

Бершов А.В., Даньшин И.Е.

МГУ им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии,
г. Москва, robocorpvsterminator@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ УГЛА ДИЛАТАНСИИ МОРЕННЫХ СУГЛИНКОВ

1. Для исследования влияния вертикальных нагрузок на изменение угла дилатансии моренных суглинков были проведены эксперименты на образцах, отобранных с глубин 7,6–30,8 м из толщи московской морены территории Загорской ГАЭС. Для того чтобы оценить влияние исключительно вертикальных нагрузок на изменения угла дилатансии, требовалось выявить совокупности, в пределах которых было возможно пренебречь влиянием иных факторов. Для обоснования возможности отсутствия влияния факторов, кроме вертикальной нагрузки, требовалось показать схожесть образцов выборки в макростроении, минеральном составе, гранулометрическом составе, в физических, физико-химических и физико-механических свойствах.

2. По результатам исследований минерального, гранулометрического составов, физических свойств был сделан вывод о том, что образцы, взятые с глубин 7,6–25,5 м, можно рассматривать в качестве единой неделимой совокупности в виду их относительной схожести по значениям исследованных плотностных, влажностных показателей и показателей состава. Плотность твердых частиц варьируется в пределах 0,03 г/см³ (2,68–2,71 г/см³), плотность скелета — в пределах 0,04 г/см³ (1,92–1,96 г/см³), плотность грунта — в пределах 0,06 г/см³ (2,13–2,19 г/см³) (рис. 1).

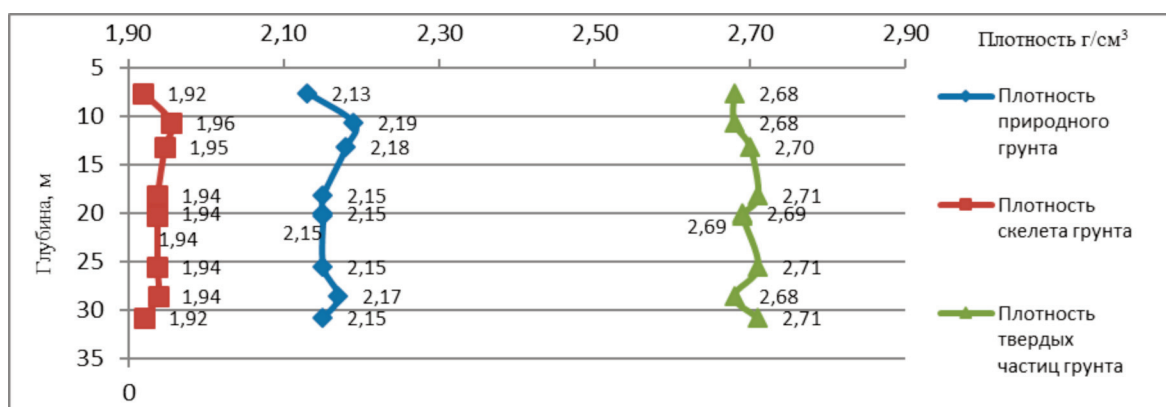


Рис. 1. Диаграмма зависимости значений плотностных показателей от глубины отбора

3. Влажность нижнего предела пластичности меняется по глубине от 10% до 12%, влажность верхнего предела пластичности — от 19% до 22%, число пластичности — от 9 до 10, показатель консистенции — от 0 до 0,11 (рис. 2).

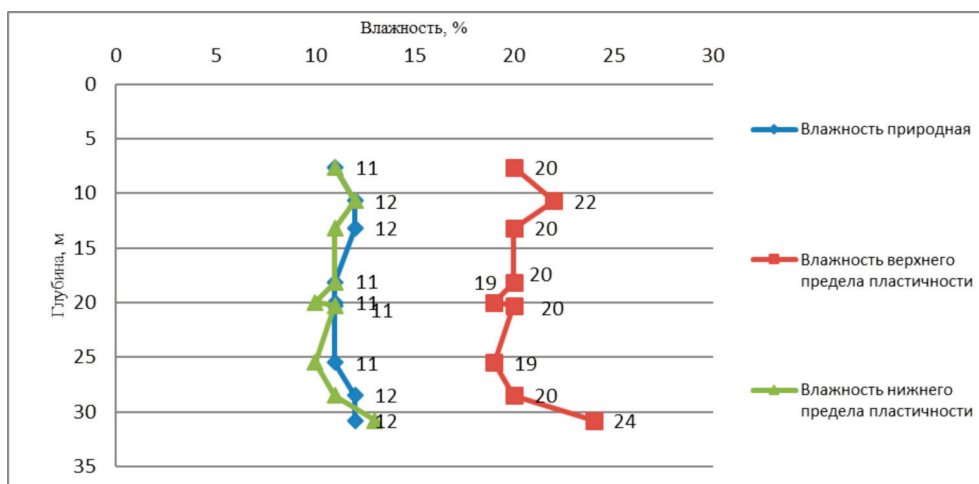


Рис. 2. Зависимость значений влажностных показателей от глубины

4. Полученные результаты удовлетворяют предположению о том, что образцы с данных глубин можно исследовать в рамках единой группы. Наряду с этим, образец с глубины 30,8 м имеет повышенное содержание смектита по сравнению с остальной выборкой (табл. 1).

Таблица 1					
Данные анализа минерального состава (выполнено в лаборатории МГУ)					
Номер образца	3277 (25,5 м)	3279 (30,8 м)	3293 (7,6 м)	3296 (13,2 м)	3301 (25,5 м)
Кварц	59,2	61,4	47,4	55,7	54,6
КПШ (микроклин)	11,3	8,6	10,8	12,6	8,8
Плагиоклазы (альбит-анортит)	8,0	6,5	14,6	7,7	9,7
Кальцит	4,0	0,0	3,2	4,1	3,7
Иллит	13,1	4,1	12,4	13,5	18,7
Каолинит	2,4	2,5	2,8	2,7	1,9
Смектит	2,1	16,9	8,8	3,8	2,6

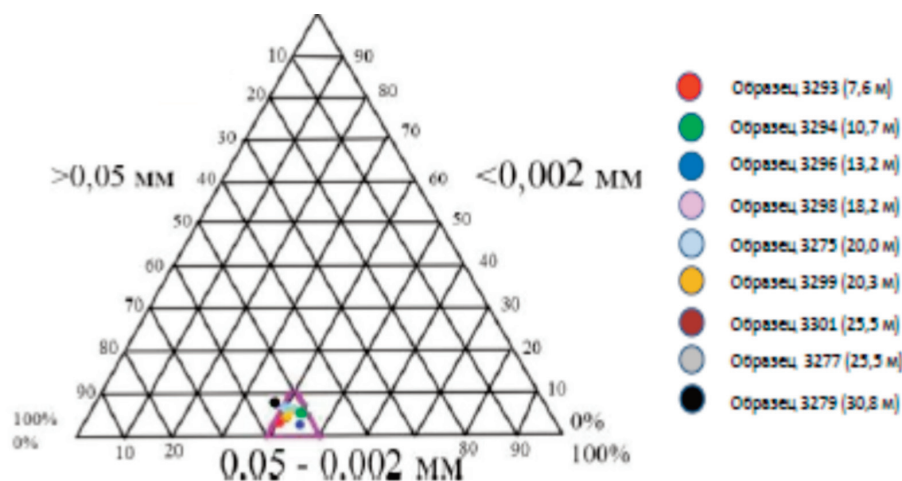


Рис. 3. Диаграмма Ферре для исследованных образцов

5. По данным гранулометрического состава, данный образец попадает в другую область треугольника Ферре, не свойственную для остальных (рис. 3).

6. Также у него наблюдается резкий скачок значения влажности верхнего предела пластичности. Обладает твердой консистенцией, в то время как другие — полутвердой. Исходя из перечисленных выше фактов, образец с глубины 30,8 м исследовался в данной работе независимо от остальной группы.

7. Была выдвинута гипотеза о том, что образец, отобранный с глубины 30,8 м, принадлежит не московской, а донской морене.

8. По результатам сдвиговых испытаний среди образцов московской морены было выделено две совокупности по прочностным показателям: сцеплению и углу внутреннего трения. Для образцов с глубин 7,6 — 13,2 м уравнение предельной огибающей принимает вид $y = 0,51x + 21$, откуда сцепление — 21 кПа, угол внутреннего трения — 27 градусов. Для глубин 18,2–25,5 м уравнение огибающей — $y = 0,66x + 14$. Сцепление для этой выделенной группы — 14 кПа, угол внутреннего трения — 33 градуса (рис. 4). Данные по результатам сдвиговых испытаний считаются достоверными, так как никаких нарушений в пределах плоскостей сдвига не наблюдалось.

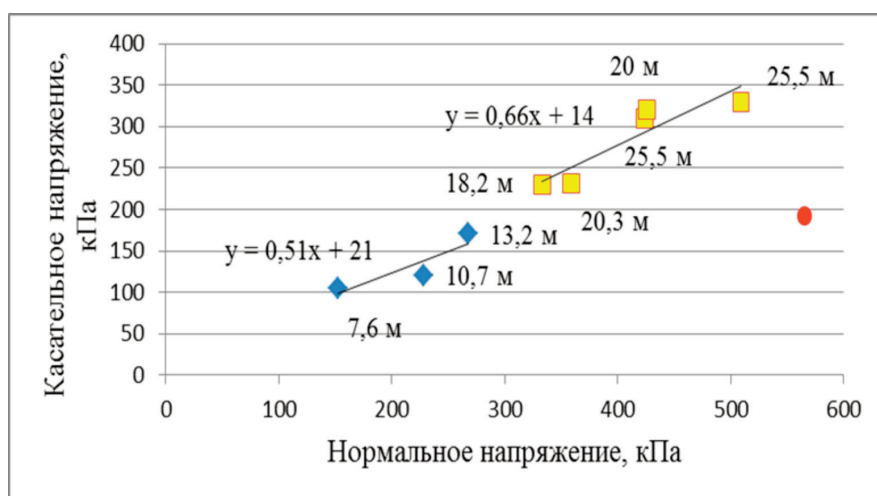


Рис. 4. Предельные огибающие для образцов выборки

9. Угол дилатансии определялся по методике M.D. Bolton [1] по формуле

$$\psi = \arctg \frac{\Delta \varepsilon_v}{\Delta \gamma},$$

где $\Delta \varepsilon_v$ — приращение вертикальных деформаций, $\Delta \gamma$ — приращение деформаций сдвига (рис. 5).

Величина угла дилатансии зависит от методики определения. Определяя максимальное касательное напряжение для образца, взятого с глубины 10,7 м, методом касательных, проведенных к точкам максимального перегиба графика касательного напряжения от деформации сдвига, угол дилатансии равен 2 градусам. Рассматривая пиковую прочность

на срез в качестве наибольшего значения касательного напряжения на всем промежутке, угол дилатансии образца с глубины 10,7 м равен 0 (рис. 6).

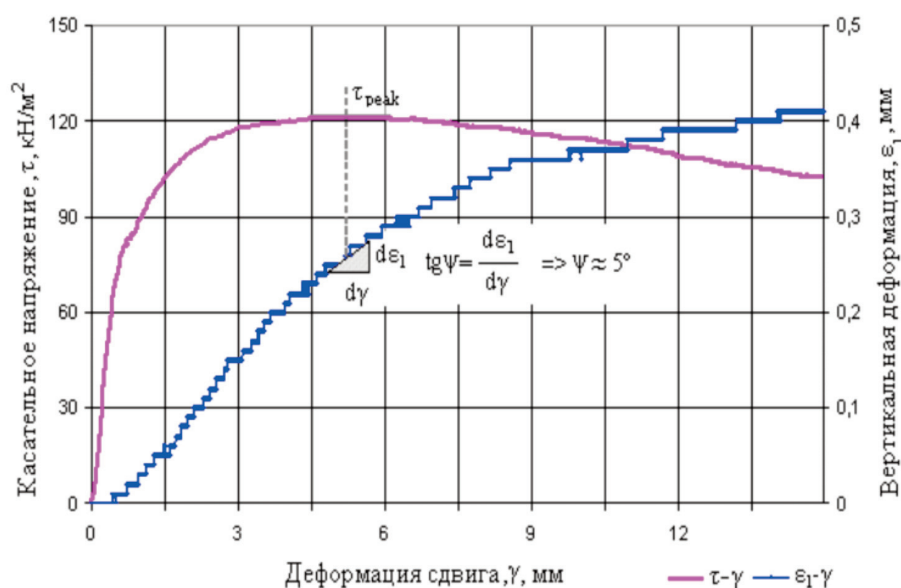


Рис. 5. Определение угла дилатансии по M.D. Bolton [1]

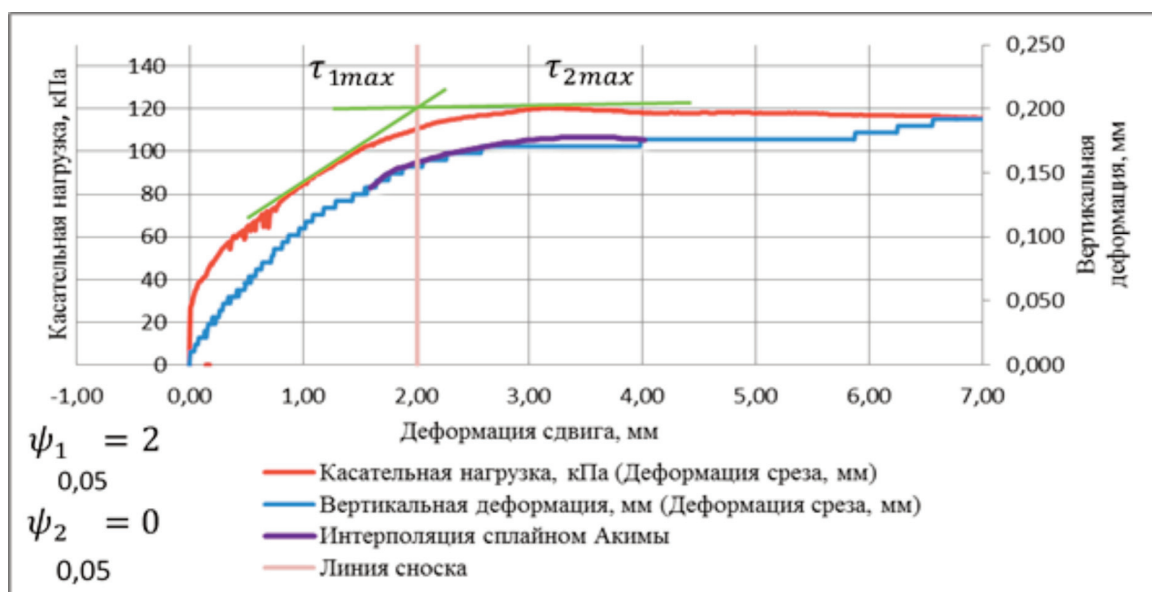


Рис. 6. Влияние метода определения максимальной касательной нагрузки на величину угла дилатансии на примере образца, взятого с глубины 10,7 м

Исходя из значений углов дилатансии остальных образцов выборки, было установлено, что наиболее корректно брать максимальное касательное напряжение из всего промежутка графика. Приемлемым было положено брать приращение деформаций сдвига равным 5% от максимальной нагрузки.

10. Характер кривых образцов московской морены является одинаковым. Кривые вертикальной деформации стремятся к асимптоте в районе точки максимального

касательного напряжения. Кривая вертикальной деформации возможной донской морены не меняет своего характера и является возрастающей на всем промежутке графика (рис. 7).

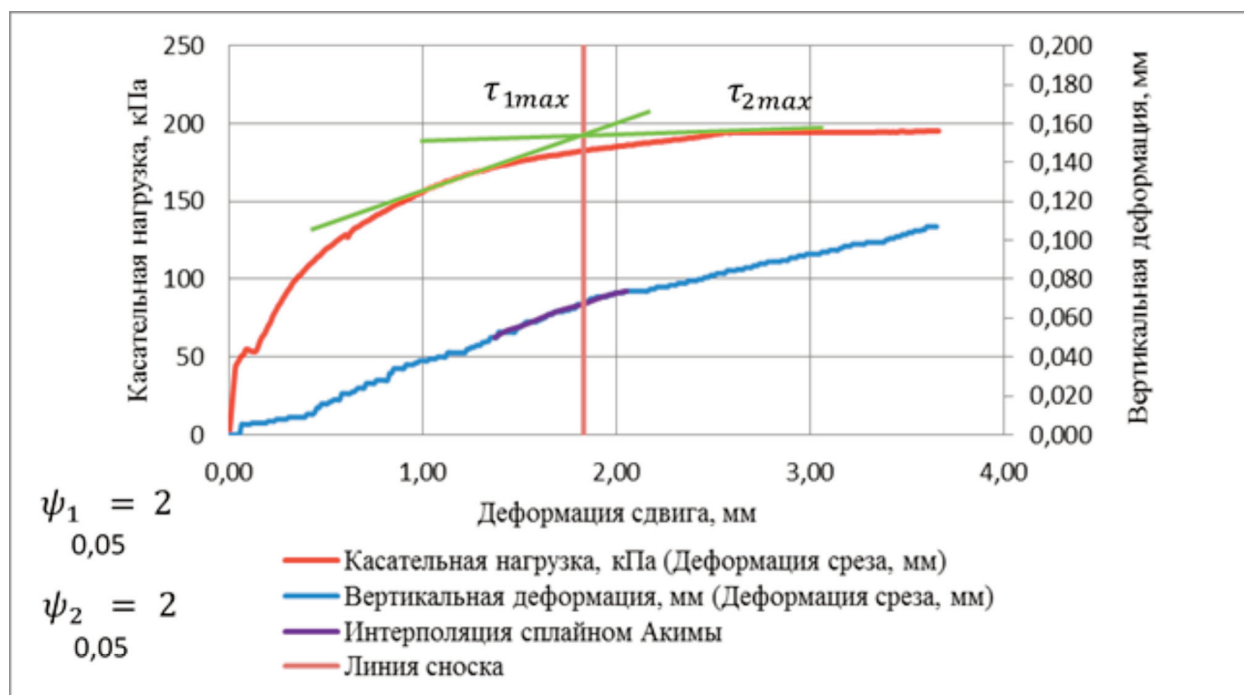


Рис. 7. Определение угла дилатансии для образца, взятого с глубины 30,8 м

Угол дилатансии образцов московской морены, отобранных с глубин 7,6–30,8 м, исходя из проведенных опытов, предположительно равен 0. Влияния вертикальной нагрузки на изменение угла дилатансии внутри двух выделенных по физико-механическим свойствам группам не наблюдается. Важно дополнить выборку образцами из разных регионов, поскольку именно отложения этой морены являются основаниями инженерных сооружений. В данном случае выявление дополнительного потенциала работы грунта является чрезвычайно актуальным. Для единичного образца, вероятно принадлежащего донской морене, угол дилатансии предположительно равен 2 градусам.

Таким образом, можно предположить, что величина угла дилатансии является диагностическим признаком донской морены. Для более достоверного доказательства этого суждения потребуются дополнительные исследования. Если данное предположение подтвердится, то это может значительно упростить расчленение геологического разреза при проведении инженерно-геологических изысканий.

Список литературы

1. Bolton M.D. The strength and dilatancy of sands // Geotechnique. Т. 36. № 1. Р. 65–78.