций размером боле 0,25 *мм* в глинах составляет, как правило, доли процента.

Таким образом, глины пластичные угленосной свиты нижнег карбона Подмосковного бассейна в основной своей массе относятс к разностям легким пылеватым, а полупластичные и сухарные — к раз ностям тяжелым пылеватым.

Изучение минералогического состава глин угленосной свиты про водилось неоднократно разными лицами [2, 3, 4, 5, 7, 8, 16, 18, 19, 2 и др.] по образцам, собранным в разных пунктах бассейна. Необхо димость в таких исследованиях диктовалась стремлением использо вать минералогический состав глин для их корреляции, выяснения и генезиса, фациальных условий накопления и т. д. При этом боль шинство исследований было посвящено изучению грубодисперсной – песчаной — части глин. Исследования показали, что в грубодисперсно части глин основным минералом является кварц, окатанность зере которого разнообразна. Наряду с кварцем в пластичных и полупла стичных глинах встречаются полевые шпаты и слюда. В сухарны глинах вместо полевых шпатов обычно встречается каолинит.

Во всех глинах в том или ином количестве содержится цирко турмалин, дистен, ставролит, рутил, магнетит, пирит, лимонит, сиде рит и др.

Тонкодисперсная — коллоидная — часть глин, в значительной степени определяющая их физико-механические свойства, изучалась очень немногими. Наиболее полными и значительными в этом отношении являются исследования М. Ф. Викуловой.

В табл. 2 приведены данные определений минералогического состава тонкодисперсной — коллоидной — части глин угленосной свиты для разных районов бассейна.

Таблица 2

Район	Минералогический состав тонкодисперсной части глин	Материалы исследований
Вытегра	Каолинит	В. К. Зильберминц
Тихвин	Преимущественно каолинит	О. М. Аншелес
Боровичско-Любытинский	В глинах сухарных, полупластичных и пластичных — главная масса каолинит (80—85%) + минерал с $n > 1{,}783$. В пластичных глинах окислы железа	М. Ф. Викулова В. Н. Разумова О. М. Аншелес
Селижарово	Главная масса иллит с незначительной примесью каолинита	В. Д. Ломтадзе
Нелидово	Главная масса каолинит (50—100%), примесь гидрослюды, кварца и в одном случае возможно—монтмориллонит	В. Д. Ломтадзе
Дорогобуж	Главная масса каолинит (60—70%) с примесью гидрослюды до 40%	В. Д. Ломтадзе
Сталиногорско-Донской	Преимущественно каолинит в нижних горизонтах и монотермит в верхних	А. Г. Коссовская

На обширной площади распространения угленосной свиты, как следует из приведенных данных, минералогический состав тонкодисперсной части глин, ее слагающих, довольно однообразный. Основным минералом является каолинит. Поэтому глины в целом можно отнести к типу каолинитовых, чем и должна бы в значительной степени определяться природа их свойств. Однако благодаря наличию примесей более активных в физико-химическом отношении групп глинистых минералов они в некоторых случаях обладают неоднородными свойствами. Любопытно заметить, что количество таких примесей увеличивается от нижних горизонтов глин к верхним. Так, например, А. Г. Коссовская [19], изучая разрез угленосной свиты в Сталиногорско-Донском районе, обнаружила, что в нижних горизонтах глины существенно каолинитовые, в верхних горизонтах они содержат значительное количество монотермита, поэтому она их выделила как тип монотермитовых. В средних горизонтах относительное содержание каолинита и монотермита в глинах непостоянно, и это позволило ей выделить в них глины каолинитово-монотермитовые. Такая же закономерность подмечена нами и для района Нелидово. Там глины подугольные типично каолинитовые, хотя и имеют в некоторых случаях до 10% примеси других глинистых минералов. Глины надугольные также существенно каолинитовые, но содержание других глинистых минералов в них (гидрослюды — иллит) достигает 40%.

Таблица 3

Район	Тип глин	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CO_2	SO_3	Потери при прокаливании	H_2O	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$
Боровичско-Любытинский (по М. Ф. Викуловой)	Сухарные	43,31	1,08	38,38	1,04	0,31	0,27	0,26	0,22	0,08	0,10	13,52	1,30	1,13
	»	43,72	1,96	38,10	1,05	0,28	0,15	0,16	0,38	0,21	0,06	13,47	0,91	1,14
	»	40,68	2,19	39,21	1,13	0,45	Следы	0,42	0,50	0,93	0,12	13,41	1,06	1,04
	»	43,46	1,07	37,32	2,09	0,30	0,28	0,68		0,12	Следы	12,91	1,62	1,17
	Пластичные	44,87	1,45	31,00	2,97	0,44	0,86	2,18	0,08	0,02	0,02	12,23	3,89	1,45
	»	44,87	1,84	27,60	2,97	0,85	0,65	1,07	0,12	0,03	0,02	14,63	5,45	1,62
	»	44,21	0,65	36,53	2,07	0,55	0,42	0,77		0,12	Следы	12,78	2,20	1,21
	»	43,52	1,86	31,21	2,43	0,74	0,98	1,56	0,34	0,05	0,36	13,79	3,60	1,39
Селижарово-Андриапольский (по А. С. Корженевской и Л. В. Ивановой)	Сухарные	43,67	1,63	37,15	1,88	0,63	0,58	0,78	0,34	—	0,43	13,92	2,36	1,18
	»	59,40	1,73	25,51	1,57	0,59	0,46	0,69	0,31	—	0,58	9,18	1,25	2,32
	»	45,27	1,99	36,63	2,03	0,48	0,13	0,15	0,08	—	0,44	13,33	2,11	1,24
	»	61,16	1,71	24,57	1,12	0,59	0,26	0,09	0,05	—	0,31	10,54	1,64	2,50
	»	44,52	1,48	36,47	2,39	0,72	0,41	0,84	0,62	—	0,31	13,06	2,60	1,22
	Полупластичные	45,76	1,32	34,86	2,25	0,68	1,08	1,54	0,44	—	0,50	12,85	3,12	1,37
	»	51,72	1,11	31,24	2,14	1,17	0,50	—	—	—	—	11,47	2,88	1,65
	»	47,94	0,81	31,77	2,36	—	—	—	—	—	—	14,37	3,03	1,51
	Пластичные	54,32	1,29	23,54	2,89	—	—	—		—	—	12,26	3,56	2,30
	»	57,50	1,33	25,88	2,49	—	—	—		—	—	9,52	2,90	2,22
	»	50,46	1,43	29,30	2,66	—	—	—		—	—	11,12	4,02	1,72
	»	52,24	1,16	26,66	2,84	0,76	1,22	1,86	0,55	—	0,21	12,90	3,60	1,96
	»	56,89	1,46	24,67	3,37	0,92	1,22			—	—	9,20	3,08	2,30
Сталиногорско-Донской (по А. Г. Коссовской)	Пластичные	50,88	0,94	24,38	4,08	1,52	1,43	0,22		—	—	3,33	—	2,08
	»	63,52	16,06		6,42	0,60	0,15	0,32		—	—	5,85	—	3,96
	»	40,36	21,96		10,42	1,08	0,28	2,43		—	—	11,08	—	1,83
	»	64,20	1,35	16,37	4,02	1,58	0,95	3,08		—	—	0,04	—	3,90
	»	43,77	0,72	22,93	14,69	1,60	1,60	3,12		—	—	—	—	1,91

Определение минералогического состава тонкодисперсной части глин Дорогобужского месторождения показало, что глины из почвы угольного пласта — подугольные — являются типично каолинитовыми, а из кровли — надугольные — типично иллитовыми, содержащими примеси серицита.

Подтверждением существенно каолинитового состава глин угленосной свиты являются результаты исследований их химического состава, приведенные в табл. 3. Главными компонентами глин угленосной свиты, как следует из данных таблицы, являются SiO_2 и Al_2O_3. Коэффициент, выражающий отношение процентного содержания SiO_2 к Al_2O_3, изменяется от 1,04 до 2,50. В двух случаях в глинах Сталиногорского-Донского района он оказался равным 3,90 и 3,96. В большинстве же случаев значение его приближается к 2, что указывает на типично каолинитовый состав глин.

По содержанию главных компонентов нельзя признать, что глины достаточно однородны. Так, например, в сухарной глине Боровичско-Любытинского района содержание SiO_2 изменяется от 40,68 до 43,72%, а в Селижарово-Андриапольском районе от 43,67 до 61,16%. Содержание Al_2O_3 соответственно изменяется от 37,32 до 39,21% и от 24,57 до 37,15%.

В пластичных глинах Боровичско-Любытинского района содержание SiO_2 изменяется от 43,52 до 44,87%, в Селижарово-Андриапольском от 50,46 до 57,50% и в Сталиногорско-Донском от 43,77 до 64,20%. Соответственно содержание Al_2O_3 изменяется от 27,60 до 36,53, от 23,54 до 29,30 и от 16,37 до 24,58%.

Приведенные цифры показывают, что в Боровичско-Любытинском районе глины более высокоглиноземистые. По направлению же на юг они становятся более песчанистыми.

Заканчивая характеристику вещественного состава глин угленосной свиты, следует обратить внимание на то, что эти глины обладают довольно низкой обменной способностью, не превышающей 15—20 *м-экв* (табл. 4).

Из поглощенных оснований они содержат только Ca и Mg.

Таблица 4

Район	Содержание поглощенных оснований				Емкость поглощения, *м-экв*	Примечание
	$Ca^{\cdot\cdot}$ *м-экв*	$Ca^{\cdot\cdot}$ %	$Mg^{\cdot\cdot}$ *м-экв*	$Mg^{\cdot\cdot}$ %		
Нелидово	13,94	0,278	5,63	0,067	19,50	Глины пластичные
Дорогобужский	10,51	0,210	4,16	0,049	14,62	» »

Таким образом, *основную массу в угленосной свите нижнего карбона Подмосковного бассейна составляют глины пластичные; они являются вмещающими породами как пачек угля, так и для глин сухарных и полупластичных.*

Пластичные глины в целом образуют определенный литологический тип, имеющий широкое региональное распространение в пределах всего бассейна. Поэтому только для этих глин ниже дается характеристика физико-механических свойств.

Физические свойства

Удельный и объемный вес

Объемный вес глин определялся по образцам естественной стру туры и влажности. Для тех же образцов определялся и удельный ве

Результаты определений удельного и объемного веса глин изобр жены на рис. 4 и сведены в табл. 5, где показаны медианные и пр дельные значения этих показателей.

Пределы даны с исключением на 10% минимальных и максима ных значений показателей.

Таблица

Район	Значения	Наименование показателей		
		удельный вес, $г/см^3$	объемный вес, $т/м^3$	объемный в скелета, $т/$
Тихвин	Медианные	2,72	2,16	1,85
	Предельные	2,68—2,81	2,05—2,26	1,67—2,02
Селижарово	Единичные	2,84	2,13	1,75
Нелидово	Медианные	2,67	2,07	1,72
	Предельные	2,63—2,70	1,90—2,19	1,63—1,90
Дорогобуж	Медианные	2,63	2,03	1,68
	Предельные	2,27—2,68	1,75—2,08	1,39—1,74
Щекино	Медианные	2,67	1,98	1,73
	Предельные	2,47—2,72	1,74—2,05	1,42—1,84

Как видно из приведенных данных, среднее медианное значен удельного веса глин нормальное, хотя и не одинаковое для различны районов. Это объясняется существующим различием состава гли различных районов. Некоторую неоднородность состава глин хорош подтверждают и предельные значения удельного веса. По этим данны видно, что глины района Тихвина более неоднородны, чем Нелидовски

Значения объемного веса глин и объемного веса их скеле в основной своей массе показывают, что пластичные глины угленосн свиты имеют сравнительно высокую плотность. Среднее — медианное значение их объемного веса достигает 2,16 $т/м^3$ для района Тихви (при предельных значениях от 2,05 до 2,26 $т/м^3$), 2,08 $т/м^3$ д района Нелидово (при предельных значениях от 1,99 до 2,19 $т/м^3$) 1,98 $т/м^3$ для района Щекино (при предельных значениях от 1,

до 2,05 $т/м^3$). Среднее — медианное — значение объемного веса скелета глин достигает 1,85 $т/м^3$ для района Тихвина (при предельных значениях от 1,67 до 2,02 $т/м^3$), 1,72 $т/м^3$ для района Нелидово (при предельных значениях от 1,63 до 1,90 $т/м^3$) и 1,73 $т/м^3$ для района Щекино (при предельных значениях от 1,42 до 1,84 $т/м^3$).

Как показывают наблюдения, низкие значения объемного веса и объемного веса скелета имеют глины сажистые, углистые. Так, например, темносерые углистые глины района Нелидова имеют объемный вес 1,68—1,73 $т/м^3$, а объемный вес скелета 1,30—1,31 $т/м^3$. Углистые глины района Дорогобужа обладают объемным весом 1,70—1,75 $т/м^3$, а объемный вес скелета их равен 1,31—1,39 $т/м^3$.

Изменение плотности глин наблюдается также в результате их разуплотнения при пучении. При исследовании глин района Нелидово, например, замечено, что образцы глин, отобранные на участках, подверженных пучению, имеют объемный вес скелета 1,54, 1,53, 1,61, 1,63, 1,64, 1,51 $т/м^3$ и т. д., т. е. более низкий по сравнению с нормальным (1,70—1,75 $т/м^3$). То же установлено для глин района Щекино: объемный вес скелета глин с участка, подверженного пучению (с поддува), достигает 1,42—1,64 $т/м^3$, а в одном случае оказался равным даже 1,19 $т/м^3$. На участках, не подверженных пучению, объемный вес скелета глин изменяется от 1,75 до 1,95 $т/м^3$.

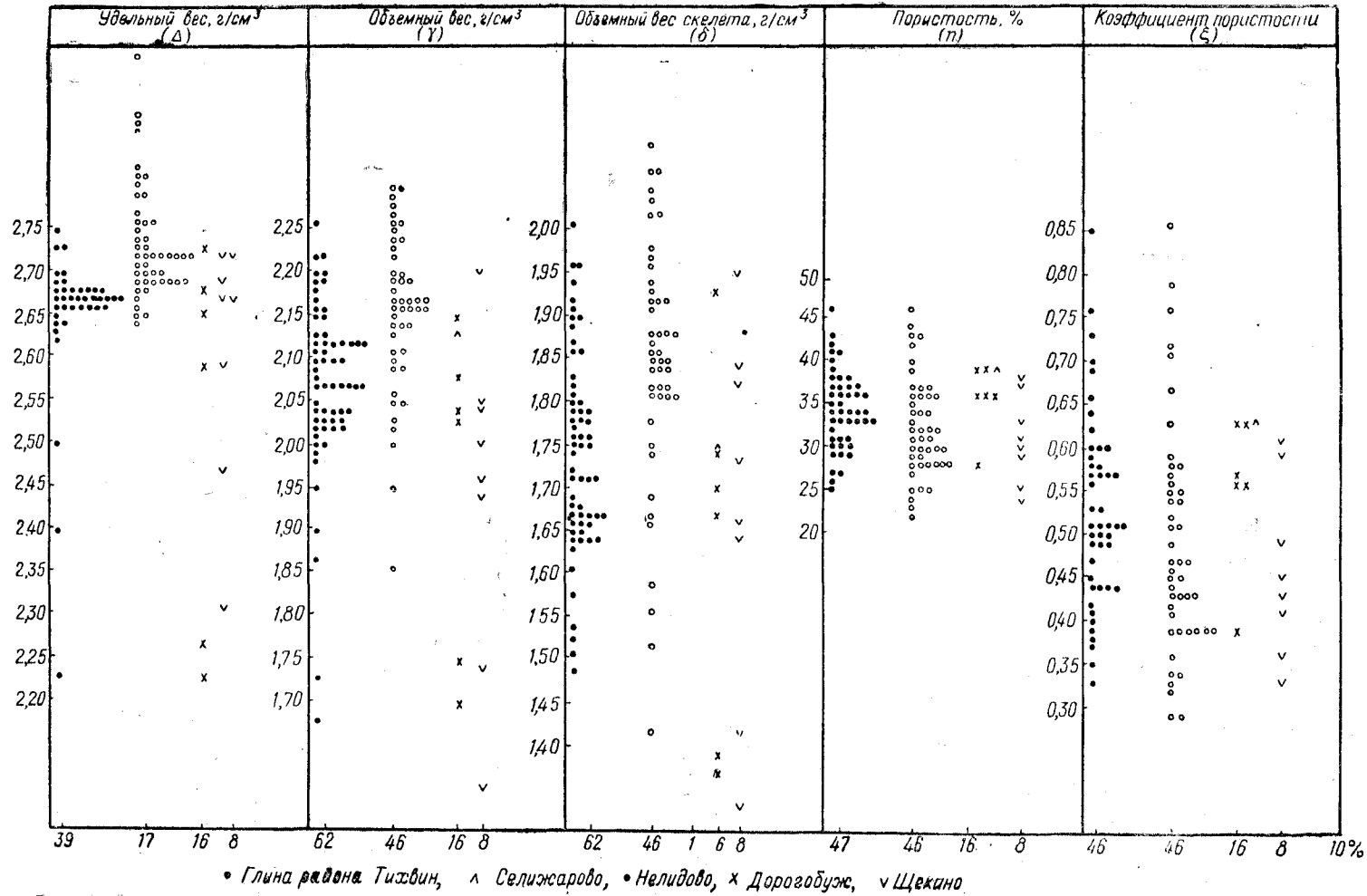
Приведенные данные показывают, что глины угленосной свиты являются в основной своей массе породами плотными, но плотность их может изменяться или в связи с изменением их состава (главным образом степенью их углистости), или в результате нарушения естественных нормальных условий их залегания.

Пористость

Подтверждением высокой плотности глин является небольшая их пористость. Результаты определений пористости и коэффициента пористости показаны на рис. 4 и в табл. 6. Среднее — медианное — значение пористости глин для района Тихвина может быть принято равным 31%, для района Нелидово 34%, для районов Дорогобужа и Щекино соответственно 36 и 30%.

Таблица 6

Район	Значения	Наименование показателей	
		пористость, %	коэффициент пористости
Тихвин	Медианные	31	0,46
	Предельные	25—40	0,34—0,67
Селижарово	Единичные	39	0,63
Нелидово	Медианные	34	0,51
	Предельные	29—40	0,40—0,66
Дорогобуж	Медианные	36	0,57
	Предельные	36—39	0,56—0,63
Щекино	Медианные	30	0,44
	Предельные	25—37	0,36—0,59


Удельный вес, г/см³ (Δ)
Объемный вес, г/см³ (γ)
Объемный вес скелета, г/см³ (δ)
Пористость, % (n)
Коэффициент пористости (ξ)
2,75
2,70
2,65
2,60
2,55
2,50
2,45
2,40
2,35
2,30
2,25
2,20
2,25
2,20
2,15
2,10
2,05
2,00
1,95
1,90
1,85
1,80
1,75
1,70
2,00
1,95
1,90
1,85
1,80
1,75
1,70
1,65
1,60
1,55
1,50
1,45
1,40
50
45
40
35
30
25
20
0,85
0,80
0,75
0,70
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
39
17
16
8
62
46
16
8
62
46
1
6
8
47
46
16
8
46
46
16
8
10%
• Глина района Тихвин, ∧ Селижарово, • Нелидово, × Дорогобуж, ∨ Щекино

Наибольшее количество определений (более 50%) для района Тихвина приходится на интервал пористости от 29 до 35%, а для района Нелидово от 32 до 37%. В тех же пределах находится наибольшее количество определений пористости и для района Дорогобужа и Щекино.

О высокой плотности и твердой консистенции основной массы глин говорят и значения их коэффициента пористости.

Влажность

Естественная влажность глин определялась по тем же образцам, по которым производилось определение их удельного и объемного весов и пористости. Результаты определений ее показаны на рис. 5 и в табл. 7.

Таблица 7

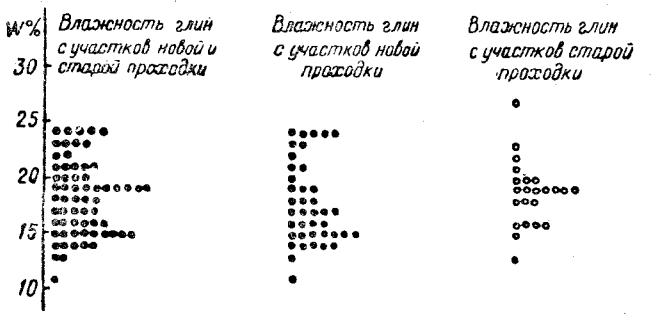
Район	Значения	Наименование показателей	
		естественная влажность, %	коэффициент насыщения
Тихвин	Медианные	15	0,95
	Предельные	11—24	0,85—1,00
Селижарово	Единичные	22	1,00
Нелидово	Медианные	19	0,98
	Предельные	15—26	0,93—1,00
Дорогобуж	Медианные	20	0,94
	Предельные	20—22	0,81—0,99
Щекино	Медианные	19	0,85
	Предельные	12—22	0,71—0,87

Приведенные данные показывают, что средние — медианные — значения естественной влажности для различных районов изменяются от 15 до 20%. Наинизшие значения влажности для района Тихвина достигают 11%, для района Нелидово 15%, для районов Дорогобужа и Щекино соответственно 20 и 19%. Наивысшее значение влажности глин для района Тихвина равно 24%, для районов Нелидово, Дорогобужа и Щекино соответственно 26, 22 и 22%. Для района Тихвина, как видно на рис. 5, наиболее часто повторяющееся значение влажности глин лежит в пределах от 12 до 20%, а для района Нелидово от 17 до 22%. В тех же пределах находится большее количество значений влажности глин и в других районах.

Среднее значение коэффициента насыщения глин изменяется в пределах от 0,85 до 0,98. В условиях естественного залегания коэффициент насыщения, вероятно, равен единице. Значения, меньшие единицы, получаются, повидимому, в результате частичного подсыха-

ния исследуемых образцов, а также в результате некоторого их разуплотнения.

Таким образом, приведенные данные показывают, что естественная влажность глин угленосной свиты умеренна и соответствует породам уплотненным, находящимся в полутвердом состоянии. Однако при



Количество определений	64	41	23	Предельные значения . . .	14—24	14—24	16—23
Медианные значения . . .	18	17	19	Типичные значения . . .	15—22	14—17	18—21

Рис. 6. График, характеризующий изменение влажности глин угленосной свиты Нелидовского месторождения угля (по данным дополнительных исследований)

изменении условий окружающей обстановки влажность и соответственно состояние глин изменяются. Так, например, дополнительное исследование влажности глин в районе Нелидово показало следующее (рис. 6). На участках новой проходки при предельных значениях от 14 до 24% среднее—медианное—значение влажности глин равно 17%

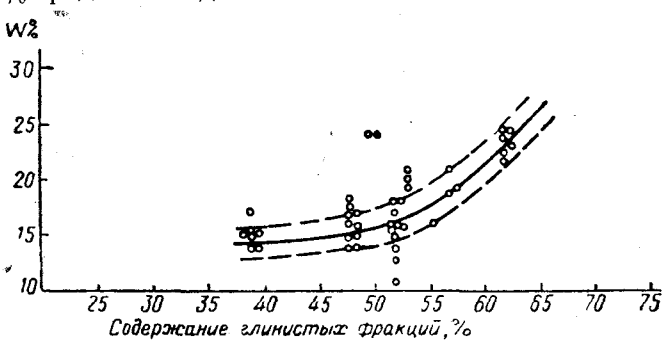


Рис. 7. График зависимости влажности глин от их глинистости. Участки новой проходки Нелидовского месторождения угля

Изменение влажности глин, как следует из рис. 7, имеет связь с изменением их глинистости.

Типичные, наиболее часто повторяющиеся значения влажности глин на участках новой проходки лежат в пределах от 14 до 17%. На участках старой проходки, подверженных пучению, примерно после 12 месяцев их эксплуатации, среднее значение влажности гли

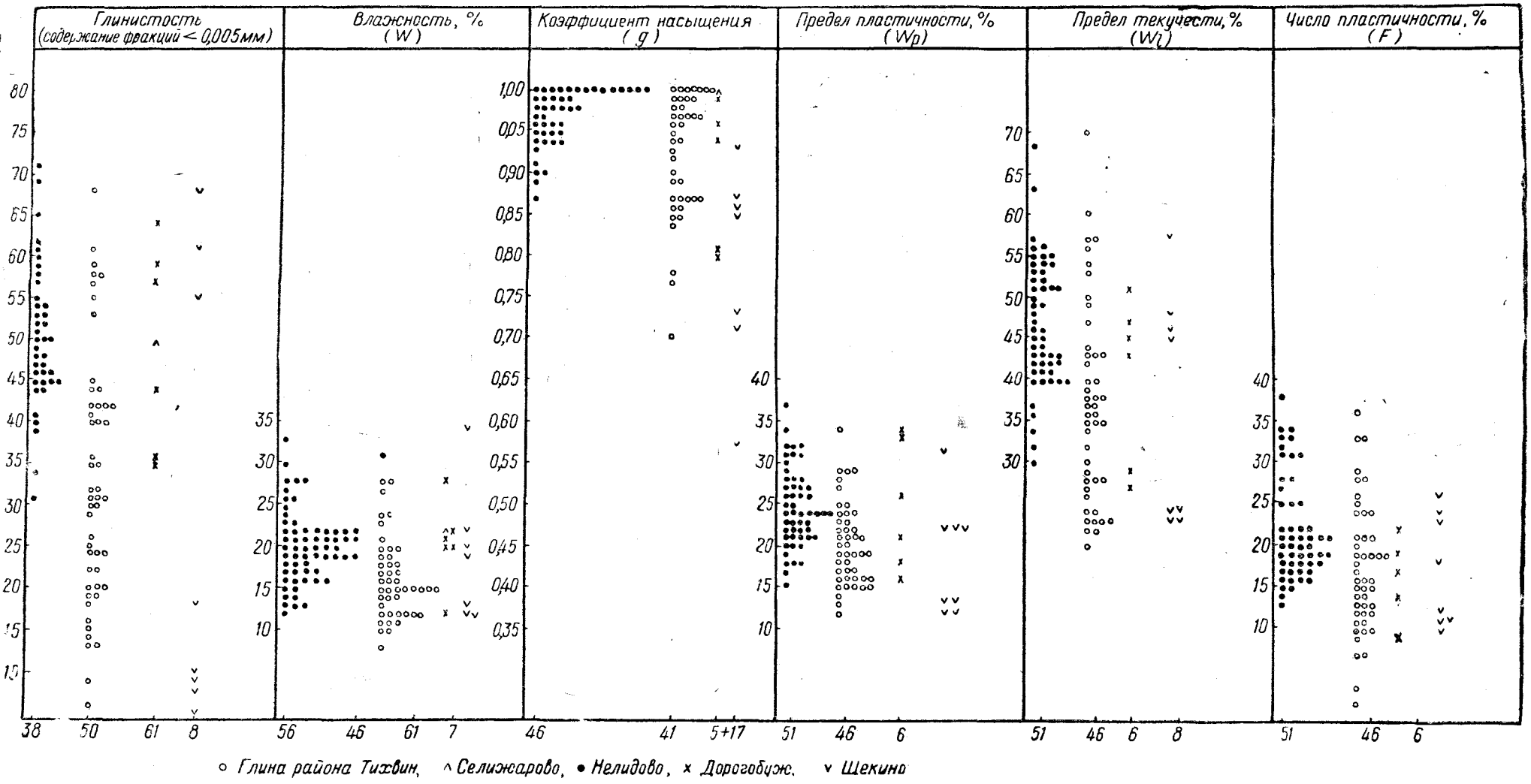


Рис. 5. График показателей физических свойств пластичных глин угленосной свиты нижнего карбона Подмосковного бассейна

равно 19% при предельных значениях от 16 до 23%. Типичное, наиболее часто повторяющееся значение влажности здесь лежит в пределах от 18 до 21%.

Изменение влажности глин с глубиной на участках, подверженных пучению, наглядно показано на рис. 8 (из почвы выработки на различной глубине взято три монолита) и 9.

Влажность глин в пределах верхнего монолита изменяется от 22 — 23% (верх монолита) до 19—21% (низ монолита), в пределах второго — от 14 до 17% и в пределах третьего — от 14 до 15%. Сравнивая влажность монолитов глин с типичной естественной, можно заключить, что влажность глин первого монолита выше типичной естественной примерно на 2—5%, в пределах второго и третьего монолита она соответствует типичной естественной. Следовательно, в этой выработке вполне заметное изменение влажности достигло глубины 0,7 *м* после 12 месяцев ее эксплуатации и явилось, повидимому, условием, способствующим ее деформации.

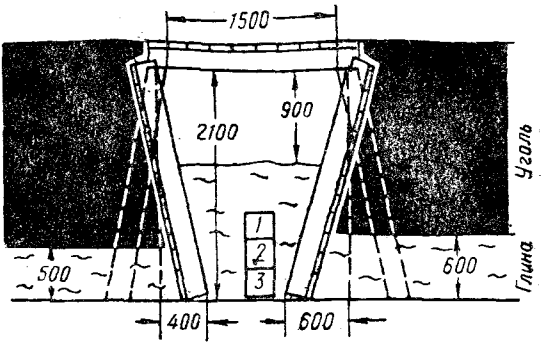


Рис. 8. Изменение влажности глин с глубиной на подверженном пучению участке главного вентиляционного южного штрека Нелидовской шахты. Зарисовка А. И. Морозова

Монолит 1	Монолит 2	Монолит 3
$w_1=23\%$, $w_2=22\%$ — верх	$w_1=15\%$	$w_1=15\%$, $w_2=15\%$
$w_3=19\%$, $w_4=21\%$, $w_5=20\%$ — низ	$w_2=14\%$, $w_3=17\%$	$w_3=14\%$, $w_4=15\%$

Как следует из рис. 9, монолиты были отобраны также из почвы выработки. Влажность глин верхнего монолита отличается от типичной естественной на 2—3%, тогда как влажность нижнего монолита соответствует естественной.

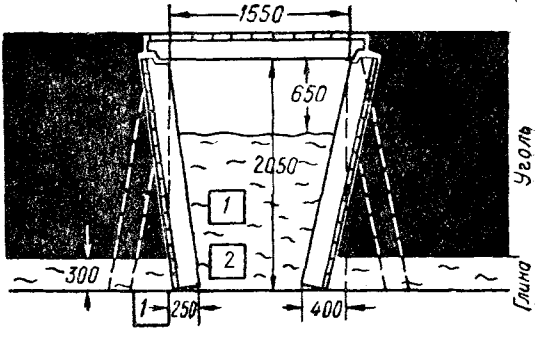


Рис. 9. Изменение влажности глин с глубиной на подверженном пучению участке главного вентиляционного восточного штрека Нелидовской шахты. Зарисовка А. И. Морозова

Монолит 1	Монолит 2
$w_1=19\%$, $w_2=20\%$ — верх	$w_1=17\%$, $w_2=18\%$ — верх
$w_3=19\%$, $w_4=19\%$ — низ	$w_3=17\%$, $w_4=16\%$ — низ

Изменение влажности здесь распространилось на глубину примерно 0,85 *м*. Аналогичных примеров изменения влажности глин по шахтам района Нелидово известно много. Они показывают, что такие явления — следствие изменений окружающей обстановки, естественных условий залегания глин.

Факт изменения влажности глин в почве и кровле подземных выработок при их эксплуатации известен и для района Любытино, где, по данным наблюдений А. А. Алексина [1], изменение влажности глин распространилось на глубину до 2 *м*. Сводка таких наблюдений показана в табл. 8 и на рис. 10 и 11.

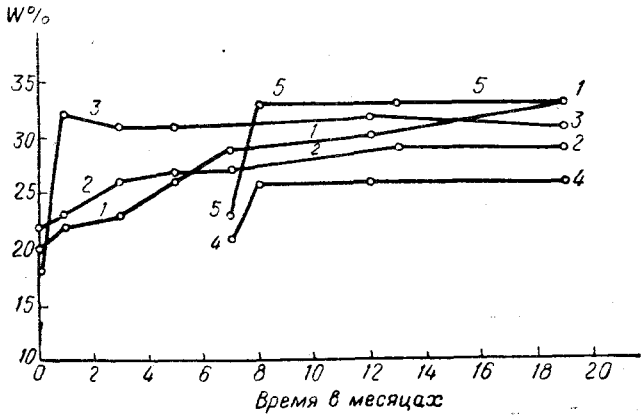


Рис. 10. Изменение влажности глин в процессе эксплуатации горных выработок

Любытинский район

1. Глина черная пластичная
2. Глина темносерая пластичная } Породы кровли

3. Глина пластичная
4. Глина песчаная } Породы рабочего пласта
5. Глина углистая. Породы почвы.

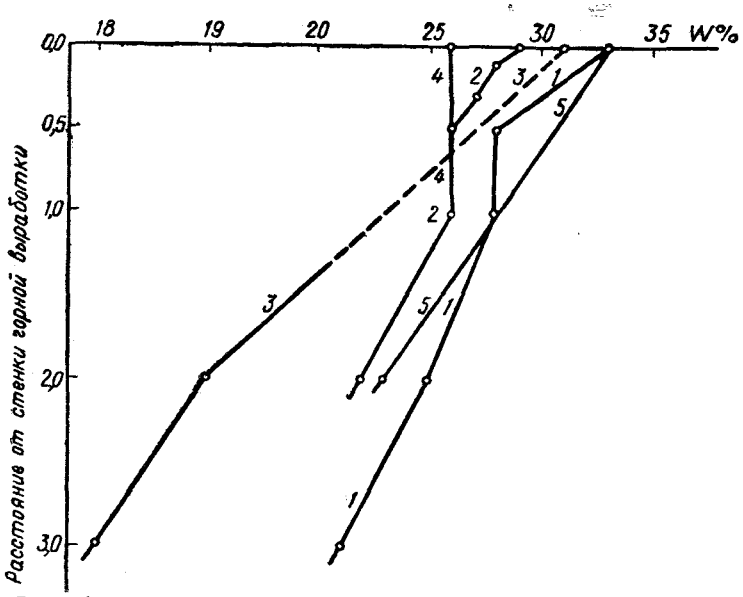


Рис. 11. Влажность глин на различных расстояниях от стенки горной выработки после 12—18 месяцев ее эксплуатации. Любытинский район

Таблица 8

Наименование пород	Дата наблюдения	Влажность в период наблюдений на различных расстояниях от стенки выработки, %						
		на поверхности	10 *см*	30 *см*	50 *см*	1 *м*	2 *м*	3 *м*
Породы кровли								
Глина черная пластичная	16.XI 1939	20	—	—	—	—	—	—
	17.XII 1939	22	20	—	—	—	—	—
	15.II 1940	23	21	—	—	—	—	—
	12.IV 1940	26	24	22	—	—	—	—
	20.VI 1940	29	26	23	23	20	—	—
	18.XI 1940	30	—	28	26	23	—	—
	19.VI 1941	33	—	—	28	28	25	21
Глина темносерая пластичная	23.XI 1939	22	—	—	—	—	—	—
	17.XII 1939	23	22	—	—	—	—	—
	15.II 1940	26	23	—	—	—	—	—
	12.IV 1940	27	24	24	22	—	—	—
	20.VI 1940	27	26	24	24	21	—	—
	18.XII 1940	29	28	28	27	24	22	—
	14.VI 1941	29	28	27	26	26	22	—
Породы рабочего пласта								
	23.XI 1939	18	—	—	—	—	—	—
Глина пластичная . . .	17.XII 1939	32	26	19	—	—	—	—
	15.II 1940	31	31	—	21	—	—	—
Породы рабочего пласта								
	12.IV 1940	31	31	30	31	20	—	—
Глина пластичная . . .	20.VI 1940	—	—	30	—	22	—	—
	18.XI 1940	32	—	—	—	27	19	—
	14.VI 1941	31	—	—	—	—	19	18
	20.VI 1940	21	—	—	—	—	—	—
Глина песчаная	26.VII 1940	26	—	26	—	—	—	—
	18.XI 1940	26	—	—	26	—	—	—
	14.VI 1941	26	—	26	—	26	—	—
Породы почвы								
	26.VI 1940	23	—	—	—	—	—	—
Глина углистая	30.VIII 1940	33	27	23	—	—	—	—
	18.XII 1940	33	33	—	28	23	—	—
	14.VI 1941	33	—	—	28	—	23	—

Как видно из данных, приведенных в табл. 8, за период наблюдений от 12 до 18 месяцев влажность глин в кровле, почве и стенках выработок увеличилась от 18—20% до 31—33%. Изменения влажности глин на глубину распространились в глинах пластичных до 2 *м* и в песчаных до 1 *м*.

Наблюдающиеся изменения влажности глин угленосной свиты при нарушении их естественных условий залегания встречаются и на шахтах южного крыла бассейна. Так, например, на одной из шахт района Щекино при отборе проб глин для изучения их физико-механических свойств установлено, что на участках, подверженных пучению, влажность глины изменяется от 19 до 34%, а на участках, не подверженных пучению, она равнялась всего 12—13%.

Консистенция

Глины угленосной свиты при естественной влажности имеют твердую или полутвердую консистенцию. Они жирные на ощупь, плотные, при изломе дают неровную грубую раковистую поверхность или колются по скрытым волосным трещинам или по поверхности слоев. На поверхности излома глины, как уже отмечено было выше, часто имеют следы, напоминающие „зеркала скольжения". Разрабатываются глины обычно ударными инструментами и отбойными молотками.

Результаты определений пределов консистенции глин по образцам нарушенной структуры и сложения приведены на рис. 5 и в табл. 9.

Таблица 9

Район	Значения	Наименование показателей			
		естественная влажность	предел пластичности	предел текучести	число пластичности
Тихвин	Медианные	15	19	36	16
	Предельные	11—24	15—27	23—54	10—28
Селижарово . . .	Единичные	22	—	—	—
Нелидово	Медианные	19	24	46	20
	Предельные	15—26	19—31	40—55	16—32
Дорогобуж . . .	Медианные	20	26	43	17
	Предельные	20—22	18—33	29—47	13—19
Щекино	Медианные	19	22	45	18
	Предельные	12—22	12—22	23—48	11—24

Пластичные глины угленосной свиты, как следует из рис. 5 и табл. 9, действительно являются породами весьма пластичными. Они имеют высокие значения влажности при пределах пластичности и текучести. Среднее — медианное — значение числа пластичности их изменяется от 16 до 20 при предельных значениях от 10 до 28 для района Тихвина; от 16 до 32 для района Нелидово и соответственно от 13 до 19 и от 11 до 24 для районов Дорогобужа и Щекино.

По всем показателям пластичности степень однородности глин неодинаковая. В районе Тихвина глины более неоднородные, чем в районах Нелидово, Дорогобужа и Щекино.

Сравнивая естественную влажность глин с влажностью при их пределе пластичности, можно констатировать, что последняя в большинстве случаев выше их естественной влажности; редко равна ей или несколько меньше ее. Влажность глин при пределе текучести всегда значительно выше их естественной влажности. Следовательно, при нарушении структуры глины (в перемятом состоянии) в большинстве случаев должны иметь полутвердую или твердую консистенцию и реже тугопластичную или пластичную. На рис. 12 приведен

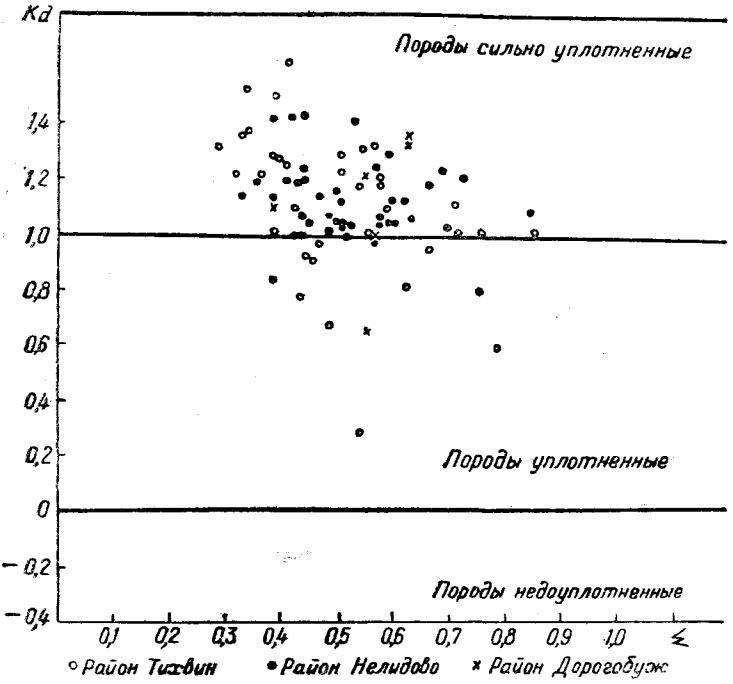


Рис. 12. График, характеризующий степень естественной уплотненности глин

график, характеризующий степень естественной уплотненности глин (по В. А. Приклонскому). Значения показателя естественной уплотненности глин (k_a) для решительного большинства случаев имеют величину, бо́льшую единицы. Следовательно, глины являются породами сильно уплотненными, имеющими полутвердое или твердое состояние.

Перемятые образцы такой глины при их естественной влажности пластичной массы образовать не могут. На рис. 12 также видно, что для очень небольшого числа случаев показатель естественной уплотненности имеет величину от 0,2 до 1,0. При таких значениях степень уплотненности глин должна быть средняя, они должны находиться в явно- или скрытопластичном состоянии.

Размокание

Одним из важнейших показателей качественной оценки устойчивости глин является поведение их при воздействии воды. Как уже отмечалось, при нарушении, например, естественных условий залегания

глин в результате проходки горных выработок, в приповерхностных их горизонтах изменяется естественная влажность. В „мокром" виде глины становятся неустойчивыми.

Из опыта эксплуатации горных выработок в Любытино, Нелидово и многих выработок южного крыла бассейна известно, что при пуске воды по выработкам или при их затоплении глины „раскисают", становятся мягкими, набухают и обнаруживают разкое увеличение давления на крепи выработок, вызывая их деформацию. Однако при этом следует отметить, что явное изменение физического состояния глин, как правило, обнаруживается только на глубине 5—10, максимум 20—30 *см*. Глубже глины сохраняют прежнее твердое состояние. Так, например, при отборе монолитов из выработок старой проходки Нелидовского месторождения угля всегда отмечалось, что под слоем в 10—20, максимум 30 *см* мягкой глины находились глины в твердом состоянии, которые разрабатывались с трудом отбойным молотком. Влажность же их на этой глубине была обычно выше нормальной естественной.

Лабораторные исследования размокания глин показывают, что скорость разрушения их в воде неодинакова: вначале она более интенсивна и заметна, а затем весьма медленна и мало заметна. В целом же размокание описываемых глин происходит медленно. Образцы глин размером 5×5×5 *см*, погруженные в воду, обычно разрушаются в течение 2—4, 7—10 суток, в отдельных случаях в течение 15—16 суток. Процесс разрушения в большинстве случаев однообразен и состоит в следующем. При погружении образцов в воду сразу начинается быстрое, а иногда медленное отделение мельчайших частиц, которое постепенно ослабевает. После 2—3 часов пребывания образцов в воде обнаруживается некоторое нарушение их вертикальных граней, обозначается слоистость или следы скрытых трещин.

При дальнейшем пребывании образцов в воде они разделяются на 2—3 равные или неравные части и в этом виде сохраняются несколько суток. Дальнейшее полное разрушение образцов глин выражается обычно в разделении их на еще более мелкие части неправильной формы.

Большая неоднородность состава глин Тихвинского района сказывается и на их устойчивости в воде. Лабораторные наблюдения показывают, что скорость размокания этих глин более неравномерна и иногда полное разрушение образцов (размером 5×5×5 *см*) завершается всего через 18—20 часов.

Набухание

Опыт эксплуатации горных выработок Подмосковного бассейна показывает, что пучение („поддувание") почвы — явление обычное. „Поддувание" почвы имеет место везде, отличаясь лишь на разных участках разной интенсивностью. Вследствие этого горные выработки испытывают значительные деформации. Для поддержания выработок в рабочем состоянии обычно приходится производить многократное их перекрепление и поддирки почвы, кровли и боков. В отдельных же случаях это достигается только устройством сплошной бетонной крепи.

Наблюдениями установлено, что интенсивность пучения глин в выработках в значительной степени зависит от глубины подрывки глин почвы при проходке выработок и от степени увлажнения вырабо-

ток. С увеличением того и другого интенсивность пучения увеличивается. Одним из факторов, обусловливающих пучение глин в выработках, является их набухание при впитывании ими воды. Способность глин к набуханию, например, нелидовских, в лабораторных условиях изучалась нами в обычном компрессионном или специальном приборе конструкции А. М. Васильева.

Результаты таких исследований приведены в табл. 10.

Таблица 10

Влажность начальная, %	Влажность набухания, %	Увеличение влажности при набухании, %	Общее набухание, %	Набухание при увеличении влажности на 1%	Влажность начальная, %	Влажность набухания, %	Увеличение влажности при набухании, %	Общее набухание, %	Набухание при увеличении влажности на 1%
17	18	1	5,8	5,8	13	21	8	11,0	1,37
16	22	6	9,5	1,6	16	23	7	8,5	1,21
28	37	9	18,7	2,1	20	30	10	13,5	1,35
15	21	6	10,5	1,75	20	41	21	33,4	1,59
20	26	6	10	1,66	24	37	13	18,7	1,44
13	24	11	10	0,91	15	25	10	13,7	1,37
22	27	5	7,5	1,5	20	31	11	22	2,0
21	29	8	20,6	2,58	19	32	13	21,6	1,66
21	28	7	23,7	3,4	18	30	12	20,4	1,70
25	35	10	17,7	1,77	19	29	10	19,0	1,90
26	35	9	14,0	1,56					

Как видно из данных, приведенных в табл. 10, общее набухание глин может достигнуть 33,4%, но в большинстве случаев оно равно 10—20%.

Кривые изменения приращения высоты образцов (в процентах от начальной их высоты) во времени, иллюстрирующие ход процесса набухания, приведены на графиках рис. 13, 14. Вначале набухание, как показывают графики, протекает интенсивно. Через 3—5 часов от начала опыта начинается замедление процесса, а через 50—60 часов наступает полная стабилизация, и кривые, характеризующие этот процесс, ложатся почти параллельно оси времени.

Величина набухания глин при увеличении влажности на 1% (удельное набухание) изменяется от 0,91 до 5,8%. Преобладающее количество значений приближается к 2%.

Величина набухания, т. е. влажность, соответствующая моменту полной стабилизации процесса набухания глин, для всех проб глин, отобранных из Нелидовской шахты, почти точно равна влажности, соответствующей пределу их пластичности (рис. 15); для проб глин с других участков она выше влажности предела их пластичности.

Следовательно, если учесть, что интенсивное набухание глин происходит только в начальный момент их увлажнения, предел пластичности глин вполне можно считать показателем качественной оценки склонности глин к набуханию. Если естественная влажность выше предела их пластичности, то нет оснований ожидать значительного набухания глин.

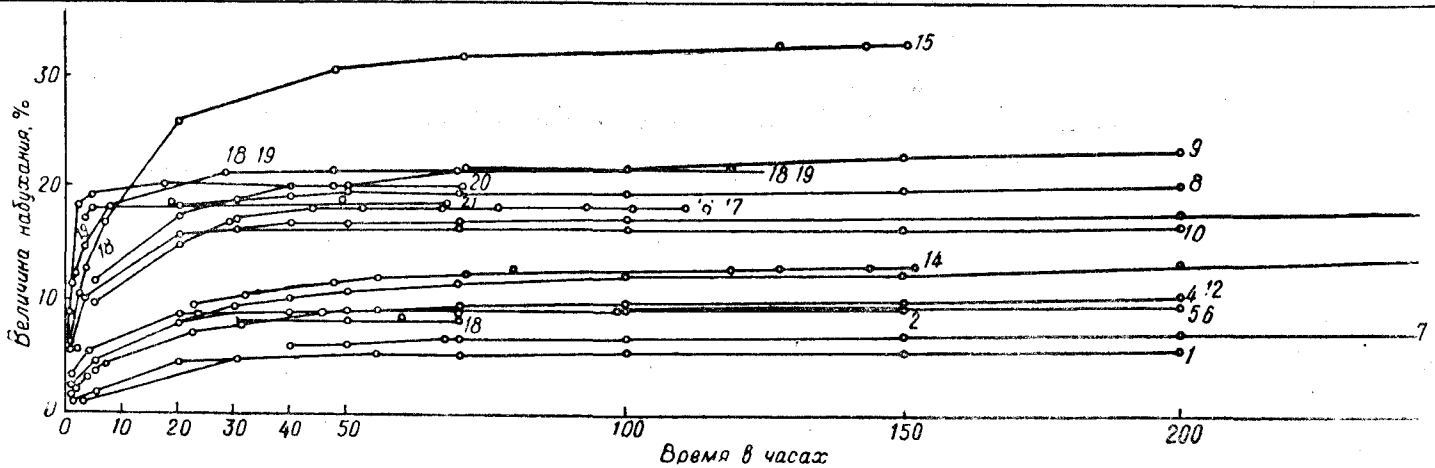


Рис. 13. Кривые набухания глин угленосной свиты Нелидовского месторождения угля

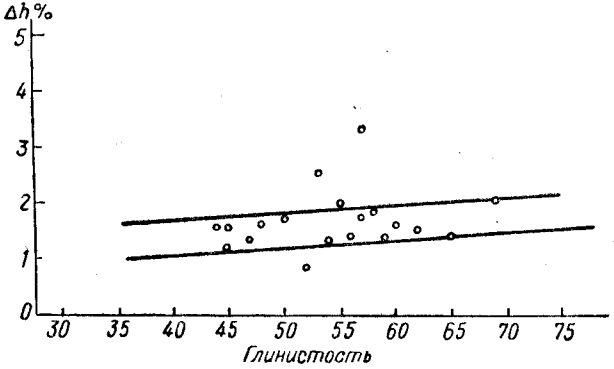


Рис. 14. График зависимости величины удельного набухания глин от степени их глинистости

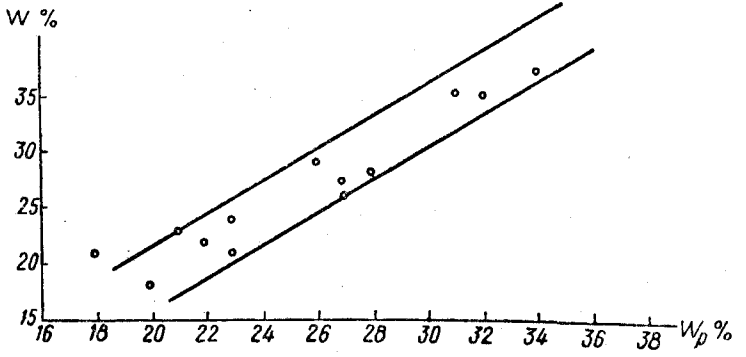


Рис. 15. График связи влажности набухания глин из Нелидовской шахты и влажности, соответствующей их пределу пластичности

Сила — давление набухания — глин достигает значительной величины. При испытании глин в компрессионном приборе оказывалось, что для предупреждения их набухания необходима была пригрузка в 2,5—3,5 *кг/см*^{2}.

Переходя к оценке природы пучения глин в горных выработках, необходимо учесть следующие факты.

Каолинитовый состав глин и малая емкость их поглощения не позволяют считать эти породы „пучинистыми". С другой стороны, высокая пылеватость глин, как и у всех пылеватых пород, предопределяет склонность их снижать внутреннее трение и сцепление при увлажении и повышать их подвижность. Следовательно, вещественный состав глин характеризует их как породы, склонные к изменению состояния подвижности, а не как породы „пучинистые".

В условиях естественного залегания глины имеют высокую плотность, умеренную влажность и ведут себя как породы твердые, полускальные. В сухих выработках глины обнаруживают полную устойчивость и заметных деформаций не проявляют. При пуске воды по выработкам или при их затоплении состояние глин резко изменяется, начинается поддувание почвы, деформация крепи, и через несколько месяцев выработки оказываются полностью сдавленными. На рис. 8, 9, 16 и 17 представлены деформации, связанные с течением — выжиманием — глин со стороны боков и почвы внутрь выработки. В результате вертикальные стойки крепи на уровне почвы всегда сдавлены и наклон их изменен в обратную сторону. В глинах же появляется слоистость течения.

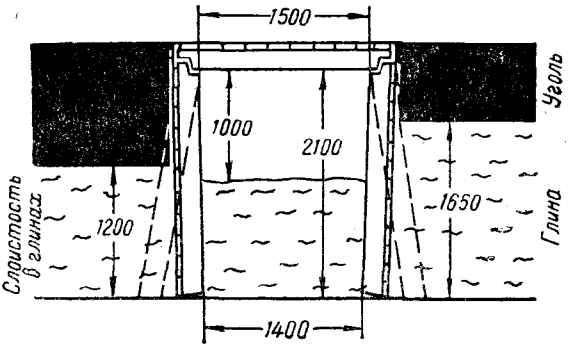


Рис. 16. Результаты пучения — поддувания — почвы главного откаточного штрека Нелидовской шахты. Зарисовка А. И. Морозова

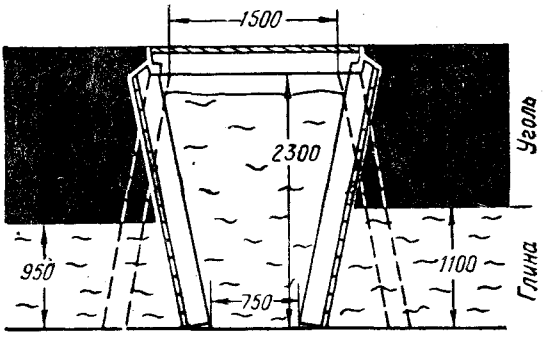


Рис. 17. Результаты пучения — поддувания — почвы главного вентиляционного штрека Нелидовской шахты. Зарисовка А. И. Морозова

Такой характер деформаций выработок показывает, что пучение глин в горных выработках есть результат не просто набухания, а результат выжимания их внутрь выработок действием горного давления. Собственно же набухание глин при этом усиливает общий процесс пучения. Интересно заметить, что нарушения кровли выработок всегда очень малы по сравнению с деформациями их почвы, так как условия для увлажнения глин кровли неблагоприятны.

Специальные измерения величины горного давления в выработках Нелидовской шахты, произведенные С. М. Шайтановым, показывают, что со стороны почвы давление достигает 8 *кг/см*^{2}, а со стороны

кровли 4—5 *кг/см²*. Горное давление со стороны почвы усилено почти на ту же величину, которая нами определена для силы набухания (2,5—3,5 *кг/см²*).

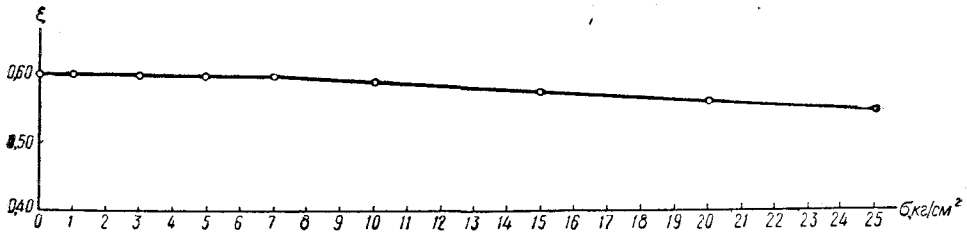
Следовательно, пучение глин в горных выработках в основном связано не со способностью глин набухать, а главным образом с их свойством при увлажнении изменять свое состояние, терять нужную устойчивость и прочность и выжиматься внутрь выработок под действием горного, а, возможно, и гидростатического давления. Набухание же глин, обусловленное именно свойствами глин, усиливает этот процесс и тем значительнее, чем больше выработки врезаны в глины.

Подтверждением такого вывода может служить и тот факт, что объем поддутой породы, поступающей в выработки, несравненно больше того объема, который мог бы поступить в выработки только при набухании глин.

Механические свойства

Сжимаемость

Лабораторные исследования сжимаемости пластичных глин угленосной свиты проводились путем испытания их на компрессию. Уплотнению подвергались образцы глин естественной структуры, насыщенные водой, т. е. соответствующие естественным условиям залегания.



Коэффициент пористости при нагрузке, *кг/см²*									*a* *см²/кг*
0	1	3	5	7	10	15	20	25	
0,605	0,605	0,605	0,605	0,604	0,595	0,581	0,566	0,549	0,003

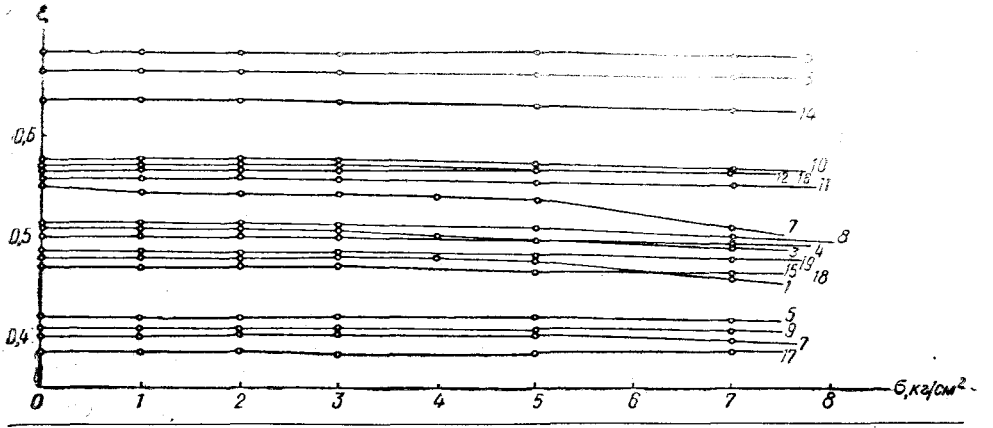
Рис. 18. Компрессионная кривая для глин угленосной свиты Селижаровского месторождения угля

Результаты таких исследований, представленные на рис. 18, 19 и 20, показывают весьма малую деформируемость глин угленосной свиты. Эффективное давление для них достигает 5—7 *кг/см²* и соответствует природной бытовой нагрузке.

Значения коэффициента сжимаемости весьма малы и варьируют от 0,0003 до 0,005 *см²/кг*.

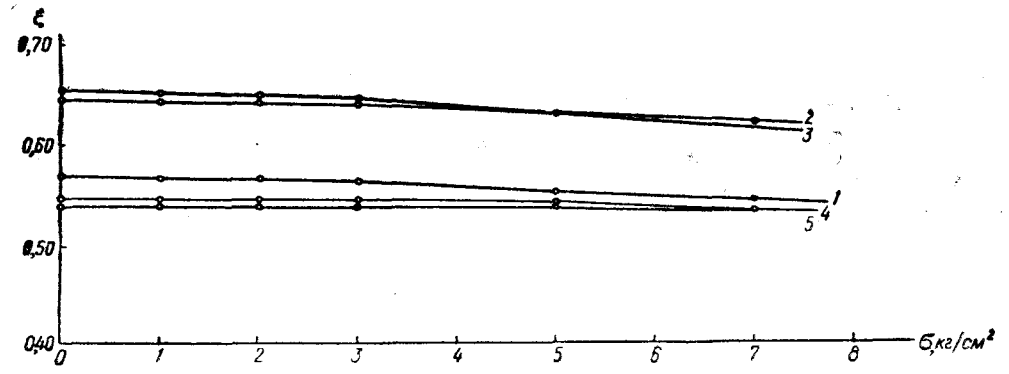
Относительная деформация глин в пределах нагрузок до 25 *кг/см²* измеряется десятыми долями процента и редко превышает 1—2%.

Приведенные данные указывают на высокую уплотненность глин угленосной свиты.



Номер кривой	Коэффициент пористости при нагрузке, кг/см²							a см²/кг
	0	1	2	3	4	5	7	
1	0,482	0,482	0,482	0,482	0.481	0,480	0,460	0.004
2	0,556	0,548	0,546	0,545	0,543	0,540	0,513	0,005
3	0,513	0,513	0,511	0,508	0,503	0,499	0,492	0,004
4	0,502	0,502	0,502	0,502	—	0,500	0,495	0,002
5	0,422	0,422	0,422	0,422	—	0,421	0,419	0,001
6	0,689	0,689	0,689	0,688	—	0,687	0,684	0,001
7	0,403	0,403	0,403	0,403	—	0,402	0,397	0,002
8	0,516	0,514	0,516	0,516	—	0,512	0,503	0,003
9	0,410	0,410	0,410	0,409	—	0,408	0,406	0,0005
10	0,580	0,580	0,580	0,519	—	0,576	0,570	0,002
11	0,563	0,563	0,563	0,561	—	0,558	0,554	0,002
12	0,572	0,572	0,572	0,572	—	0,570	0,567	0,001
13	0,669	0,669	0,669	0,668	—	0,666	0,613	0,001
14	0,640	0,640	0,640	0,640	—	0,635	0,630	0,002
15	0,473	0,473	0,473	0,473	—	0,472	0,472	0,0003
16	0,575	0,575	0,574	0,573	—	0,571	0,568	0,001
17	0,387	0,387	0,387	0,386	—	0,384	0,384	0,001
18	0,477	0,477	0,476	0,473	—	0,471	0,468	0,002
19	0,487	0,487	0,486	0,485	—	0,484	0,482	0,001

Рис. 19. Компрессионные кривые для глин угленосной свиты Нелидовского месторождения угля



Номер кривой	Коэффициент пористости при нагрузке, кг/см²						a см²/кг
	1	2	3	4	5	7	
1	0,568	0,568	0,566	0,563	0,552	0,544	0,004
2	0,645	0,645	0,643	0,648	0,634	0,625	0,002
3	0,654	0,653	0,650	0,647	0,633	0,623	0,004
4	0,546	0,546	0,545	0,544	0,543	0,538	0 001
5	0,539	0,539	0,539	0,539	0,538	0,537	0,0005

Рис. 20. Компрессионные кривые для глин угленосной свиты Дорогобужского месторождения угля

Прочность

Подтверждением высокой уплотненности глин угленосной сви являются и результаты непосредственных испытаний их на прочност Материалы таких испытаний не многочисленны и в общем однозначн (табл. 11).

Таблица

Район	Временное сопротивление сжатию, *кг/см²*	Влажность глин при деформации, %	Материалы исследований	Район	Временное сопротивление сжатию, *кг/см²*	Влажность глин при деформации, %	Материал исследов ний
Селижарово	5,3	—	Л. Н. Мальцева и др.	Селижарово	11,3	19,6	Л. Н. Ма цева и др
»	6,2	22		»	12,9	15,2	
»	24,7	12,2		Нелидово	14,1	11,8	В. Д. Ло тадзе
»	20,5	12,9		»	5,4	11,7	
»	21,0	13,8		»	7,2	11,8	
»	9,7	—		»	8,4	15,7	
»	18,2	18,4					

Из данных, приведенных в табл. 11, видно, что временное сопр тивление сжатию глин изменяется от 5,3 до 24,7 *кг/см²* для райо Селижарово и от 5,4 до 14,1 *кг/см²* для Нелидово. Приведенные да ные указывают на достаточно высокую прочность глин и вполн позволяют квалифицировать их как породы, близкие к типу пол скальных. Однако механическая прочность глин неоднородна, ч объясняется наличием в глинах слоистости, скрытой трещиноватос и т. д.

Сопротивление сдвигу

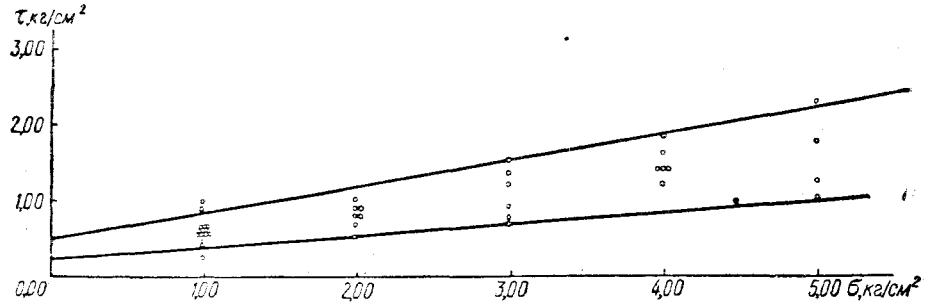
Испытание глин на сдвиг, так же как и на компрессию, прои водилось при естественной их структуре в насыщенном водой состо нии. Результаты испытаний глин района Тихвина показаны на рис. 2 района Селижарово и Дорогобужа — на рис. 22 и района Нелидово — н рис. 23.

Максимальные значения коэффициента внутреннего трения, ка видно из рис. 21, 22, 23, для всех четырех районов очень близки равны 0,36—0,39. Максимальный угол внутреннего трения глин соо ветственно равен 20—21°. Минимальные значения коэффициента вну треннего трения изменяются от 0,16 до 0,28, а угол внутреннего тр ния от 9 до 15°. Коэффициент сцепления глин изменяется от 0,1 д 0,87 *кг/см²*.

Медианное значение коэффициента сцепления для всех районо равно 0,3—0,35 *кг/см²*.

Сопротивление глин сдвигу изменяется в зависимости от величин их влажности (рис. 24, *а*). При уменьшении влажности глин сопроти ление сдвигу их при каждой ступени нормальной нагрузки возрастае

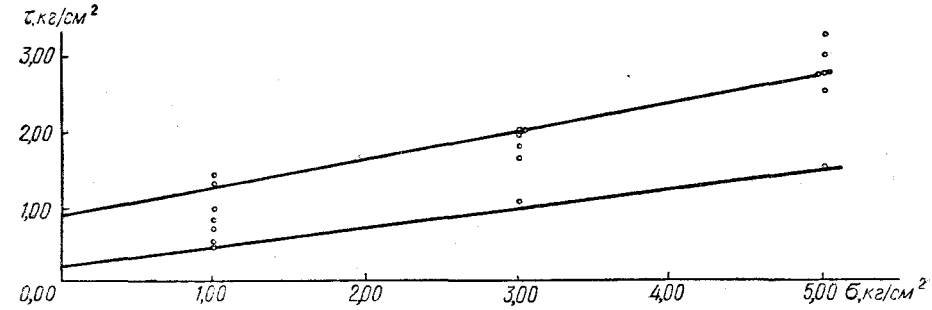
На рис. 24, *б* показана зависимость изменения сопротивления гли сдвигу от нормальной нагрузки для всех трех характерных значени влажности глин: типичной естественной (17%), примерно средне медианной (20%) и средней влажности при пределе пластичности (24%) Коэффициент внутреннего трения в пределах названных трех харак терных значений влажности изменяется мало (от 0,249 до 0,264, φ о 14° до 14°45′), а коэффициент сцепления больше (от 0,3 до 0,5 *кг/см²*)



Значения	Сдвигающие усилия при нормальной нагрузке 1, 2, 3, 4, 5 кг/см²					tg φ	φ°	C кг/см²
	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5			
Макс.	0,85	1,15	1,50		2,40	0,389	20°15′	0,50
Мин.	0,35	0,50	0,55		1,00	0,162	9°15′	0,25

По данным 15 опытов

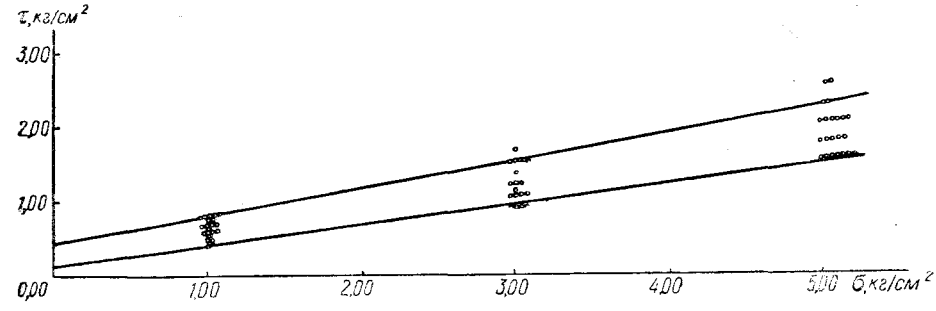
Рис. 21. График зависимости сопротивления глин сдвигу от нормальной нагрузки. Глины района Тихвина



Значения	Сдвигающие усилия при нормальной нагрузке 1, 3, 5 кг/см²			tg φ	φ°	C кг/см²
	τ_1	τ_3	τ_5			
Макс.	1,25	2,00	2,75	0,375	20°39′	0,87
Мин.	0,45	0,95	1,50	0,252	14°45′	0,02

По данным 7 опытов

Рис. 22. График зависимости сопротивления глин сдвигу от нормальной нагрузки. Глины района Селижарова и Дорогобужа



Значения	Сдвигающие усилия при нормальной нагрузке, 1, 3, 5 кг/см²			tg φ	φ°	C кг/см²
	τ_1	τ_3	τ_5			
Макс.	0,80	1,50	2,25	0,362	20°	0,4
Мин.	0,40	0,90	1,50	0,275	15°	0,1

По данным 22 опытов

Рис. 23. График зависимости сопротивления глин сдвигу от нормальной нагрузки. Глины района Нелидово

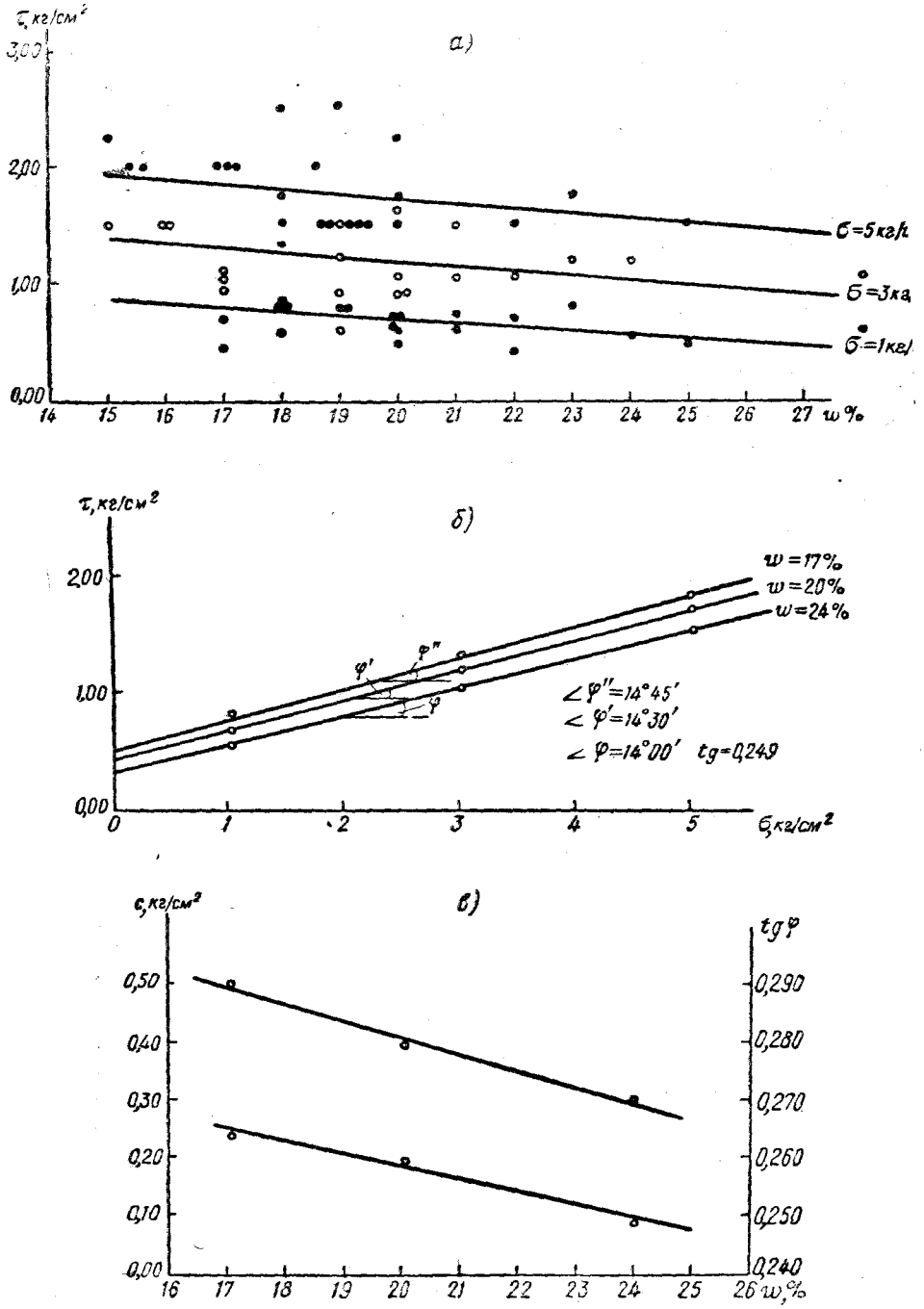


Рис. 24. Зависимость сопротивления глин сдвигу от их влажности. Глины района Нелидово

В пределах всего бассейна, как показано выше, глины в условиях естественного залегания по показателям их естественной уплотненности и консистенции, как правило, находятся в твердом или полутвердом состоянии. При этом влажность глин при пределе их пластичности может служить показателем склонности их к набуханию, склонности обнаруживать подвижность и давление пучения. Поэтому за расчетный показатель сопротивления глин сдвигу следует принимать соответствующий именно этой влажности. При такой влажности, как видно из приведенных выше данных, коэффициент внутреннего трения равен 0,249, а коэффициент сцепления 0,3 *кг/см*^{2}. Значение последнего является одновременно средним — медианным — для разных пунктов бассейна.

Сопротивление разрыву

Многочисленные опыты по испытанию глин на разрыв по образцам естественной структуры и влажности показывают большую неоднород-

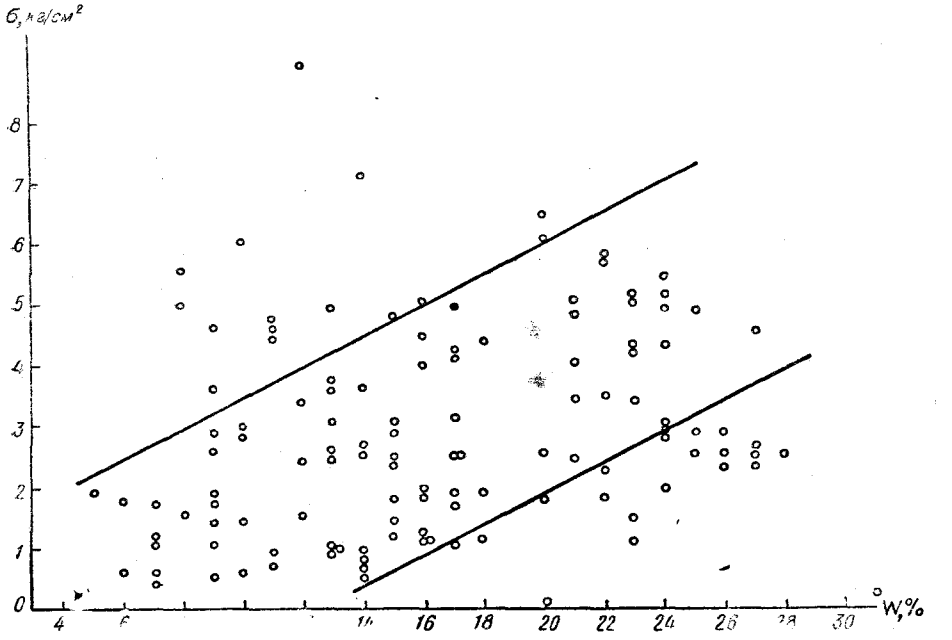


Рис. 25. График зависимости сопротивления глин разрыву от их влажности

ность их в этом отношении (рис. 25). По данным 22 опытов, проведенных с глинами района Нелидово, сопротивление разрыву изменяется от 0 до 6,5 *кг/см*^{2}. По 100 опытам, выполненным А. И. Морозовым с глинами того же района, сопротивление разрыву изменяется от 0,28 до 8,96 *кг/см*^{2}. Из 10 опытов с глинами Тихвина наименьшее значение сопротивления разрыву равнялось 0,28 *кг/см*^{2}, а наибольшее 3,28 *кг/см*^{2}.

Приведенные данные показывают, что сопротивление глин разрыву изменяется в очень широких пределах, что целиком определяется их состоянием. Глины находятся, как правило, в твердом или полутвердом состоянии, при котором прочность их больше определяется степенью их нарушенности трещинами. Действительно, при преобладающем большинстве опытов глины разрывались целиком или частично по плоскостям слоистости или трещин. На плоскостях трещин часто

наблюдались следы „зеркал скольжения". Очень много опытов провести совершенно не удалось, так как при подготовке к ним образцы уже без приложения нагрузки распадались на части по плоскостям слоистости или трещин. Разрыв же глин по „целым" поверхностям происходил редко, при всех случаях сопротивление разрыву оказывалось наибольшим.

При некотором повышении влажности глин благодаря возрастающей связности глин по плоскостям трещин и слоистости наблюдается повышение их прочности на разрыв (рис. 25). Наоборот, при понижении влажности связность по этим плоскостям уменьшается.

При низкой влажности высокая прочность глин наблюдается только в случае отсутствия в испытуемом образце явно выраженных слоистости или трещин. Учитывая сравнительно низкую степень влажности глин в естественных условиях их залегания, высокую нарушенность трещинами, наличие слоистости, прослойков угля, сажи и песка, в качестве расчетных значений сопротивления глин разрыву следует рекомендовать наинизшие, не превышающие 0,6 *кг/см*^{2}.

Заключение

1. В Подмосковном угольном бассейне значительную часть разреза угленосной свиты занимают глины. Среди них наибольшим распространением пользуются пластичные разности. Они имеют почти непрерывное региональное распространение в пределах западного и южного крыльев бассейна и являются вмещающими породами как пачек угля, так и глин других разностей (сухарных, полупластичных и др.).

Почти на всех шахтах и рудниках Подмосковного бассейна все горные выработки проходят по глинам или по углю, но с подрывкой кровли и почвы. Следовательно, изучение инженерно-геологических свойств этих отложений представляет интерес прежде всего с точки зрения горного дела.

2. Угленосная свита нижнего карбона Подмосковного бассейна образует определенный стратиграфический и фациальный комплекс континентальных и прибрежно-морских осадков. Пластичные глины занимают значительную часть разреза этой свиты и имеют очень широкое распространение, являются легкими пылеватыми разностями существенно каолинитового состава, обладающими низкой обменной способностью.

3. Пластичные глины по своим физическим свойствам и состоянию являются породами сильно уплотненными, находящимися в твердом или полутвердом состоянии. Реже плотность этих глин может быть оценена как средняя, а консистенция—как скрытопластичная. Глины эти являются слабо сжимаемыми, обладают сравнительно высокой прочностью и могут быть отнесены к типу пород полускальных. Однако следует заметить, что по своим механическим свойствам глины неоднородны, что объясняется наличием в них слоистости, скрытой трещиноватости, прослоев угля, сажи и песка,

4. При нарушении естественных условий залегания и, особенно, при увлажнении глин они заметно изменяют свое состояние — „раскисают", становятся мягкими, набухают и обнаруживают резкое увеличение давления на крепи выработок, вызывая их деформацию. Пучение—поддувание—глин в горных выработках, как следует из приведенных материалов, в основном связано не со способностью глин набухать, а главным образом с тем, что при увлажнении они изме-

няют свое состояние, теряют нужную устойчивость и прочность и выжимаются внутрь выработок действием горного, а, возможно, гидростатического давления. Набухание же глин, обусловленное именно свойствами глин, усиливает этот процесс и тем значительнее, чем больше выработки врезаны в глины.

Замечено, что при естественной влажности глин ниже предела их пластичности глины набухают тем больше, чем ниже их естественная влажность. Поэтому предел пластичности глин можно рекомендовать в качестве показателя для оценки склонности их к набуханию.

Поступило
15 июня 1951 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексин А. А., Влияние набухания глин на устойчивость горных выработок, Огнеупоры, 1946, № 4—5.
2. Аншелес О. М., Микроскопическое исследование глин Череповецкой губернии, Известия Геолкома, 1927, № 46, 2.
3. Баженова М. М., Результаты петрографического исследования песчано-глинистых пород Селижаровского района, Записки Ленинградского горного института, 1939, т. 3.
4. Брунс Е. П., К литологии песчано-глинистой толщи Боровичского района, Известие ЛГГГТ, 1935, № 2—3 (7—8).
5. Викулова М. Ф., Изучение вещественного состава и морфологии залежей огнеупорных глин нижнего карбона Боровичско-Любытинского района, Литологический сб. 1, Ленгосгеолиздат, 1939.
6. Викулова М. Ф., Осадочные месторождения огнеупорных глин. Карбон-неметаллические ископаемые СССР, изд. АН СССР, 1941, т. 4.
7. Вишняков С. Г., Предварительные результаты литологического исследования в Тихвинском бокситовом районе, Известия ЛГГГТ, 1935. № 23 (7—8).
8. Гончаров В. В., К минералогии и генезису „сухаря", Труды Ломоносовского института АН СССР, серия минералогическая, 1937, вып. X.
9. Гончаров В. В., Боровические глины. Строительные материалы, 1932, № 3, 4, 5.
10. Гончаров В. В. и Колмыкова Н., Глины месторождения Междуречья, Строительные материалы, 1932, № 7.
11. Гончаров В. В. и Буссен А., Глины месторождения Шереховичи, Огнеупоры, 1934, № 9.
12. Глины Московской области, Труды Московского геолого-разведочного треста, серия 2, Полезные ископаемые, 1931, вып. 2
13. Земятченский П. А., Глины СССР, изд. АН СССР, 1935.
14. Земятченский П. А., Боровический „сухарь". К познанию русских глин, Отчет о деятельности КЕПС, 1923, № 18.
15. Земятченский П. А., Поглотительные свойства русских глин, Материалы изучения естественно-производительных сил, Комиссия при Российской Акад. Наук, 1919, вып. I—II.
16. Зильберминц В. А., Вытегорские глины, изд. Геолкома, Материалы по общей и прикладной геологии, 1921, № 55.
17. Корженевская А. С., Обследование огнеупорных глин Подмосковного бассейна в 1926 г., Труды Всесоюзного Геолого-разведочного объединения, 1932, вып. 80.
18. Корженевская А. С. и Швецова Л. В., Огнеупорные глины Селижарово-Андреапольского района Калининской обл., Бюллетень Института огнеупоров, 1937, № 3.
19. Коссовская А. Г., О распределении каолинитовых и монотермитовых глин в нижне-каменноугольных отложениях Подмосковного бассейна, Бюллетень Московского общества испытателей природы, 1949, т. XXIV, вып. 1.
20. Клейнберг А. Т., Химико-минералогическая характеристика огнеупорных глин Боровичско-Любытинского и Тихвинского районов, ГИКИ, 1933.
21. Попов В. И. и Лучицкий И. В., К вопросу о генезисе угленосной толщи нижнего карбона южного крыла Подмосковного бассейна, Проблемы советской геологии, 1938, № 2.

22. Пуарс И. В., Строение и состав некоторых образцов Тихвинских бокси тов по результатам микроскопического анализа, Труды ЛГРТ, 1936, вып. 12.
23. Родионов А., Месторождения высокосортных огнеупорных гли в окрестностях ст. Суворово Тула — Лихв. ж. д., Известия Московского геологиче ского треста, 1935, № 3, вып. 3—4.
24. Разумова В. Н., Материалы по петрографии глин, Труды ВИМС, 193 ч. I, вып. 137.
25. Струтинский Л. Б., Рентгенографическое исследование глин, Журна русского физико-химического общества, часть химическая, 1926, т. VIII, вып. 3—4
26. Сарычева Т. Г., К вопросу о сопоставлении нижнекаменноугольны отложений южного и северо-западного крыльев Подмосковного бассейна, Известия Московского геолого-разведочного треста, 1933, вып. I, II.
27. Ульмер А. Э., Нижнекаменноугольные отложения Подмосковной котловины Госгеолиздат, 1946.
28. Ульмер А. Э., К литостратиграфии нижнего карбона Сев.-Зап. крыла Подмосковного бассейна, Известия ЛГГГТ, 1935, № 2—3 (7—8).
29. Ульмер А. Э., К вопросу о стратиграфии и генезисе осадков нижнего кар бона Сталиногорско-Донского района, Проблемы советской геологии, 1938, № 2
30. Ульмер А. Э., К литостратиграфии нижнего карбона Сев.-Зап. крыла Подмосковного бассейна, Известия ЛГГГТ, 1935, № 2—3 (7—8).
31. Уразов и Владовец, Физико-химические исследования боровичских огнеупорных глин, Известия Геолкома, 1926, № 7.
32. Федосеев А. Д. и Зенкович Ф. А., Глины СССР, ч. II, изд. АН СССР, 1937
33. Швецов М. С., Яблонов В. С., Иванова Е. А. и Ульмер А. Э. Подмосковный каменноугольный бассейн, XVII МГК, Экскурсия по Подмосковному каменноугольному бассейну, 1937.
34. Швецов М. С., История Московского каменноугольного бассейна в динант скую эпоху, Труды Московского горного института т. XII, 1938.
35. Янишевский М. Э., К вопросу о стратиграфии нижнего карбона Ленин градской области, Известия ЛГГГТ, 1935, № 2—3 (7—8).