

Н. А. ПЛАТОВ

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НА СТРУКТУРНУЮ ПРОЧНОСТЬ ПЕСЧАНЫХ ПОРОД

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 10 III 1975)

За последние годы практикой выдвинут ряд серьезных вопросов, свидетельствующих о недостаточной изученности природы структурно-механических свойств песчаных пород и методики их исследования. Актуальным методом оценки горных пород является комплексная оценка ⁽³⁾, основанная на определении количественных и простых показателей дисперсности, характера структурных связей, плотности, влажности, прочности и др. При инженерно-геологических исследованиях стали шире применяться методы физико-химической механики, которые позволили достаточно точно установить связь между составом, состоянием и механическими свойствами горных пород.

Показательным примером может служить определение с большой точностью структурной прочности песчаных пород при помощи конического пластомера Ребиндера (коэффициент вариации 4,3–7,6%). Нами были исследованы три геолого-генетических типа песчаных пород четвертичного возраста Погруженного склона Балтийского щита (42 образца ненарушенной структуры): аллювиальные, морские и эоловые.

Ранее было установлено ⁽³⁾, что песчаные породы при естественной влажности и структуре обладают вполне измеримой связностью (структурной прочностью), которая обуславливается составом, состоянием, типом структурных связей и т. д. Изученные песчаные породы с естественной структурой, как и с нарушенной наиболее прочны при естественной влажности. При этой влажности структурная прочность обусловлена имеющимися структурными связями (содержанием тонкодисперсной составляющей и минеральным составом ее, наличием в составе аморфного кремнезема, формой и характером поверхности песчаных частиц, плотностью, степенью водонасыщенности и т. д.), капиллярным давлением менисков, эффектом зацепления песчаных зерен.

На рис. 1 показана зависимость структурной прочности P_m исследуемых песчаных пород от содержания в составе структурообразующей тонкодисперсной составляющей ($<0,005$ мм). Из графика видно, что с увеличением содержания в составе фр. $<0,005$ мм структурная прочность песчаных пород возрастает. Тонко- и коллоидно-дисперсная составляющая пород является наиболее активной частью, поэтому даже небольшое содержание ее существенным образом влияет на многие важнейшие свойства, такие как водопроницаемость, гидрофильность, прочность и др. ^(2, 7). При этом следует обратить особое внимание на минеральный состав тонкодисперсной фракции, высокая активность которой определяется особенностями кристаллического строения.

Тонкодисперсная составляющая исследуемых песчаных пород эолового геолого-генетического типа (до 1%) представлена в основном малоактивным высокодисперсным кварцем, поэтому и структурная прочность этих пород мала — до $16 \cdot 10^3$ Па.

Минеральный состав фр. $<0,005$ мм песчаных пород аллювиального геолого-генетического типа (2–3,23%) более разнообразен, здесь отмеча-

ется значительное присутствие минералов гидрослюдистых, каолинит, много гидроокислов железа, немного хлорита. Указанные минералы отличаются слоистым строением кристаллической решетки, большей подвижностью кристаллических пакетов при увлажнении, большей способностью к изоморфным замещениям и значительно большей емкостью поглощения. Это указывает на повышенную структурную прочность их до $42 \cdot 10^3$ Па.

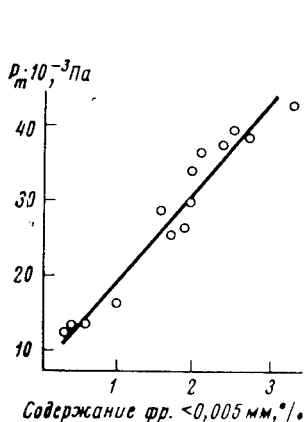


Рис. 1

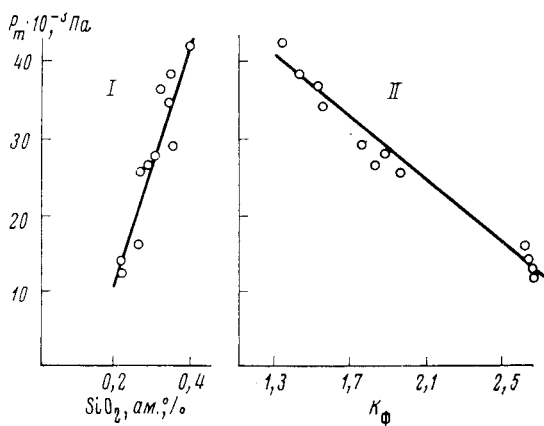


Рис. 2

Рис. 1. Зависимость структурной прочности песчаных пород от содержания в них тонкодисперсной фракции $<0,005$ мм

Рис. 2. Зависимость структурной прочности песчаных пород от содержания в них аморфного кремнезема (I) и от коэффициента формы песчаных частиц (II)

Песчаные породы морского геолого-генетического типа имеют в минеральном составе тонкодисперсной фракции (1–2%) гидрослюды, присутствует каолинит, гидроокислы железа, гидрогетит и палыгорскит. По величине значений структурной прочности эти песчаные породы занимают промежуточное место: P_m до $30 \cdot 10^3$ Па.

Структурная прочность песчаных пород определяется также содержанием в них аморфного кремнезема. Из рис. 2, I видна зависимость структурной прочности песчаных пород от содержания аморфного кремнезема по данным щелочных вытяжек. С увеличением содержания в породах аморфного кремнезема структурная прочность увеличивается. Чем больше в составе аморфного кремнезема, тем более возрастает сцепление песчаных частиц в местах контактов их. Этим еще раз подтверждается наибольшая структурная прочность песчаных пород аллювиального геолого-генетического типа по сравнению с эоловым. Содержание $SiO_{2ам}$ в аллювиальных породах играет большую роль в создании естественных цементационных связей, так как образует коллоидные пленки на поверхности песчаных частиц, как бы склеивая их между собой и способствуя формированию слабоуплотненных ($\delta_{ск}=1,27–1,31$ г/см³), но достаточно прочных пород — P_m до $42 \cdot 10^3$ Па.

В инженерной геологии познание морфологии песчаных частиц должно быть направлено на выяснение взаимосвязи между структурной характеристикой и физико-механическими свойствами (^{1, 4, 6}). Зависимость физико-механических свойств песчаных пород от различного размера его частиц достаточно хорошо изучена. Этого нельзя сказать в отношении формы зерен и тем более характера их поверхности. На рис. 2, II показана зависимость структурной прочности песчаных пород от коэффициента формы, полученного по способу Мекки. С увеличением значений коэффициента формы все меньшей структурной прочностью обладают песчаные породы. Этот фактор подтверждает малую величину структурной прочности песчаных пород эолового генезиса, песчаные частицы которых имеют

округлую форму и ровную поверхность ($K_{\phi}=2,63-2,68$) по сравнению с аллювиальными песчаными породами, частицы которых имеют угловатую форму и неровную, бугорчатую поверхность ($K_{\phi}=1,34-1,53$).

Данными исследованиями еще раз подтверждается необходимость применения для оценки природы и характера процессов в горных породах метода комплексной оценки. Такая направленность исследований может быть новым и перспективным этапом в области инженерно-геологического и физико-химического изучения и прогнозирования свойств горных пород.

Производственный и научно-исследовательский
институт инженерных изысканий в строительстве
Москва

Поступило
5 III 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. Н. Гольдштейн, Механические свойства грунтов. Изд. 2, М., Стройиздат, 1971, стр. 366. ² И. М. Горькова, Глинистые породы и их прочность в свете современных представлений коллоидной химии. Тр. ЛГГП АН СССР, т. 15, 1957, стр. 26. ³ И. М. Горькова, Теоретические основы оценки осадочных пород. М., «Наука», 1966, стр. 135. ⁴ В. Д. Ломтадзе, Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород, Л., «Недра», 1972, стр. 310. ⁵ Н. А. Платов, И. М. Горькова, ДАН, т. 206, № 5, 1204 (1972). ⁶ И. В. Попов, Значение кристаллической структуры минералов глинистых пород для формирования их свойств, Тр. совещ. по инж.-геол. свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, М., 1956. ⁷ Е. М. Сергеев, Г. А. Голодковская и др., Грунтоведение, Изд. МГУ, 1971, стр. 593.