

Основными факторами формирования являются повышение гидростатического давления, понижение температуры пласта, более низкая минерализация закачиваемых вод (по сравнению с пластовыми рассолами), высокие значения рН, большие понижения концентрации CO_2 и H_2S .

Взаимодействие пород и вод сопровождается процессами разбавления, окисления сульфидной серы и органических соединений, техногенного метасоматоза, щелочного гидролиза. Они приводят к снижению содержания в жидкой фазе сульфидной и сульфатной серы, магния; накоплению гидрокарбонатов.

Хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 61-87 г/л, вскрытые в среднем карбоне, содержащие повышенные концентрации бора, брома и йода, по видимому сформировались при участии техногенных нагрузок, но этот вопрос необходимо изучить дополнительно.

КОМПРЕССИОННАЯ СЖИМАЕМОСТЬ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ НА УЧАСТКЕ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Пиоро Екатерина Владимировна

Геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, piorok@yandex.ru

Под массивом техногенно созданных грунтов понимается непрерывный объем перемещенных горных пород, твердых промышленных или бытовых отходов, сформированный каким-либо одним способом и рассматриваемый в качестве основания, среды или материала для возведения инженерных сооружений [2].

Техногенные грунты широко распространены на территории городов и с поверхности залегают практически повсеместно. Их мощность может достигать нескольких метров в исторических центрах городов и увеличиваться до первых десятков метров в местах засыпанных оврагов, долин рек, болот. Градостроительная организация Москвы основывается на принципе прекращения территориального роста города за пределы существующих границ. Некоторое увеличение застраиваемых территорий должно происходить за счет освоения внутренних резервов [3]. В связи с уплотнением городской застройки эти грунты все чаще становятся основаниями или вмещающей средой инженерных сооружений. В связи с этим изучение деформационных свойств техногенных грунтов становится актуальной задачей. По своему строению они неоднородны, поэтому перспективным направлением является использование геофизических методов исследования, в том числе для получения деформационных характеристик техногенных грунтов.

Для изучения компрессионной сжимаемости было отобрано двенадцать образцов в г. Москве, в районе ул. Белозерской, д.12, где мощность насыпной толщи варьирует от 0 до 18 м. Глубины отбора образцов различны. Вывоз такой

массы грунта экономически не целесообразен, поэтому ставилась задача оценки сжимаемости грунтов этого вида.

На изучаемом участке техногенные грунты представляют собой супеси и суглинки зеленовато-бурого цвета, неоднородные, с включениями крупнообломочного материала разного размера и кусками битого кирпича, со следами ожелезнения, с растительными остатками, а так же примесью бытового и строительного мусора. В одном из образцов при нагревании в термостате был обнаружен битум. Плотность образцов изменяется от 1.99 до 2.35 г/см³; значения влажности варьируют от 10 до 17%; плотность скелета грунта составляет 1,70 - 2,16 г/см³; плотность твердых частиц варьирует от 2.71 до 2.75 г/см³ (табл. 1). Такие колебания плотности техногенных грунтов, скорее всего, связаны с различными видами включений в них (от органических остатков до металлических предметов).

Для оценки деформационных свойств, проводились компрессионные испытания на приборах Гидропроекта ЦНИИ МПС и приборах компании Geotek ASIS. Испытания проводились по четырем ступеням нагрузки: 0,05; 0,1; 0,3; 0,5 МПа, до условной стабилизации деформаций 0.01 мм за 12 часов. При этом определялись значения показателей плотности и влажности до и после компрессионных испытаний. Кроме того, до и после компрессионных испытаний приводились сейсмоакустические исследования грунтов на приборе Дефектоскоп УК10-ПМС.

Компрессионная сжимаемость грунтов осуществляется в основном за счет изменения структуры и текстуры грунта: разрушения части структурных связей и микроагрегатов, смыкания крупных пор, переориентации частиц при одновременном уменьшении пористости грунта, отжатия из пор воды и воздуха. При этом дробления первичных частиц не происходит, при возрастающей нагрузке они все более ориентируются в направлении перпендикулярно прикладываемому давлению.

Кроме того, следует иметь в виду, что для большинства типов дисперсных грунтов характерно проявление нелинейной упругости. Поэтому еще раз необходимо подчеркнуть, что величины модулей их общей и компрессионной деформации зависят от диапазона нагрузок, в которых они определяются [2].

В результате компрессионных испытаний были определены коэффициенты сжимаемости в интервалах нагрузок 0.1-0.2 МПа (для классифицирования грунтов по их сжимаемости), 0.1-0.3 и 0.3-0.5 МПа, а так же, для последних двух интервалов нагрузки – модули компрессионной и общей деформации (табл. 2).

По результатам испытаний можно сделать вывод о том, что практически все образцы относятся по ГОСТ 12248-96 (при нагрузках 0.1-0.2 МПа) к сильносжимаемым ($0.1 < a < 1$ МПа⁻¹, где a – коэффициент уплотнения), за исключением образца 14, который является среднесжимаемым ($0.1 < a < 0.05$ МПа⁻¹).

Значения модулей общей деформации меняются от 3 до 12 МПа в интервале нагрузок 0.1-0.3МПа и от 3.5 до 19 МПа в интервале нагрузок 0.3-0.5 МПа.

Таблица 1. Показатели влажности и плотности грунтов.

№ образца, название грунта	Влажность, W %	Плотность, г/см ³		
		грунта, ρ	скелета грунта, ρ_d	частиц, ρ_s
7 (суглинок легкий полутвердый)	17	1.99	1.70	2.71
8а(суглинок тяжелый тугопластичный)	12	2.25	2.01	2.73
8б (суглинок легкий мягкопластичный)	17	2.13	1.82	2.73
9а (суглинок легкий тугопластичный)	9	2.35	2.16	2.76
9б (суглинок легкий мягкопластичный)	10	2.27	2.06	2.73
10 (суглинок легкий тугопластичный)	12	2.19	1.96	2.74
11 (суглинок легкий тугопластичный)	13	2.34	2.07	2.71
13 (суглинок легкий полутвердый)	13	2.09	1.85	2.75
14 (суглинок легкий текучепластичный)	10	2.09	1.90	2.73

Таблица 2. Результаты компрессионных испытаний.

№ образца	Коэффициент пористости, начальный, e_0 отн.ед.	Коэффициент уплотнения (МПа ⁻¹) при нагрузках		Модуль общей деформации (МПа) при нагрузках	
		0.1-0.3 МПа	0.3-0.5 МПа	0.1-0.3 МПа	0.3-0.5 МПа
7	0,59	0,258	0,145	3	5
8а	0,36	0,078	0,048	8,5	13,7
8б	0,50	0,24	0,146	3	3,5
9а	0,28	0,107	0,041	6	15,6
9б	0,32	0,056	0,035	12	19
10	0,40	0,146	0,043	5	16
11	0,38	0,168	0,084	4	8
13	0,49	0,123	0,075	6	7
14	0,44	0,141	0,08	3,5	8,5

Значения модулей общей деформации закономерно возрастают при увеличении плотности грунтов, причем значения модулей деформации при нагрузках 0.1-0.3 МПа всегда меньше и возрастание их значений при повышении

плотности не такое резкое, как у модулей деформации в интервале нагрузок 0.3-0.5 МПа (рис. 1).

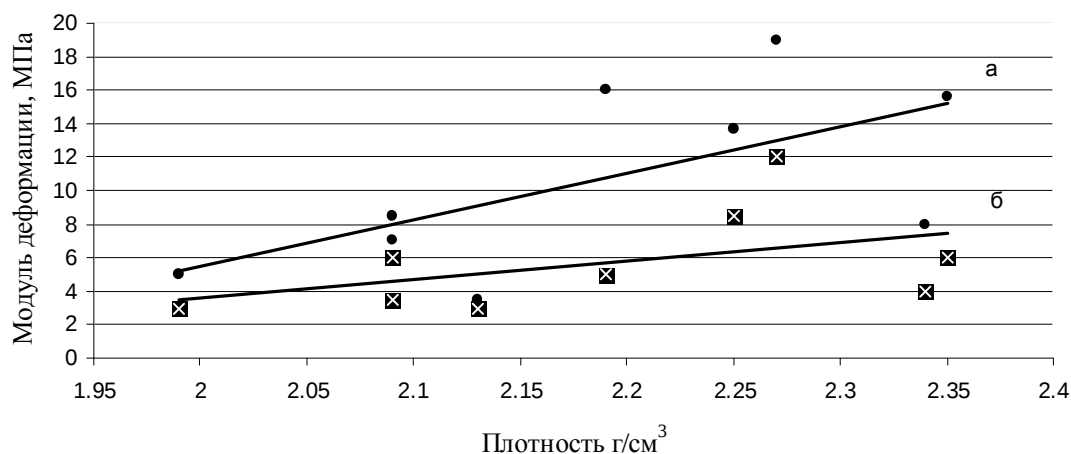


Рис. 1. Взаимосвязь модуля общей деформации и плотности техногенных суглинков для интервалов нагрузок: а - 0.3-0.5 МПа; б - 0.1-0.3 МПа.

Для изучаемых образцов до и после компрессионных испытаний были проведены сейсмоакустические исследования (просвечивание), по результатам которых были рассчитаны значения динамического и статического модулей деформации. По данным просвечивания видно закономерное увеличение динамического модуля деформации при увеличении плотности грунтов (рис. 2).

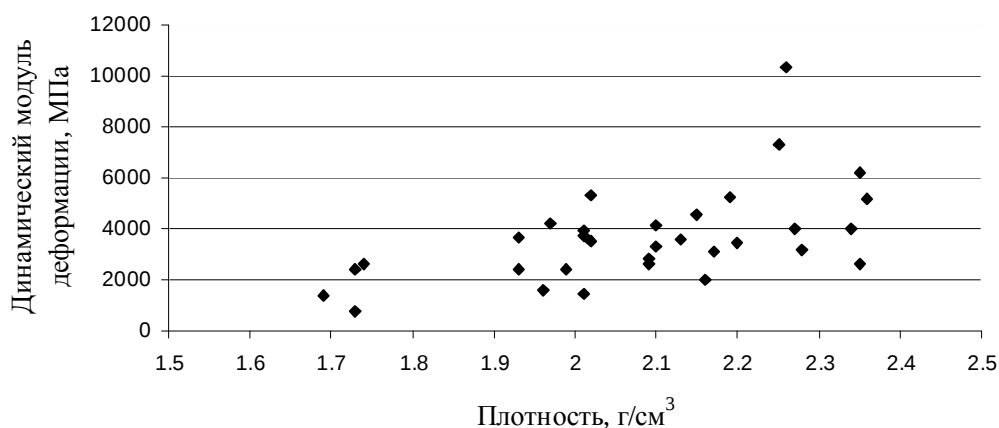


Рис. 2. Взаимосвязь динамического модуля деформации и плотности грунтов по данным сейсмоакустических исследований.

Также наблюдается закономерное увеличение значений скоростей продольных и поперечных волн при увеличении начальных и конечных (после компрессии) значений плотности и плотности скелета.

Поскольку показатели компрессионной сжимаемости грунтов и их сейсмоакустические характеристики зависят от плотности грунтов, то логичным продолжением исследований стал поиск взаимосвязей инженерно-геологических и геофизических показателей деформируемости грунтов. При построении графика взаимосвязи модуля общей деформации и динамического модуля деформации оказалось, что эти показатели довольно неплохо коррелируются друг с другом и, в целом, удовлетворяют уравнению прямой $E_{\text{общ}} = 0.0005E_{\text{дин}} + 2.4367$ (рис.3). С помощью программы статистика StatPlus 2006 Professional 3.9.7 был рассчитан коэффициент корреляции $r=0.61$, свидетельствующий о слабой связи между коррелируемыми показателями.

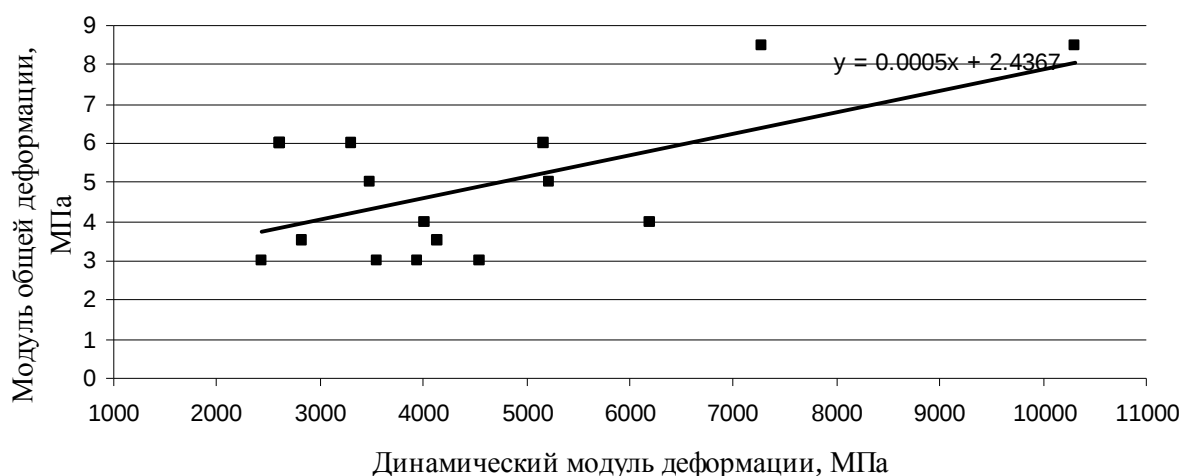


Рис. 3. Взаимосвязь модуля общей деформации (при нагрузках 0.1-0.3 МПа) и динамического модуля деформации исследуемых грунтов.

Таким образом, полученные данные показывают, что существует корреляционная зависимость между показателями деформационных свойств техногенных грунтов, определенных сейсмоакустическими методами и по результатам компрессионных испытаний (по крайней мере, для одного исследуемого массива грунтов). Выявление зависимостей такого рода является перспективным и требует дальнейшего изучения.

Литература:

1. ГОСТ 12248-96 Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
2. Грунтоведение/Под ред. В.Т.Трофимова. М.: «Наука», 2005. 1023 с.
3. Москва геология и город/Под ред. В.И.Осипова, О.П.Медведева. М.: Московские учебники и картолитография, 1997. 400 с.