Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVIII, вып. 2, 1965 г.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ ПОРОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТИХВИНСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

В. Н. Новожилов

В центральной части Тихвинского горнопромышленного района под толщей моренных отложений залегают отложения нижнего карбона, представленные главным образом песчано-глинистыми породами [1]. При горных работах эти породы обнажаются в бортах карьеров.

Состав и свойства пород района изучались в связи с расчетом углов заложения бортов проектируемых карьеров, разработкой мероприятий по борьбе с оползневыми явлениями в откосах горных выработок, расчетом дренажа карьерных полей, оценкой устойчивости рабочих площадок под шагающие экскаваторы и решением других вопросов, связанных с ведением горных работ.

Состав и физико-механические свойства нижнекаменноугольных пород в литературе освещены главным образом по южному и юго-западному крыльям Подмосковного угольного бассейна и рассмотрены наиболее распространенные разности пластичных глин [3, 4 и 5].

В рассматриваемом районе в разрезе продуктивной толщи нижнего карбона выделяются: тульский горизонт $C_1v\ tl_2$ — глины пластичные и глины песчаные; алексинский и михайловский горизонты $C_1v\ al + mkh$ — пески, глины песчаные, глины пластичные и глины пластичные углистые; веневский горизонт $C_1v\ vn$ — глины песчаные и пески*.

Отложения тульского горизонта

Отложения тульского горизонта представлены глинами пластичными и песчаными. Они обнажены в бортах почти всех существующих карьеров и прослежены буровыми скважинами на всех проектируемых к отработке бокситовых месторождениях, где выполняют древние девонские эрозионные долины. Пластичные разности глин встречаются значительно чаще песчаных. Они слагают горизонтально залегающие или слабо наклоненные пласты мощностью 0,5—5—6 *м*, а иногда и более.

Внешние признаки, структура и текстура. Глины пластичные окрашены в коричневый, черный и серый цвета, иногда с неясно выраженной полосчатостью и пятнистостью. Черные и темноокрашенные разности глин содержат органические остатки в виде точечных или гнездовидных скоплений. Излом всегда неровный, грубый. Структура пелитовая (рис. 1, *а*), реже алевропелитовая, иногда колломорфная. Текстура породы полосчатая, реже пятнистая или массивная. В обнажениях глины сравнительно быстро растрескиваются, образуя своеобразную щебенку, иногда с образованием осыпи.

* Свойства отложений веневского горизонта за недостатком данных не рассматриваются.

Глины песчаные связаны с пластичными взаимными переходами. Окраска их такая же, как и пластичных, хотя темные, богатые углистым веществом разности встречаются значительно реже. Структура глин алевропелитовая (рис. 1, *б*) или алевритовая, текстура массивная или сланцеватая.

Для песчаных глин характерна тугопластичная, реже пластичная консистенция. В обнажениях они обычно более устойчивы против выветривания, нежели пластичные разности глин. При высыхании в откосах горных выработок поверхность глин покрывается сетью тонких трещин.

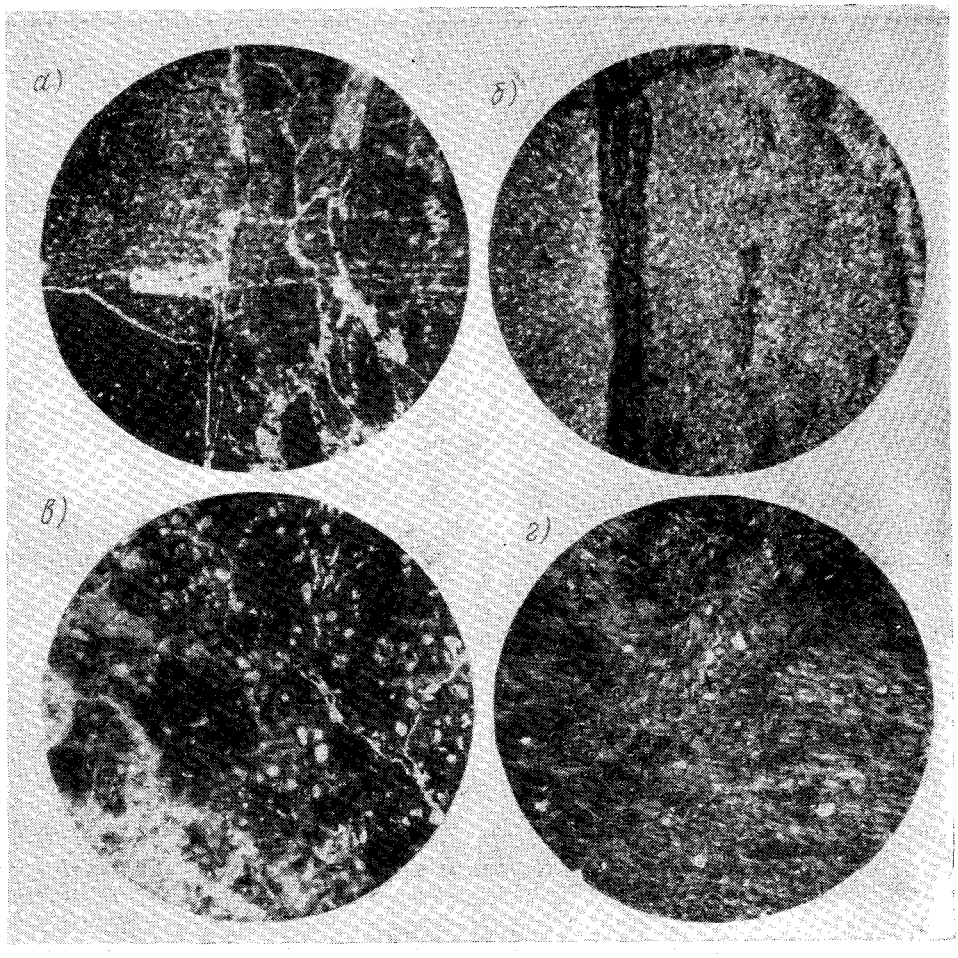


Рис. 1. Глина: *а* — пластичная $C_1v\ tl_2$, структура пелитовая; *б* — песчаная $C_1v\ tl_2$, структура алевропелитовая; *в* — песчаная $C_1v\ al + mkh$, структура алевропелитовая; *г* — пластичная $C_1v\ al + mkh$, структура микролепидолитовая. Николи +, увеличение 32.

Вещественный состав. Состав пород изучен по 75 пробам: 55 образцов пластичных и 20 песчаных глин.

Гранулометрический состав. Глины пластичные по составу неоднородны и относятся к пылеватым разностям. Количество глинистых частиц в них изменяется от 22 до 70%, причем фракция $< 0{,}001$ *мм* всегда резко преобладает. Пылеватые фракции (от 27 до 58%) всегда преобладают над

Таблица 1

Минеральный состав тонкодисперсной части нижнекаменноугольных глин

Порода	Возраст	Содержание, %				
		каолинита	файерклея	гидромусковита	кварца	кальцита
Глина пластичная	$C_1v\ tl_2$	50	—	50	—	—
		40	—	40	20	—
Глина песчаная	$C_1v\ tl_2$	40	—	40	20	—
	$C_1v\ tl_2$	60	—	15	25	—
Глина пластичная	C_1v al	60	—	20	20	—
		75	—	25	—	—
	$C_1v + mkh$	40	—	40	10	10
		25	—	25	50	—
Глина пластичная углистая	$C_1val + mkh$	—	100	—	—	—
		70	—	30	—	—

песчаными. Медианное значение глинистой, пылеватой и песчаной фракций соответственно равно 45, 39 и 4%.

Глины песчаные довольно неоднородны. Содержание глинистых частиц изменяется от 16 до 50%, но чаще от 20 до 30% при медианном значении 23%. Пылеватых фракций в них 24—57% при медианном значении 40%, песчаных фракций 3—60% при медианном значении 36% (почти всегда ниже, чем пылеватых).

Минеральный состав. По данным исследований в шлифах, глины пластичные представлены смесью микрочешуйчатых глинистых частиц (гидрослюды) с непрозрачными пелитоморфными углистыми частицами. На общем пелитовом фоне породы равномерно рассеяны чешуйки каолинита, микрочешуйки и волокна гидрослюд. Иногда в их составе примерно равное количество бурого, микрочешуйчатого, гидрослюдистого пелитового вещества, алевритового материала и микрозернистых скоплений зерен рудного минерала. Во всех случаях алевритовые зерна размером 0,1—0,2 *мм* представлены кварцем, серицитизированным кислым плагиоклазом, редкими чешуйками слюды и единичными зернами хлорита. Алевритовый материал равномерно рассеян в основной пелитовой и микрозернистой массе.

Глины песчаные обычно состоят из тонкодисперсной пелитовой массы, играющей роль базального цемента, в которой равномерно и обильно, но без соприкосновения, рассеяны алевритовые зерна кварца, полевых шпатов, слюды, хлорита, каолинита и рудных минералов. Иногда встречаются углистые частицы. Размер алевритовых зерен изменяется от 0,01 до 0,1 *мм*. В ряде случаев пелитовая масса представлена существенно железистым бурым веществом. Алевритовые зерна редко округлые, слабо окатанные, чаще угловатые.

Исследование минерального состава глинистых фракций ($< 0{,}002$ *мм*) обеих разностей глин термометрическим* и рентгеновским методами**

* Исследовали: а) ускоренным микротермическим анализом по методу дифференциальных кривых нагревания на полярографе ПА-1 с приставкой ТП-1; б) термовесовым методом посредством термической весовой установки для скоростного фазового анализа. Изучено 25 проб нижнекаменноугольных пород. Анализы выполнены К. И. Васильевой и А. П. Эшкиной.

** Исследовано 12 проб нижнекаменноугольных глинистых пород. Аналитики: И. В. Михеева, А. И. Калинин и В. А. Мокиевский.

(см. табл. 1) показало, что их тонкодисперсная часть примерно поровну представлена гидромусковитом и каолинитом и в меньших количествах кварцем.

Физические свойства. *Объемный и удельный вес** определяли по одним и тем же образцам естественного сложения и влажности. Удельный вес пластичных и песчаных глин вполне соответствует их минеральному составу.

Объемный вес глин и скелета глин свидетельствует о достаточно высокой уплотненности пород. Интервал изменения значений объемного веса и скелета обеих разностей глин сравнительно велик. Так, например, объемный вес пластических разностей изменяется от 1,93 до 2,27 $г/см^3$ и скелета — от 1,57 до 1,99 $г/см^3$ и для песчаных разностей соответственно от 2,04 до 2,24 и от 1,73 до 2,05 $г/см^3$. Наиболее типичным значением удельного и объемного весов пластичных разностей следует принимать $\Delta = 2{,}75$ $г/см^3$ и $\gamma = 2{,}09$ $г/см^3$ и песчаных разностей $\Delta = 2{,}72$ $г/см^3$ и $\gamma = 2{,}17$ $г/см^3$.

Плотность сложения обеих разностей глин повышенная. Средняя пористость пластичных глин 37%, песчаных — 32%. Диапазон изменения пористости песчаных глин значительно больше, чем пластичных и составляет 23%, что свидетельствует о большой неоднородности состава. Средний коэффициент пористости пластичных и песчаных глин можно принять соответственно равным 0,58 и 0,49.

Естественная влажность всех разностей нижнекаменноугольных пород определялась параллельно с объемным весом по тем же образцам. Диапазон изменения влажности глин тульского горизонта сравнительно велик (табл. 2): для пластичных разностей от 11 до 27% и для песчаных — от 9 до 23%. Средняя влажность пластичных глин 23%, песчаных —15%. Степень насыщения породы водой пластичных разностей от 0,79 до 1 (среднее 0,915), песчаных — от 0,46 до 1 (среднее 0,840).

Консистенция глин в откосах горных выработок, по данным полевых наблюдений, изменяется от тугопластичной до пластичной. Среднеарифметическое и медианное значения влажности обеих разностей глин очень близки аналогичным значениям влажности при пределе пластичности.

Исследование структурной прочности 10 образцов пластичных разностей глин коническим пластометром по методу П. А. Ребиндера показало, что условное сопротивление сдвигу при естественной влажности изменяется от 8 до 87 $кГ/см^2$, что свидетельствует об изменении консистенции пород от пластичной до тугопластичной, а иногда и до полутвердой.

Степень естественной уплотненности Kd подтверждает высокую плотность глин. По данным анализа значений степени уплотненности (по В. А. Приклонскому), основная часть исследуемых пород находится в интервале 0,8—1,1 *Kd* (рис. 2).

Водные свойства. *Размокание* — один из важных показателей устойчивости пород в откосах бортов карьеров. Такие деформации, как сплывы и оползни, часто тесно связаны с влиянием воды на песчано-глинистые породы.

Скорость размокания песчаных разностей длится от нескольких часов до нескольких суток, пластичных — от нескольких десятков часов до 5—8 суток. Наиболее быстро размокают слоистые разности глин. Характер размокания аналогичен описанному ранее [6].

Набухание, по данным исследования 10 образцов глин тульского горизонта, для пластичных разностей равно 25%, для песчаных — 34% (медианные значения). Наиболее часто повторяемые значения для обеих разностей лежат в интервале 18—23%.

---

* Физические и водные свойства нижнекаменноугольных пород исследовались по методике В. Д. Ломтадзе [2].

Механические свойства. *Сопротивление сдвигу* — один из основных расчетных показателей устойчивости пород в горных выработках. Показатели сопротивления пород сдвигу определялись в шурфах по борту карьеров, а также в процессе лабораторных исследований * [6]. По прочностным показателям глины тульского горизонта неоднородны, сцепление и угол внутреннего трения их изменяются в широких пределах (табл. 2). Для пластичных разностей угол внутреннего трения φ изменяется от 8 до 25°, а сцепление c от 0,110 до 0,370 *кГ/см²* при среднеарифметических значениях 16° 14′ и 0,250 *кГ/см²*. Для песчаных разностей угол внутреннего трения лежит в интервале 9° 56′ — 34°, а сцепление 0,167—0,633 *кГ/см²* при среднеарифметических $\varphi = 21°18'$ и $c = 0{,}350$ *кГ/см²*. Такой большой разброс показателей сопротивления сдвигу требует тщательного анализа природной обстановки при выборе расчетных показателей свойств пород.

Сжимаемость изучали единичными испытаниями образцов пластичных и песчаных глин**. Отмеченные в интервале нагрузок до 8 *кГ/см²* малые деформации позволяют по величине коэффициента сжимаемости отнести эти глины к категории слабо- или среднесжимаемых пород. При снятии уплотняющей нагрузки до нуля (обратная ветвь компрессионной кривой) коэффициент пористости становится равным или даже на несколько единиц больше коэффициента пористости до опыта (при естественной влажности). Как можно предположить на основании результатов компрессионных испытаний, в процессе ведения горных работ при обнажении глины будут разуплотняться и снижать прочность.

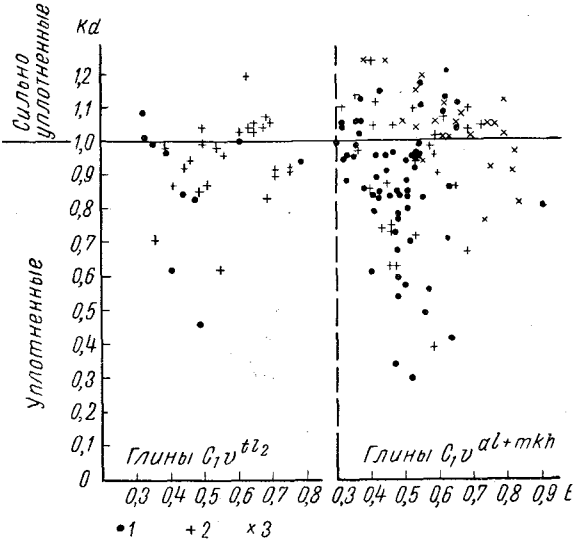


Рис. 2. Характеристика степени естественной уплотненности нижнекаменноугольных глин.

1 — песчаных; *2* — пластичных; *3* — пластичных углистых.

Отложения алексинско-михайловского горизонта ***

Наиболее развиты в районе пески и песчаные глины, прослеженные во всех карьерных полях. Реже встречаются пластичные глины, а углистые разности залегают в виде маломощных прослоев и то неповсеместно.

* Сопротивления пород сдвигу изучали на одноплоскостном сдвижном приборе типа «Гидропроект» с площадью коробки 50 *см²*. Испытывали образцы естественного сложения и влажности. Схема опыта: уплотнение под водой под нагрузками 1, 2 и 3 или 1, 3 и 5 *кГ/см²* до полной стабилизации, сдвиг при этих же нагрузках без воды. Сдвигающие нагрузки в 0,1 от величины вертикальной нагрузки прикладывали последовательно после полного затухания деформаций от предыдущей нагрузки. Интервал отсчета деформаций по индикатору 3 *мин*.

** Сжимаемость глинистых пород изучали в компрессионных приборах конструкции Н. Н. Маслова. Испытания проводили на образцах естественной влажности при насыщении водой. Ступени нагрузок 0,05, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 *кГ/см²*; разгрузка — в обратном порядке.

*** Так как маркирующий горизонт известняков (слой a_5) на месторождениях нередко отсутствует, расчленение алексинского и михайловского горизонтов затруднительно, поэтому они объединены.

Таблица 2

Сопротивление сдвигу глин тульского горизонта

Показатель	Глина пластичная (20 опред.)			Глина песчаная (10 опред.)		
	tg φ	φ	c, кГ/см²	tg φ	φ	c, кГ/см²
Среднеарифметическое	0,291	16°14′	0,250	0,390	21°18′	0,350
Квадратическое отклонение	0,096	5 29	0,074	0,164	9 19	0,136
Медианное	0,260	14 34	0,270	0,350	19 18	0,340
Мода	0,210	11 52	—	0,330	18 16	—
Минимальное	0,150	8 32	0,110	0,175	9 56	0,167
Максимальное	0,470	25 10	0,370	0,675	34 00	0,633

В целом песчано-глинистая толща горизонта слоистая с постепенным переходом от песков к глинистым пескам и далее к песчаным глинам. Мощность песков 20—25 *м*, глинистых разностей — от 10—15 до 30—40 *м*. Вся песчано-глинистая толща горизонта, а на отдельных участках и подстилающие ее отложения тульского горизонта сильно дислоцированы ледником: прослои известняков и песчаников в толще глин смяты в складки, глинистые породы сильно перемяты, а на отдельных участках размыты и замещены песками.

При разработке месторождений к наиболее дислоцированным участкам обычно и приурочены оползни бортов карьеров [6]. Особенно ослаблены контакты пород между пластичными тульскими глинами и пластичными углистыми, между алексинско-михайловскими песчаными и пластичными углистыми [6], где сопротивление сдвигу меньше почти в два раза, чем в породе. Это, по-видимому, объясняется тем, что породы разного состава и свойств неодинаково воспринимали те большие вертикальные и сдвигающие нагрузки, которые существовали в районе в ледниковый период.

Внешние признаки, структура и текстура. Пески по окраске пестрые: серые, розоватые, желтые, светло- и темно-коричневые, красно-бурые и бурые разности; иногда отмечается полосчатость и пятнистость. Структура песков изменяется от среднезернистой до тонкозернистой с преобладанием мелкозернистой. Текстура слоистая, горизонтальная и косая.

Глины песчаные серые, коричневые и бурые с красноватым оттенком, иногда пятнистые и полосчатые. Сложение обычно грубослоистое, реже тонкослоистое и массивное. Излом грубый, иногда землистый. Структура алевропелитовая (рис. 1, *в*) и пелито-алевритовая, текстура чаще массивная, реже пятнистая или слоисто-полосчатая. Консистенция пластичная или тугопластичная. Сложение монолитное, иногда слоистое. При высыхании в откосах горных выработок глины растрескиваются, а при обильном увлажнении раскисают и оплывают.

Глины пластичные от светло-серой до темно-красной окраски, реже желтых, коричневых, красновато-голубоватых, зеленых и фиолетовых тонов. Нередко пятнистые, реже полосчатые. Сложение обычно слоистое, реже массивное, излом раковистый. Встречаются разности с пелитовой, алевропелитовой, алевритовой и микролепидолитовой структурами (рис. 1, *г*). Текстура чаще массивная, реже пятнистая и полосчатая. Консистенция обычно пластичная, иногда тугопластичная и даже полутвердая. На контактах с песками и песчаными глинами эти породы почти всегда имеют повышенную влажность и сравнительно легко разминаются в руках.

Глины пластичные углистые отличаются окраской — от черного до темно-серого с различными оттенками. Цвет обусловлен присутствием органического вещества, которое встречено как в тонкодисперсном состоянии, так и в виде отдельных включений и гнезд. Сложение глин массивное, реже слоистое, излом неровный, восковидный. Структура обычно пелитовая, текстура массивная. Консистенция пластичная, реже мягко-пластичная. Глины почти всегда жирные на ощупь. На контактах с водоносными породами они обычно сильно переувлажнены и легко разминаются руками, однако встречаются тугопластичные, иногда близкие к полутвердым.

Вещественный состав. Изучен по 240 пробам: пески 80, глины песчаные 70, глины пластичные 50 и глины пластичные углистые 40 проб.

Гранулометрический состав. Пески подразделяются на две разности: глинистые и неглинистые. Состав глинистых песков неоднороден. Содержание песчаных фракций в них изменяется от 31 до 88% при медианном значении 76%; фракция 0,25—0,1 *мм* доминирует и реже 0,1—0,05 *мм*. Количество пылеватых частиц в песках изменяетсях от 6 до 51% при медианном значении 12%. Глинистых фракций 5—30% при медианном значении 11%. В целом по гранулометрическому составу эти пески являются переходными разностями от песков к песчаным глинам и характеризуются как мелкозернистые, реже тонкозернистые разности. Вторая разность песчаных пород представлена преимущественно мелкозернистыми, реже тонкозернистыми песками. В единичных пробах преобладают среднезернистые пески. Медианные значения глинистой, пылеватой и песчаной фракций соответственно равны 2, 6 и 91%.

Глины песчаные имеют неоднородный состав, встречаются разности, в которых более 70% пылеватых частиц. Содержание глинистых фракций в породе 10—52%, пылеватых — 18—75%, песчаных — 19—69%. Медианные значения этих фракций соответственно равны 32, 48 и 20%.

Глины пластичные по составу также неоднородны, хотя эта неоднородность проявлена несколько ниже, чем у песчаных глин горизонта. Глинистых фракций в этих породах 22—69%, пылеватых — 27—65% и песчаных — 0—45%. Медианные значения этих фракций соответственно 38, 46 и 8%. Пластичные глины по составу относятся к глинистым разностям, хотя около 20% их представлено тяжелыми суглинками. Основная их масса — пылеватые разности.

Глины пластичные углистые по гранулометрическому составу относятся к пылеватым. Содержание глинистых фракций в них изменяется от 21 до 76%. Фракция $<$ 0,001 *мм*, так же как и в других разностях глинистых пород этого горизонта, преобладает редко. Пылеватые фракции в этих глинах резко пресбладают над песчаными и составляют 21—78%. Песчаных частиц обычно не более 10%, изредка 20—23%. Медианные значения для глинистой, пылеватой и песчаной фракций соответственно 48, 47,5 и 1%.

Минеральный состав песков существенно кварцевый с незначительной примесью полевых шпатов и слюд. Так, по данным С. Г. Вишнякова [1], содержание кварца в преобладающей фракции (0,05—0,25 *мм*) изменяется от 75 до 98% (среднее 96%), полевых шпатов —от 0,5 до 10% (среднее 4%). В редких случаях глинистые разности песков слабо вскипают при опробовании соляной кислотой.

Как показали исследования в шлифах, основная ткань породы представлена бурой пелитовой непрозрачной железистой массой или микрочешуйчатой и пелитовой массой, всегда преобладающей количественно ($>$ 60%), в которой рассеяны кластические алевритовые зерна (размером до 0,1 *мм*) кварца, полевых шпатов, чешуек биотита, мусковита и хлорита, а также просматриваются редкие вкрапленники рудного материала, а иногда и граната, эпидота и турмалина. Связующее железистое вещество

придает породе пятнистость, а ориентированно расположенные зерна гидрослюд в пелитовой массе — слабую сланцеватость.

Вещественный состав пластичных глин представлен буроватой микрочешуйчатой и микроволокнистой массой гидрослюдистого состава, в которой редко и равномерно рассеяны алевритовые зерна кварца, единичные зерна полевого шпата и рудного минерала размерами 0,01—0,1 *мм*. Встречается и другая характерная разность, в которой в основной массе преобладают кластические алевритовые зерна кварца, полевых шпатов, карбоната и редких чешуек и волокон слюды. Связующая пелитовая масса с микроволокнами слюд играет роль цемента соприкосновения.

Углистые разности пластичных глин слагаются смесью микрочешуйчатых глинистых и пелитоморфных углистых частиц, в которой равномерно рассеяны чешуйки каолинита, микрочешуйки и волокна гидрослюды.

В минеральном составе глинистых фракций ($<$ 0,002 *мм*) глин (табл. 1) преобладает каолинит, несколько меньше гидромусковита при подчиненном содержании кварца. В единичных пробах отмечен кальцит, а в одной пробе тонкодисперсная часть породы полностью состоит из файерклея.

Физические свойства. *Объемный и удельный вес.* В соответствии с минеральным составом, среднее значение удельного веса глинистых песков 2,69 *г/см*^{3}, неглинистых 2,66 *г/см*^{3}. По данным единичных проб, объемный вес глинистых песков изменяется от 1,84 до 2,08 *г/см*^{3}, а объемный вес скелета — от 1,64 до 1,86 *г/см*^{3}. Для неглинистых разностей песков объемный вес рыхлого сложения 1,17—1,31 *г/см*^{3}, плотного сложения 1,71—1,98 *г/см*^{3}. Для всех трех разностей глинистых пород среднеарифметическое и медианное значения совпадают и равны 2,73 *г/см*^{3}.

Объемный вес и объемный вес скелета песчаных и пластичных разностей глин свидетельствует о сравнительно высокой уплотненности пород. Среднеарифметическое значение объемного веса песчаных и пластичных глин соответственно 2,15 и 2,12 *г/см*^{3}, а объемного веса скелета 1,86 и 1,80 *г/см*^{3}. Объемный вес пластичных углистых глин значительно ниже — в среднем равен 1,99 *г/см*^{3} при соответствующем значении объемного веса скелета 1,78 *г/см*^{3}. Интервал изменения объемного веса и объемного веса скелета у всех трех глинистых разностей довольно велик: у песчаных разностей глин объемный вес меняется от 1,99 до 2,29 *г/см*^{3}, а объемный вес скелета — от 1,63 до 2,09 *г/см*^{3}. Несколько в меньших интервалах изменяется объемный вес и объемный вес скелета у двух других разностей глин. Такая неоднородность степени плотности глинистых пород обусловлена особенностями состава и условиями генезиса и диагенеза этих отложений. Наиболее типичный удельный вес всех трех разностей глин 2,73 *г/см*^{3}. Для песчаных и пластичных глин $\gamma = 2{,}15$ *г/см*^{3}, для пластичных углистых разностей $\gamma = 2$ *г/см*^{3}.

Пористость, по данным единичных испытаний глинистых песков, лежит в интервале 34—38%, а коэффициент пористости 0,520—0,620. Для песчаных и пластичных глин плотность повышена (средняя 32 и 34%), для пластичных углистых — умеренна (40%). Диапазон изменения пористости значительный. Например, наиболее неоднородные по плотности пластичные углистые глины изменяют пористость от 27 до 55%, а коэффициент пористости — от 0,390 до 0,830.

Естественная влажность глинистых разностей песков изменяется от 3—5 до 15—18%. Коэффициент насыщения 0,513—0,974. Наиболее неоднородны по влажности пластичные разности углистых глин (12—39%). Среднеарифметическое значение влажности для песчаных, пластичных и пластичных углистых разностей глин соответственно равно 15, 18 и 24%; аналогичное значение коэффициента насыщения соответственно 0,894, 0,925 и 0,936 и практически указывает на полное насыщение глин водой.

Консистенция пород в условиях естественного залегания логически подтверждается результатами сравнения влажности и характерных влажностей на границах пластичного и текучего состояния пород. Среднеарифметическое и медианное значения влажности для всех трех глинистых разностей пород на 1—2% ниже аналогичных значений влажности при пределе пластичности этих пород. Однако сравнительно большой диапазон изменения естественной влажности глинистых пород свидетельствует и о различиях в состоянии пород, что хорошо подтверждается полевыми обследованиями обнажений глин в откосах горных выработок. Обычно на контактах с водоносными породами консистенция пород пластичная, а на некоторых участках (особенно пластичных углистых разностей глин)— мягкопластичная.

В зависимости от консистенции меняются и прочностные показатели пород. По данным единичных опытов, для песчаных глин изменение влажности с 20 до 13% сопровождалось увеличением структурной прочности (условного сопротивления сдвигу P_m) с 6,33 до 108,62 *кГ/см*^{2}.

Степень естественной уплотненности Kd глин высокая (рис. 2). У основной части исследуемых пород $Kd > 0{,}65$. Наиболее неоднородны по уплотненности песчаные разности глин.

Водные свойства. Размокание песчаных и пластичных глин в воде характеризуется примерно теми же показателями, что и глин тульского горизонта. Пластичные углистые разности глин размокают несколько медленнее. По данным десяти опытов, за 15—18 суток разрушились полностью кубики размером 5 × 5 × 5 *см*, а два образца —за 4—8 *ч*.

Набухание глин изменяется от 7—8 до 37%, в среднем 13—22%.

Коэффициент фильтрации песков определен по 70 образцам нарушенного сложения. В зависимости от гранулометрического состава его величина изменялась от 0,0016 до 0,00018 *см/сек*, что хорошо увязывается с результатами прежних исследований [4].

Механические свойства. *Сопротивление сдвигу* пород алексинско-михайловского горизонта (табл. 3), как и глинистых пород тульского горизонта, характеризуется довольно близкими друг другу прочностными показателями. Наиболее слабыми из них являются пластичные углистые глины. Для них $\varphi = 17°$, $c = 0{,}272$ *кГ/см*^{2}, для песчаных и пластичных глин соответственно $\varphi = 24°18'$ и $c = 0{,}248$ *кГ/см*^{2} и $\varphi = 21°$ и $c = 0{,}323$ *кГ/см*^{2}. Для всех трех разностей глин отмечен большой разброс между минимальными и максимальными значениями угла внутреннего трения и сцепления. Для пластичных глин угол внутреннего трения, например, изменяется от 6° 20′ и до 36°10′, а сцепления — от 0,010 до 0,630 *кГ/см*^{2}. Соответственно квадратическое отклонение от среднеарифметических значений для угла внутреннего трения составляет 9°50′, а для сцепления — 0,188 *кГ/см*^{2}.

Таблица 3

Сопротивление сдвигу глин алексинско-михайловского горизонта

Показатель	Глина песчаная (40 опред.)			Глина пластичная (19 опред.)			Глина пластичная углистая (31 опред.)		
	tg φ	φ	c, *кГ/см*^{2}	tg φ	φ	c, *кГ/см*^{2}	tg φ	φ	c, *кГ/см*^{2}
Среднеарифметическое	0,459	24°28′	0,248	0,385	21°05′	0,323	0,305	17°	0,272
Квадратическое отклонение	0,149	8 31	0,142	0,173	9 50	0,188	0,160	5°20′	0,134
Медианное	0,450	24 14	0,230	0,370	20 20	0,330	0,286	16	0,265
Мода	0,510	27	—	—	—	0,130	0,249	14	0,195
Минимальное	0,150	8 30	0,010	0,110	6 20	0,010	0,149	8 30	0,000
Максимальное	0,700	35	0,530	0,730	36 10	0,630	0,554	29	0,557

Угол естественного откоса песков алексинско-михайловского горизонта в зависимости от их гранулометрического состава, по данным 30 проб, изменяется от 28 до 36°, что хорошо увязывается с результатами прежних работ [6].

Сжимаемость, по данным единичных испытаний, в интервале нагрузок до 8 *кГ/см*^{2} зафиксирована малая. Это характеризует глины по величине коэффициента сжимаемости как породы слабо- или среднесжимаемые. При снятии уплотняющей нагрузки, как и для тульских глинистых пород, отмечены значительные упругие и очень малые остаточные деформации

Заключение

В центральной части Тихвинского горнопромышленного района глинистые и песчаные породы слагают основную часть разреза нижнекаменноугольных отложений. В подчиненном развитии находятся известняки и редко песчаники.

По внешним признакам, составу и структурно-текстурным особенностям глинистые породы подразделяют на песчаные, пластичные и пластичные углистые глины.

Все глинистые разности относятся к породам уплотненным, пылеватым с гидрослюдисто-каолинитовым составом. Для песчаных разностей типична алевропелитовая структура, массивная и полосчатая текстура. Структура пластичных и пластичных углистых глин обычно пелитовая, реже алевропелитовая; текстура их массивная, реже слоисто-полосчатая.

Окраска глин пестрая; пластичные глины тульского горизонта и пластичные углистые алексинско-михайловского горизонта за счет органического вещества окрашены в черный или темно-серый цвет, остальные разности глин серого, светло- и темно-коричневого, бурого с красноватым оттенком, зеленого и фиолетового цвета.

Нижнекаменноугольные глины плотные, полностью насыщенные водой породы, пластичной или тугопластичной консистенции. В воде размокают с различной скоростью, при увлажнении набухают умеренно. Они слабо- или среднесжимаемы (при нагрузках до 8 *кГ/см*^{2}). Благодаря неоднородности состава и различной степени плотности — влажности, характеризуются сравнительно высоким диапазоном изменения сопротивления сдвигу.

Алексинско-михайловские пески, залегающие в толще глинистых пород, содержат напорные воды. Водообильность этих пород умеренная. Пески подразделяются на две разности — глинистые и неглинистые. По минеральному составу они преимущественно кварцевые с примесью полевых шпатов.

Гранулометрический состав песков неоднороден, чаще мелко- и тонкозернистый с постепенным переходом к песчаным глинам.

Все песчано-глинистые породы хорошо разрабатываются шагающими экскаваторами и прямыми лопатами без взрывных работ.

При оценке прочности песчано-глинистых пород с целью выбора расчетных показателей в условиях Тихвинского горнопромышленного района необходимо учитывать: 1) изменчивость механического состава породы внутри слоя, что во многом определяет изменение пористости, объемного веса и сопротивления сдвигу породы; 2) непостоянство структурно-текстурных особенностей породы внутри слоя, что в совокупности с изменением гранулометрического состава накладывает отпечаток на некоторое изменение прочностных свойств породы; 3) изменение консистенции глинистой породы внутри слоя — на контактах с обводненными породами консистенция пород чаще всего пластичная, нередко близкая к текучей (углистые разности пластичных глин), сопротивление сдвигу на таких контактах в несколько раз меньше, чем по породе; 4) некоторое сни-

жение прочности песчано-глинистых пород в зонах гляциодислокации, где породы перемяты; 5) скрытую трещиноватость глинистых пород, которая отмечается на контактах различных литологических разностей и, по-видимому, обусловлена гляциодислокациями. К сожалению, пока не выяснено количественно их влияние на выбор расчетных показателей. На начальных стадиях проектирования карьеров в Тихвинском горнопромышленном районе в качестве обобщенных показателей следует рекомендовать среднеарифметические значения свойств пород в целом по району. На стадии детальных исследований необходимо корректировать эти данные, принимая во внимание результаты изучения свойств пород по конкретным объектам.

Наличие ослабленных контактов между отдельными литологическими разностями пород необходимо учитывать при проверке устойчивости борта по всем возможным поверхностям скольжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков С. Г. Литологический очерк Тихвинского района. Тр. Ленинградского геологич. управл., ч. I, вып. 21, 1940.
2. Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. Госгеолиздат, 1952.
3. Ломтадзе В. Д. Физико-механические свойства глин угленосной свиты нижнего карбона Подмосковного бассейна. Зап. ЛГИ, т. XXVI, 1952.
4. Ломтадзе В. Д. Формирование физико-механических свойств глинистых пород при литификации. Автореферат докт. дисс., Изд-во МГУ, 1958.
5. Морозов А. И. Определение временного сопротивления подугольных глин Подмосковного бассейна на разрыв. Зап. ЛГИ, т. XXVII, вып. 2, 1952.
6. Новожилов В. Н. Физико-механические свойства вскрышных пород Тихвинского месторождения бокситов. Зап. ЛГИ, т. XLIV, вып. 2, 1962.
7. Новожилов В. Н. Оценка устойчивости бортов карьеров при разработке Тихвинских бокситовых месторождений. Зап. ЛГИ, т. XLVIII, вып. 1, 1963.