

## **ВЛИЯНИЕ ВОДОНАСЫЩЕННОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ И ПРОЧНОСТИ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ**

Кугубаев Андрей Александрович, Гайнуллина Альбина Маратовна

*Геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва,*

*Andrej\_KA89@mail.ru, gainulina@yandex.ru*

Песчаные грунты, согласно общей классификации [4], относятся к дисперсным несвязным грунтам. По классификации ГОСТ 25100-95 в зависимости от гранулометрического состава среди них выделяют пески гравелистые, крупные, средней крупности, мелкие и пылеватые. Вследствие широкого распространения песчаные грунты являются основанием многих инженерных сооружений, а также используются как материал для их возведения. Например, пески нашли широкое применение в качестве искусственного основания для сооружений, возводимых на слабых глинистых грунтах. Поэтому актуальным является прогноз их поведения под нагрузками с учётом возможного изменения состояния грунтов, в частности, при увеличении их влажности при подтоплении территорий.

Исследования выполнены на техногенных грунтах четвертичного возраста, образцы которых были отобраны на территории района Печатники г. Москвы. Массив песчаных грунтов, являющийся основанием жилых домов, был сформирован путем сухой отсыпки и имеет мощность 2-3 м. В процессе их возведения были отмечены неравномерные осадки, что было связано с повышением уровня грунтовых вод. В этой связи целью работы является изучение влияния водонасыщения на показатели деформационных и прочностных свойств песчаных грунтов. Для этого выполнен комплекс исследований, включавший определение показателей деформируемости и прочности грунтов в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии, а также изучение поведения при обводнении предварительно уплотнённых грунтов.

Изучение морфологических особенностей песчаных зерен наиболее характерных фракций под бинокулярным микроскопом показало, что среди них преобладают окатанные и угловатые зерна кварца, на фоне которых подчинённое значение имеют угловатые зерна полевых шпатов. На поверхности кварцевых зерен в виде «рубашек» присутствуют пылеватые частицы, которые являются своеобразными «мостиками», соединяющими более крупные частицы друг с другом, а также пленки коллоидов, представленные гидратами окиси железа. По данным гранулометрического анализа пески весьма неоднородны. В соответствии с классификации ГОСТ 25100-95 в массиве присутствуют песок средней крупности (образец №1), мелкий (образец №2) и пылеватый (образцы №№3, 4, 5). О неоднородности состава грунтов косвенно свидетельствуют и значения плотности в рыхлом и плотном сложениях (табл.1).

Изучение деформируемости грунтов в воздушно-сухом и в водонасыщенном состояниях (образцы №№4, 5) проводилось на

компрессионном приборе конструкции ЦНИИ МПС [2] в соответствии с требованиями ГОСТ 12248-96 [2]. Нагружение осуществлялось ступенями 0,05 МПа, 0,1 МПа, 0,2 МПа, 0,3 МПа и 0,4 МПа. Кроме того, изучено их поведение при замачивании под нагрузкой 0,2 МПа. По результатам испытаний построены компрессионные кривые (рис. 1), по формуле (1) рассчитаны значения модуля общей деформации для интервалов нагрузки 0,1-0,2 МПа и 0,2-0,4 МПа, а также относительные деформации при замачивании (табл. 2).

$$E = \frac{P_{i+1} - P_i}{e_{i+1} - e_i} \quad (1)$$

Таблица 1. Значения плотности песчаных грунтов в рыхлом и плотном сложениях

Номер образца	Разновидность песка по гранулометрическому составу	Плотность грунта $\rho_s \times 10^3$ , кг/м <sup>3</sup>	
		в рыхлом сложении	в плотном сложении
1	средней крупности	1,47	1,77
2	мелкий	1,49	1,76
3	пылеватый	1,51	1,72
4	пылеватый	1,40	1,68
5	пылеватый	1,40	1,68

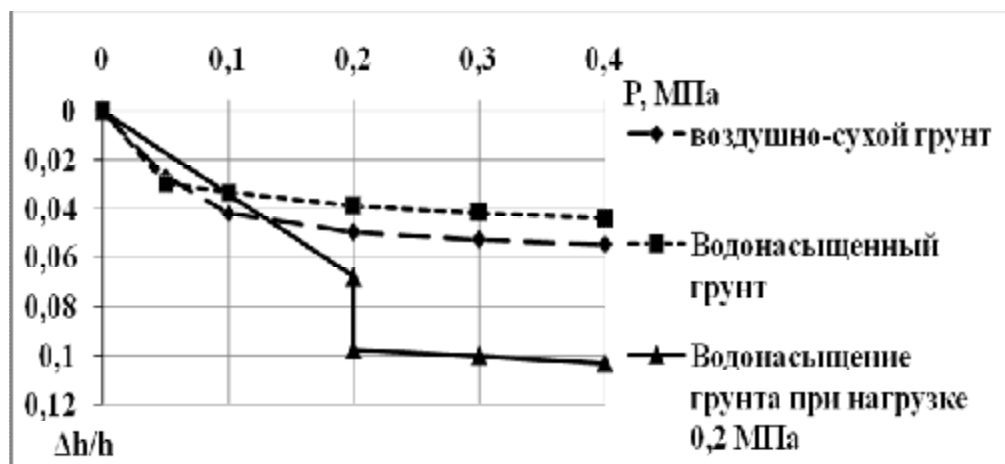


Рис. 1. Компрессионные кривые песка (образец № 4)

Изучение прочностных свойств грунтов в воздушно-сухом и в водонасыщенном состояниях (образцы №№ 1, 2, 3) проводилось на приборе ГПП-30 конструкции Гидропроекта в соответствии с требованиями ГОСТ 12248-96 [2]. Испытания проводились под нормальными нагрузками в 0,1 МПа, 0,2 МПа и 0,3 МПа. По результатам испытаний рассчитаны значения угла внутреннего трения (табл. 2) и построены диаграммы сдвига грунта (рис. 2).

Таблица 2. Показатели деформационных и прочностных характеристик песчаного грунта

Показатели		Номер образца грунта				
		1	2	3	4	5
Модуль общей деформации E (МПа) в диапазоне нагрузок, МПа	0,1-0,2	—	—	—	$\frac{12,5^*}{20}$	$\frac{14,3^*}{16,7}$
	0,2-0,4	—	—	—	$\frac{40^*}{40}$	$\frac{66,7^*}{25}$
Относительная деформация сжатия при замачивании при нагрузке 0,2 МПа		—	—	—	0,029	0,024
Угол внутреннего трения $\varphi^\circ$		$\frac{30^*}{27}$	$\frac{27^*}{25}$	$\frac{31^*}{24}$	—	—

\* - в числителе – для воздушно-сухого грунта  
в знаменателе – для водонасыщенного грунта.

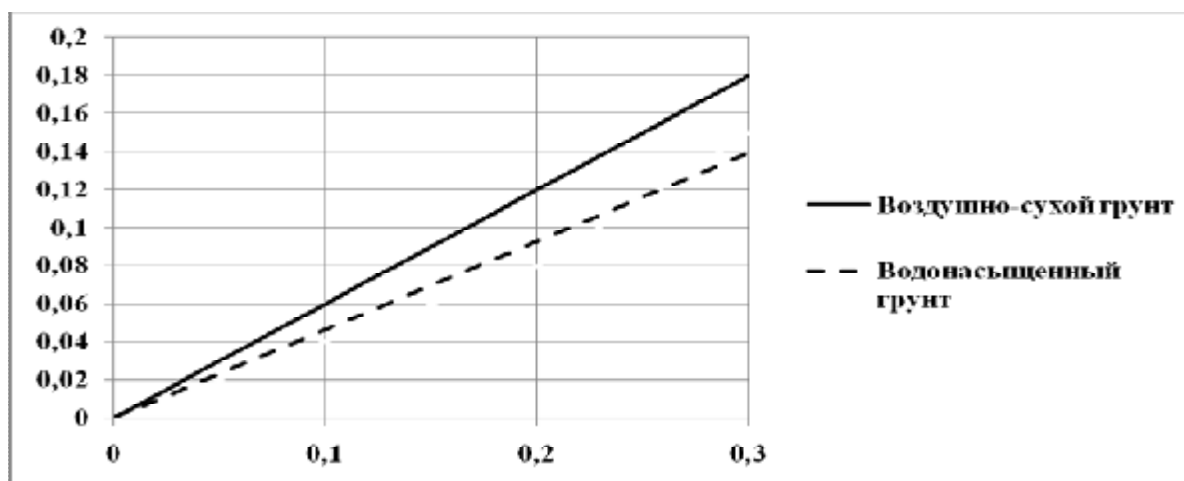


Рис. 2. Диаграммы сдвига песчаного грунта (образец № 3)

Изучение прочности на срез показало, что исследуемые грунты в воздушно-сухом состоянии имеют следующие значения угла внутреннего трения  $\varphi$ :  $30^\circ$  для песка средней крупности,  $27^\circ$  для мелкого песка и  $31^\circ$  для пылеватого песка. Водонасыщение грунтов способствовало закономерному снижению их прочности. Для песка средней крупности угол внутреннего трения снизился до  $27^\circ$ , для песка мелкого до  $25^\circ$  и для песка пылеватого до  $24^\circ$ . Уменьшение значений  $\varphi$  связано с неоднородностью грунта и переупаковкой частиц при водонасыщении. На основании экспериментальных данных можно сделать вывод о единой зависимости между изменением угла внутреннего трения и гранулометрическим составом изученных песков.

Данный песчаный грунт нарушенного сложения. Его плотность близка к плотности в рыхлом сложении (табл. 1). В связи с этим компрессионные испытания дают большую сжимаемость грунта. Сжимаемость песка в

водонасыщенном состоянии значительно меньше сжимаемости этого грунта в воздушно-сухом состоянии, причиной этому является содержание пылеватой фракции в 10% в каждом образце. При нагружении водонасыщенного песка создаётся поровое давление, и на скелет грунта передается меньшая нагрузка, чем при испытании воздушно-сухого грунта. Насыщение водой сухих песков в рыхлом сложении при заданной нагрузке привело к деформации сжатия. Величина относительной деформации сжатия составила 0,029 для образца № 4 и 0,024 для образца № 6. Влияние влажности на прочностные свойства в заметной степени обнаруживается лишь для пылеватых песков. В других случаях влажность несвязных грунтов не оказывает существенного влияния на их сопротивление сдвигу. При высокой скорости сдвига водонасыщенного пылеватого песка возникает значительное поровое давление, которое уменьшает давление в скелете грунта и тем самым снижает общее сопротивление сдвигу [3].

В результате компрессионных испытаний водонасыщенного песка была получена меньшая сжимаемость, чем у воздушно-сухого грунта. Основным фактором является содержание частиц пылеватой фракции. Наряду с этим большие деформации были получены при исследовании сжимаемости при водонасыщении при заданной нагрузке.

Водонасыщенность песчаного грунта негативно сказывается на его прочностных характеристиках, но в тоже время уменьшает его сжимаемость. Насыщение водой грунта, находящегося под нагрузкой, приводит к большим вертикальным деформациям. Во избежание больших деформаций песчаного грунта от веса здания следует их уплотнять и не допускать насыщения водой во время эксплуатации сооружения, построенного на данных грунтах.

#### Литература:

1. Грунтоведение/Под ред. Е.М. Сергеева. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 198-199.
2. Грунтоведение/Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, Наука 2005. С. 1024
3. Лабораторные работы по грунтоведению/Под ред. В.А Королева. М.: Высш. шк., 2008. 519 с.

## **КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, РАЗВИТЫХ В ДОЛИНЕ РЕКИ МЗЫМТА**

Кушман Мария Валерьевна

*Геологического ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва,*

*[mashabosss@yandex.ru](mailto:mashabosss@yandex.ru)*

Река Мзымта является одной из самых крупных и многоводных рек Черноморского побережья Краснодарского края. Исток реки расположен на южном склоне Главного Кавказского хребта в районе горы Люоб, на высоте