

УДК 681.2.621

Добровольская А.О., аспирант, Кравец В.Г., д.т.н., проф.  
НТУУ «КПИ» ИЕЕ, г. Киев, Украина

## ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОГЕННОГО ГРУНТА ПРИ РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ ЗАМАЧИВАНИЯ

**Введение.** Осадки техногенного грунта вследствие нарушения работы канализационной систем в условиях тесной городской застройке, часто превышает допустимые значения. Как свидетельствует практика, дополнительные оседания сооружения в результате аварийной утечки из теплосети могут достигать 0,5 м, хотя считается, что с учетом долгого срока эксплуатации основа под сооружением стала условно недеформированной.

При замачивании грунтов, вследствие аварийных ситуаций в теплосети температура среды убывает с удалением от источника, что вызывает неравномерные оседания.

Условия, необходимые для проявлений проседания:

- 1) достаточное увлажнение, при котором в значительной степени снижается прочность грунта;
- 2) наличие нагрузки, способной при увлажнении превысить силы сцепления грунта.

**Задача исследований**-изучение деформируемости техногенного грунта-природной лессовидной супеси I-й категории просадочности, ранее механически перемещенной, уложенной в отвал и в течение длительного времени подвергаемой природным климатическим воздействиям, вследствие чего предполагается, что такой грунт лишен склонности к проявлению просадочных свойств.

**Методика исследований.** В лаборатории НИИСК были подготовлены образцы грунтов для опытов, а также были определены физико-механические характеристики, которые наведены в таблице 1. В экспериментах использованы несколько вариантов замачивания образцов, после чего определены относительные деформации при ступенчатой и однократной нагрузке. Испытания выполнялись по методу компрессионного сжатия (ДСТУ Б В.2.1-4-96) на компрессионных приборах (Wikeham Farranu, В. Великобритания) с тыловой загрузкой модель WF-24001 и с фронтальной загрузкой модель WF-24251.

Опыт проводился в три этапа. Образцы предварительно подготавливались замачиванием в течение суток, затем различных условиях предварительной обработки. Для сравнения деформационных характеристик образцы, замоченные в течение суток в различных средах, после выдержки в замоченном состоянии в течение различного времени (0-30 суток) подвергались

компрессионным испытаниям. На каждом этапе также испытывались образцы в исходном состоянии.

Таблица 1

Физико-механические характеристики образцов

Номер образца	Естественная влажность, %	плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	Плотность скелета грунта, г/см <sup>3</sup>	Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости	Влажность после испытания, %	Коэффициент водонасыщения.
1	21,99	1,69	1,38	2,69	0,94	18,79	0,63
2	23,89	1,71	1,38		0,94	23,35	0,68
3	28,27	1,7	1,33		1,02	27,29	0,74
4	24,6	1,71	1,37		0,96	25,38	0,69

I этап – ступенчатые нагрузки грунта в четырёх состояниях:

- Образец 1 – в исходном состоянии при влажности 22%;
- Образец 2 – грунт, замоченный в холодной воде;
- Образец 3 – тот же грунт, замоченный в горячей воде при температуре 60°;
- Образец 4 – грунт, замоченный в нефтепродукте.

Результаты испытаний в рамках 1-го этапа приведены на Рис 1.

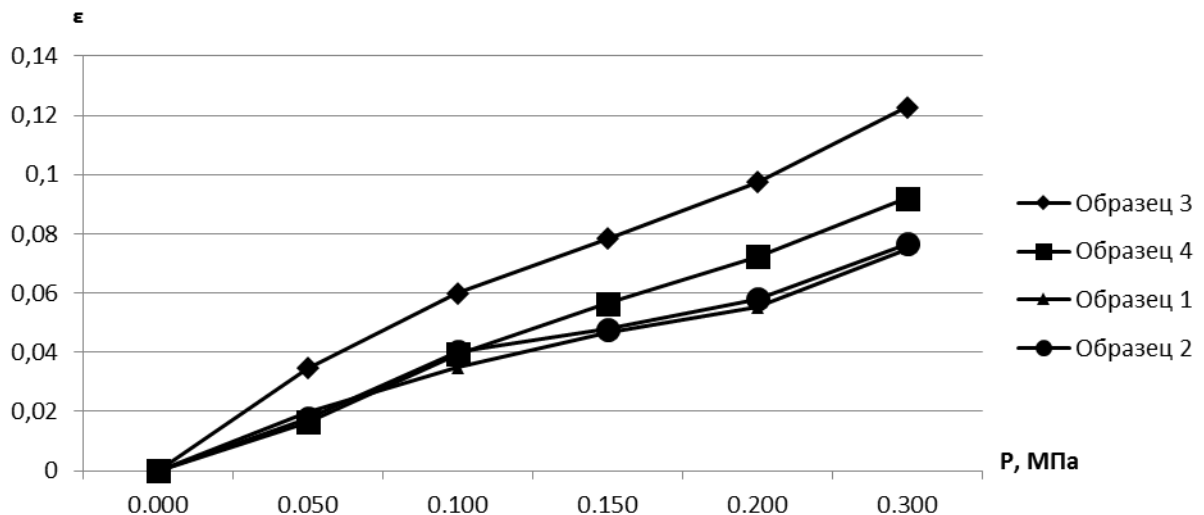


Рис 1. Зависимость относительной вертикальной деформации образцов грунта от ступенчато приложенной нагрузки в диапазоне 0...0,3 МПа

Исследования на первом этапе показали, что при нагрузке менее 0,1 МПа осадка образцов грунта во всех состояниях, кроме замоченного в горячей воде, находилась практически на одном уровне. Далее с ростом нагрузки и до окончания испытаний процесс деформирования образцов 1 и 2 практически идентичен, что, видимо, следует объяснить близостью значений исходной влажности грунта к оптимальной (образец 1) и ее превышением в результате увлажнения (образец 2), т.е. отклонением в большую сторону от оптимального значения. Отличие деформативности образца 4 проявилось лишь после достижения нагрузки в 0,1 МПа. Как следует из характера развития деформаций образца 4, интенсивность изменений в физико-химических связях исследуемого грунта проявляется и возрастает лишь в диапазоне (0,1...0,2) МПа. С повышением нагрузки выше 0,2 МПа это возрастание прекращается, т.е. по интенсивности нарастание деформаций образца 4 и образцов 1,2 не отличается. Это может означать, что в диапазоне (0,2...0,3) МПа образцы достигают состояния, когда сжимаемость грунта в обоих образцах обеспечивается за счет фильтрации независимо от типа поровой жидкости.

В течение 1-го этапа во всем диапазоне нагружений деформация образца 3 существенно преобладала над деформациями остальных испытываемых образцов. Очевидно, что фактор горячей воды более существенен по сравнению с обработкой грунта нефтепродуктом. По окончании испытаний 1-го этапа образец 3 под действием горячей воды испытал осадку в 7% по отношению к его высоте (1,9 см), образец 1 – в 4%, образец 4 – в 5%.

На 1-м этапе исследований также изучен характер развития деформаций грунтовых образцов во времени в течение суток при нагружении в 0,3 МПа (рис.2).

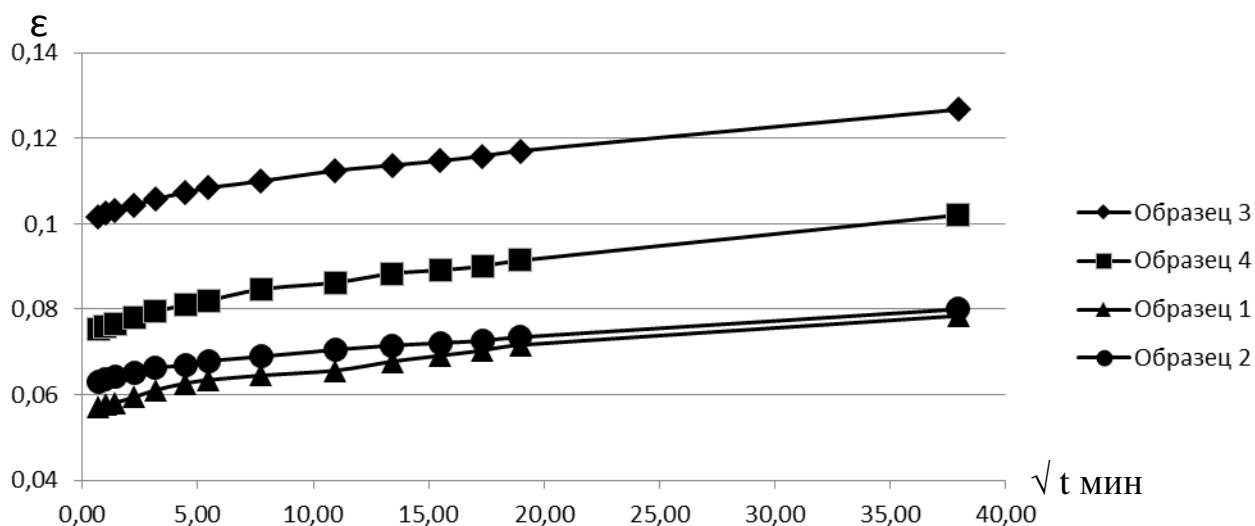


Рис 2. Развитие во времени относительной вертикальной деформации при нагрузке в 3 кг

Как следует из характера полученных зависимостей, на всем протяжении первых суток испытаний образцов при нагрузке 0,3 МПа деформации образца 3 существенно доминировали, образцы 1 и 2 к концу суток достигли практически равных деформаций с некоторым преобладанием замоченного холодной водой образца 2. Однако в течение первых суток испытаний при данной нагрузке все четыре исследуемых образца не достигли стадии стабилизации. Обращает на себя внимание отсутствие проявлений проседания исследуемых почвенных образцов, что подтверждает предположение о ликвидации просадочных свойств грунта во времени его преобразования в техногенной.

На *втором* этапе исследований в опытах использованы образцы грунта, ранее участвовавшие в первом этапе, повторно замоченные в течение суток и выдержанные после повторного замачивания в течение 30 суток в естественных условиях.

Согласно результатам этого этапа, наибольшая осадка относительно высоты испытуемого образца (4%) получена в образце 3, в образце 4 - 2,5%.

Исходя из полученных данных, выполнен третий этап испытаний. На этом этапе исследовались 2 пары образцов 3 и 4, как наиболее деформируемых. Первая пара образцов была вновь (в третий раз) замочена горячей водой и нефтепродуктом, после чего подвергнута однократной нагрузке в 0,3 МПа. Результаты испытаний приведены в верхней части рис.3, где условно изображен скачок относительной деформации образцов 3 и 4 в результате их нагружения максимальной однократной нагрузкой. Из этих данных следует существенное возрастание вертикальной деформации как образца 3 (9%), так и образца 4 (7,6%) (рис.3). Параллельно после предварительной обработки и 30-дневной выдержки второй пары (аналогов) образцов 3 и 4 без дополнительного третьего замачивания проведены их компрессионные испытания при уровне нагружения 0,3МПа.

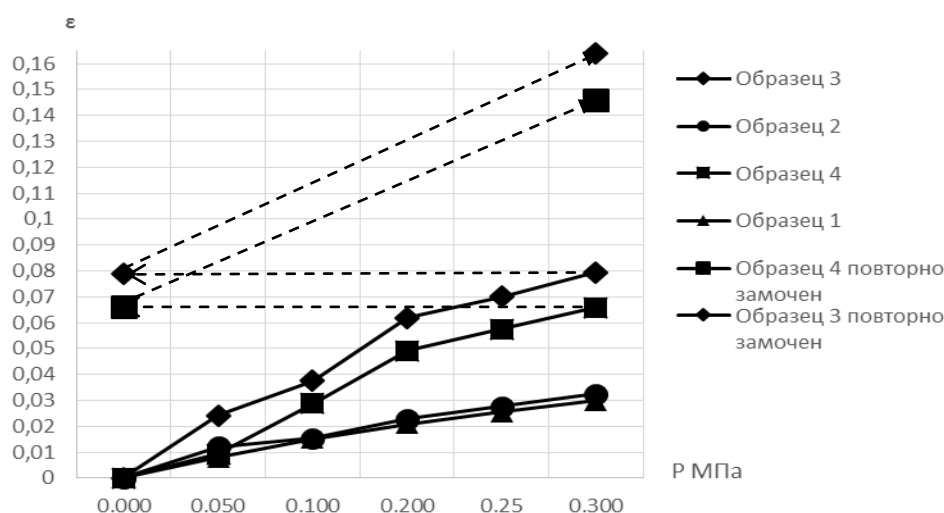


Рис 3. Развитие относительной вертикальной деформации образцов при ступенчатом повышении нагрузок

По результатам этих испытаний (рис. 4), можно заключить, что стабилизация и прекращение деформации наступает лишь в образце 3, так как после повторного нагружения грунт, начиная с 30-й минуты и до завершения испытаний, практически не деформируется. Характерно, что однократное интенсивное нагружение образца 3 до уровня 0,3 МПа после третьего замачивания по эффективности равноценно длительным ступенчатым нагружениям при компрессионных испытаниях после второго замачивания и 30-дневной выдержки. Что касается образца 4 (грунт, замоченный в нефтепродукте), интенсивность его деформирования с 30-й минуты заметно уменьшается, однако к концу испытаний грунт не стабилизировался.

Из опытов следует, что для надежной стабилизации техногенного грунта в основании сооружения, которому угрожают аварийные гидротермальные воздействия, его предстроительная подготовка должна состоять в имитации предстоящих возможных воздействий (замачивание горячей водой + уплотнение + суточное замачивание с выдержкой 30 дней + нагружение/уплотнение). Относительно грунта, загрязненного нефтепродуктом, для принятия окончательного решения о способе его стабилизации следует привлечь физико-химические методы, которые позволят либо связать нефтепродукт, либо его преобразовать для повышения проницаемости грунтового скелета и сокращения длительности его стабилизации.

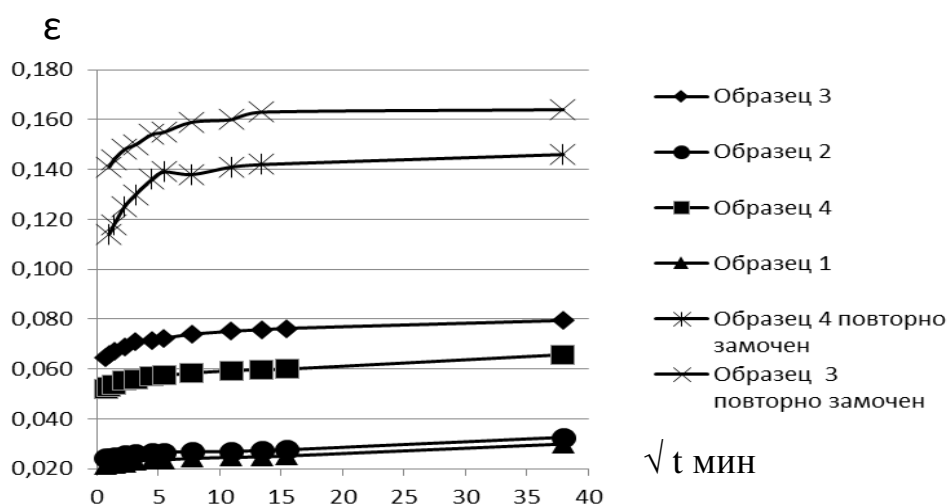


Рис. 4. Развитие во времени относительной вертикальной деформации при повторных испытаниях с нагрузкой 0,3 МПа

### Выводы

– при однократном суточном замачивании образцов грунта в различных жидкостях с последующими компрессионными испытаниями наиболее высокая осадка отмечена в образце, замоченном горячей водой - на 7% по отношению к мощности испытываемого слоя. При этом необработанный грунт (без замачивания) деформировался на 4%, однако отмечается, что осадки всех испытанных образцов грунта не достигают стадии стабилизации.

– повторная аналогичная обработка горячей водой ранее деформированного образца, выдержка его в течение 30 суток и затем обработка либо новым замачиванием с последующим однократным нагружением на уровне 0,3 МПа, либо ступенчатой нагрузкой без третьего замачивания обуславливают практическую стабилизацию грунта;

– полученные данные исследований позволяют приступить к разработке технологии подготовки оснований сооружений, состоящих из техногенных грунтов в условиях вероятности гидротермальных воздействий в результате аварийных утечек горячей воды из коммунальных коммуникаций;

– образцы, обрабатываемые нефтепродуктом, в рамках примененных режимов исследований не стабилизировались, причем из характера компрессионных зависимостей следует вероятность длительной стабилизации грунта, что, видимо, потребует использования физико-химических методов стабилизации для связывания нефтепродукта, либо снижения его вязкости и повышения проницаемости загрязненного грунта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДСТУ Б В.2.1-4-96 Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформативності.