

А. А. ЛУГА

## ОБ ОБЖАТИИ ДРЕВНИХ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ КАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 2 IV 1953)

В пределах глубин фундаментостроения в районах Каспийской низменности залегают глины сарматского и хазарского ярусов. Проведенными исследованиями было установлено, что компрессионные свойства этих глин имеют ряд особенностей:

1. Сравнительно незначительную величину коэффициента уплотнения при первоначальном нагружении, примерно до 2 кГ/см<sup>2</sup>.

2. Конечный коэффициент пористости больше начального, что необычно для громадного большинства глин.

В отношении последней особенности Н. Я. Денисов (1, 2) высказывал предположение, что подобная работа древне-каспийской глины вызвана утратой структурных особенностей, ранее препятствовавших набуханию в процессе ее уплотнения, вследствие чего свойства глины приблизились к свойствам глинистой пасты. Наши исследования подтвердили также предположения Н. Я. Денисова (1) о пересечении кривых уплотнения и набухания (рис. 1). Образец глины (хазарского яруса) ненарушенной структуры был отобран в камере кессона на глубине 27 м. Средняя, естественная влажность этой глины 40, нижний предел текучести 69, нижний предел пластичности 25, удельный вес 2,75. Компрессионная кривая для наглядности построена в логарифмических координатах.

Дальнейшее исследование этого вопроса позволяет высказать предположение, что особенность структурных связей рассматриваемых глин объясняется весьма длительным обжатием их более высоким давлением, чем ныне действующее бытовое давление.

При естественном уплотнении глинистых пород различают (2, 3) структурные, структурно-упругие и упругие деформации. Рассматриваемые глины могут быть отнесены к породам, находящимся в состоянии переходном между фазами структурно-упругих и упругих деформаций. При этом в состоянии породы произошли изменения, которые привели к существенному усилению связей между частицами (4). Ввиду того что прочность этих связей меньше прочности самих частиц, последующее, после извлечения образца на дневную поверхность, повышение давления приводит к некоторому их разрушению и к снижению сопротивления при разгрузке образца и его набухании. В этой части процесс протекает аналогично разрушению структуры и понижению вязкости коллоидных растворов (5).

Компрессионная кривая, приведенная на рис. 2, наглядно иллюстрирует работу этих глин с разрушением структурных связей между частицами грунта. Структурные связи, в значительной мере удержавшие глину от набухания, при извлечении на дневную поверхность, сохранили и большой процент ее плотности к моменту загрузки в компрес-

сионном приборе. В итоге первые ступени загрузки в 0,5; 1,0 и 2,0 кг/см<sup>2</sup> дали относительно незначительные величины коэффициентов уплотнения. После доведения напряжения до 6,25 кг/см<sup>2</sup> и последующей полной разгрузки была произведена повторная загрузка этого же образца глины.

Второй цикл дал типичную петлю гистерезиса, причем на указанных выше начальных ступенях загрузки коэффициенты уплотнения дали величины, соответственно, в 5,5; 3,5 и 1,1 раза больше полученных при первоначальном нагружении образца. Структурные связи, разрушенные при первом цикле загрузки, привели к серьезному набуханию глины при разгрузке образца. При втором цикле нагрузки плотность глины стала быстро восстанавливаться с первых же повторных ступеней загрузки с соответствующим резким ростом и коэффициентов уплотнения.

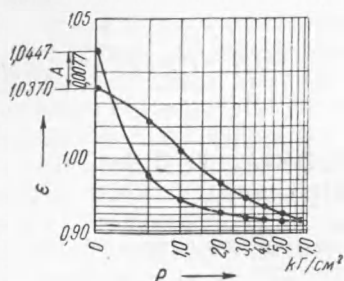


Рис. 1

Для оценки истинного давления, под которым были обжаты эти глины, может служить упомянутая выше компрессионная кривая (рис. 2). Обжатие образцов глины ненарушенной структуры до напряжений в 8—10 кг/см<sup>2</sup> вскрыло это обстоятельство, остающееся незамеченным при обжатиях до 6—8 кг/см<sup>2</sup>. В данном примере до напряжения в 8 кг/см<sup>2</sup> протекание процесса уплотнения, после предшествовавшего разуплотнения — набухания (вследствие извлечения образца глины из

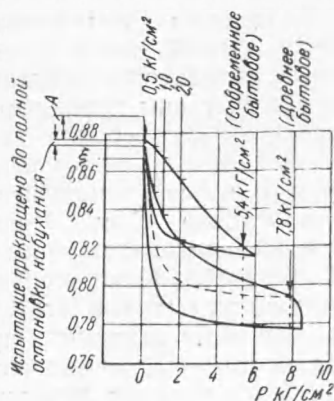


Рис. 2

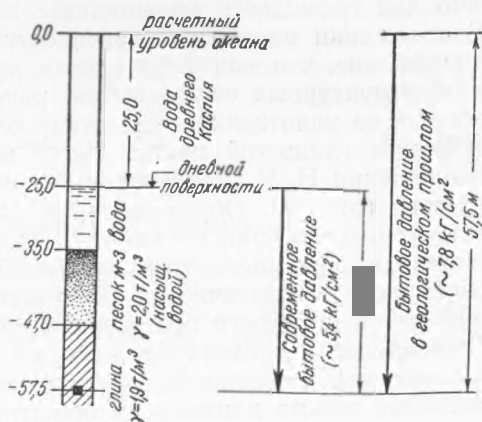


Рис. 3

камеры кессона), ничем характерным не отличается от обычной компрессионной кривой. Однако после увеличения напряжения свыше 8 кг/см<sup>2</sup> ветвь уплотнения дает резкий рост коэффициента уплотнения.

Дальнейшая обработка этого графика в предположении, что кривая набухания на участке менее 8 кг/см<sup>2</sup> практически будет близка к кривой набухания образца, разгруженного с 8,42 кг/см<sup>2</sup>, приводит к пересечению кривых, аналогично рис. 1.

До напряжения в 5,4 кг/см<sup>2</sup>, соответствующего современному бытовому, происходило восстановление плотности глины, потерянное в процессе снятия напряжения вследствие опускания кессона и извлечения образца глины из его камеры на дневную поверхность.

Бытовое давление на этом же горизонте в геологическом прошлом составляло ~7,8 кг/см<sup>2</sup>. Это давление приближенно исчислено путем увеличения ныне действующего бытового давления на вес столба воды высотой в 25 м, что соответствует абсолютной отметке дневной поверхности над рассматриваемым местом (рис. 3).

При напряжении на образец глины выше  $5,4 \text{ кг/см}^2$  происходило дальнейшее восстановление плотности глины, потерянное сравнительно незначительно при понижении уровня древнего Каспия (см. обобщенную схематическую компрессионную кривую на рис. 4). После превышения напряжения свыше древнего бытового глины стала претерпевать дальнейшие структурные изменения, которые происходили как за счет уплотнения самой глины, так в особенности тончайших, пятнисто разбросанных прослоек мучнистого песка. Столь резкое изменение коэффициента уплотнения, при превышении напряжения свыше  $8 \text{ кг/см}^2$  для данного грунта, можно объяснить только отмеченными особенностями этих глин.

На основании вышеизложенного возможно сделать следующий вывод, имеющий большое практическое значение при проектировании новых фундаментов в указанных районах и при оценке несущей способности существующих фундаментов, опирающихся на древние грунтовые пласты. В районах Каспийской низменности, имеющих минусовые отметки дневной поверхности, древние осадочные породы обжаты минимально (так как при наличии размытого дна встречается затруднение установление истинного дна в прошлом) бытовым давлением, исчисленным как сумма ныне действующего бытового давления на рассматриваемом горизонте и давления веса столба воды высотой от расчетного среднего уровня океана до дневной поверхности.

Принципиальную формулу этого вывода, по всей видимости, возможно перенести и на другие места земной поверхности, где гидрогеологические условия близки к условиям Каспийской низменности.

В заключение автор считает своим долгом выразить благодарность С. С. Демешеву, И. С. Львову, П. Г. Чижикову и А. П. Грецову за неизменный интерес к работе и дискуссию результатов исследования, а также А. С. Солнцевой, А. Ф. Гришину, М. В. Ермоловой и Г. И. Бурановой за большую помощь при проведении исследований.

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
железнодорожного строительства и проектирования  
Министерства путей сообщения СССР

Поступило  
26 II 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. Я. Денисов, О природе деформаций глинистых пород, 1951. <sup>2</sup> Н. Я. Денисов, ДАН, 58, № 6 (1947). <sup>3</sup> Н. Я. Денисов, ДАН, 59, № 2 (1948). <sup>4</sup> Н. Я. Денисов, П. А. Ребиндер, ДАН, 54, № 6 (1946). <sup>5</sup> П. А. Ребиндер, Сборн. Вязкость жидкостей и коллоидных растворов, изд. АН СССР, 1941.

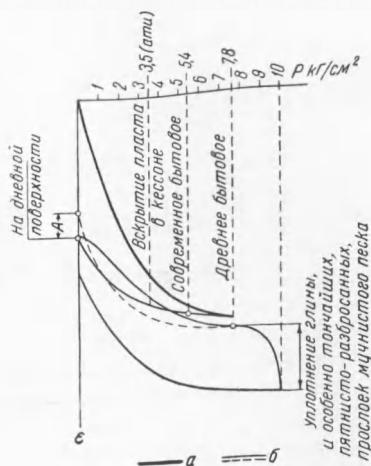


Рис. 4. *a* — весьма длительный по времени процесс (миллионы лет), протекавший в течение всего периода формирования грунтовой толщи, до обжатия ее древним бытовым давлением и последующей разгрузки — до современного бытового давления, *б* — кратковременный процесс (несколько десятков суток)