

3 Промышленность Республики Беларусь: стат. сборник / Нац. стат. ком-т РБ. – Минск, 2017. – 215 с.

4 Промышленность Республики Беларусь: стат. сборник / Нац. стат. ком-т РБ. – Минск, 2016. – 249 с.

5 Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2017 год / Под общ. ред. Е. П. Богодяж; Респ. центр по гидромет., контролю радиацт. загр-я и монит. окр. среды – Минск, 2018. – 450 с.

УДК 624.131.4

Д. И. Борушков

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Статья посвящена исследованию влияния нефтепродукта на деформационные свойства глинистого грунта. Для этого был проведен опыт на компрессионную сжимаемость, по его результатам построены компрессионные кривые. Объектом исследования является глинистая морена. Нефтепродукт выполняет роль смазки, облегчающей переориентацию частиц при их доуплотнении, а также ослабляет прочность структурных связей.

В настоящее время территории городов активно застраиваются автозаправочными станциями. В связи с этим можно прогнозировать загрязнение грунтов и подземных вод нефтепродуктами. Учитывая то, что нефтенасыщенные грунты распространяются и за пределы площадок автозаправочных станций, это может привести к нарушению хозяйственной деятельности человека. В связи с этим возникла необходимость изучения изменения деформационных свойств грунтов загрязненных нефтепродуктом, так как они могут существенно влиять на качество сооружений при инженерно-строительных работах. Для этого нами был проведен опыт на компрессионную сжимаемость.

Перед началом эксперимента следует определить влажность и плотность твердой фазы исследуемого грунта. Значение для твердой фазы принято как $2,65 \text{ г/см}^3$.

Пробу грунта для определения влажности отбирают массой 15–50 г, помещают в заранее высушенный, взвешенный и пронумерованный стаканчик и плотно закрывают крышкой. Далее пробу в закрытом стаканчике взвешивают. Стаканчик открывают и вместе с крышкой помещают в нагретый сушильный шкаф. Грунт высушивают в течение 5 ч до постоянной массы при температуре $(105 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ [1].

Далее проводится эксперимент на компрессионную сжимаемость в соответствии с ГОСТ 12248–2010. Следует разобрать прибор К–1М, для чего нужно отвинтить гайки и снять верхнее коромысло; снять консоли, отвинтить арретир, вытащить штамп, отпустить три зажимных винта на дне одометра и снять корпус одометра; из корпуса вытащить кольцо и снять с него резиновую прокладку и режущую насадку. Штангенциркулем замерить высоту h_0 и внутренний диаметр d_0 кольца. Взвесить массу кольца m_0 .

Так как в нашем случае грунт нарушенной структуры, то при испытании необходимое количество грунта требуется тщательно перемешать до образования однородной массы. Образец в фарфоровой тарелке смешивается сначала с водой, затем с нефтепродуктом и доводится до состояния теста. Грунт с водой готов к эксперименту на компрессионную сжимаемость. Образец с нефтепродуктом следует поместить в эксикатор на 24 часа, для насыщения. На следующие сутки он готов к эксперименту.

Затем густым грунтом требуется заполнить кольцо. Следует добиться одинаковой плотности грунта во всех частях кольца, для этого кольцо следует заполнять послойно. Кольцо с грунтом взвешивается и масса m_1 записывается в журнал испытаний. На кольцо устанавливается режущая насадка, обе поверхности грунта покрываются фильтровальной бумагой. Устанавливается кольцо с грунтом на дно одометра и собирается прибор. Далее в опорных бобышках закрепляется два индикатора так, чтобы ножки индикаторов упирались в консоли и были выдвинуты на 70 % свободного хода (примерно на 7 мм). Записываются показания индикаторов при отсутствии груза на подвеске.

Таблица 1 – Журнал компрессионных испытаний грунта с водой

| Масса груза на подвеске Q , кг | Давление $P = \frac{Q}{60}$, МПа | Отсчеты по индикаторам, мм | | | Абсолютная деформация прибора (по тарировочной кривой Δ , мм) | Относительная деформация грунта $\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$ |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------|---|--|--|
| | | левый n_1 , мм | правый n_2 , мм | среднее $n_{cp} = \frac{n_1 + n_2}{2}$, мм | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 0 | 5,57 | 6,70 | 6,135 | 0 | 0,00000 |
| 0,1 | 0,0017 | 5,54 | 6,67 | 6,105 | 0 | 0,00099 |
| 0,2 | 0,0033 | 5,52 | 6,66 | 6,09 | 0 | 0,00149 |
| 0,3 | 0,005 | 5,49 | 6,65 | 6,07 | 0,001 | 0,00212 |
| 0,6 | 0,01 | 5,41 | 6,61 | 6,01 | 0,01 | 0,00381 |
| 1,2 | 0,02 | 5,15 | 6,54 | 5,845 | 0,02 | 0,00894 |
| 1,8 | 0,03 | 5,06 | 6,49 | 5,775 | 0,03 | 0,01093 |
| 3,0 | 0,05 | 4,95 | 6,37 | 5,66 | 0,05 | 0,01407 |
| 4,5 | 0,075 | 4,82 | 6,25 | 5,535 | 0,06 | 0,01788 |
| 6,0 | 0,1 | 4,71 | 6,16 | 5,435 | 0,08 | 0,02053 |
| 4,5 | 0,075 | 4,72 | 6,17 | 5,445 | 0,06 | 0,02086 |
| 3,0 | 0,05 | 4,74 | 6,18 | 5,46 | 0,05 | 0,02070 |
| 1,8 | 0,03 | 4,78 | 6,22 | 5,5 | 0,03 | 0,02003 |
| 1,2 | 0,02 | 4,79 | 6,23 | 5,51 | 0,02 | 0,02003 |
| 0,6 | 0,01 | 4,83 | 6,27 | 5,55 | 0,01 | 0,01904 |
| 0,3 | 0,005 | 4,84 | 6,28 | 5,56 | 0,001 | 0,01901 |
| 0,2 | 0,0033 | 4,85 | 6,28 | 5,565 | 0 | 0,01887 |
| 0,1 | 0,0017 | 4,85 | 6,28 | 5,565 | 0 | 0,01887 |
| 0 | 0 | 4,85 | 6,28 | 5,565 | 0 | 0,01887 |

Таблица 2 – Результаты определения компрессионных испытаний грунта с водой

| Давление P_i , МПа | Приведенная деформация, ε_i | Коэффициент пористости e_i | Коэффициент сжимаемости m_0 , МПа ⁻¹ | Одометрический модуль деформации $E_{од}$, МПа ⁻¹ | Модуль деформации E_k , МПа | Структурная прочность грунта P_{str} , МПа |
|----------------------|---|------------------------------|---|---|-------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0,0000 | 0,00000 | 0,3899 | 0,828 | 1,68 | 1,34 | 0,0012 |
| 0,0017 | 0,00099 | 0,3885 | 0,414 | 3,36 | 2,68 | |
| 0,0033 | 0,00149 | 0,3878 | 0,525 | 2,65 | 2,12 | |
| 0,0050 | 0,00212 | 0,3869 | 0,469 | 2,96 | 2,37 | |
| 0,0100 | 0,00381 | 0,3846 | 0,713 | 1,95 | 1,56 | |
| 0,0200 | 0,00894 | 0,3774 | 0,276 | 5,03 | 4,03 | |
| 0,0300 | 0,01093 | 0,3747 | 0,219 | 6,36 | 5,09 | |
| 0,0500 | 0,01407 | 0,3703 | 0,212 | 6,57 | 5,25 | |

Окончание таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,0750 | 0,01788 | 0,3650 | 0,147 | 9,44 | 7,55 | 0,0012 |
| 0,1000 | 0,02053 | 0,3613 | -0,018 | -75,50 | -60,40 | |
| 0,0750 | 0,02086 | 0,3609 | 0,009 | 151,00 | 120,80 | |
| 0,0500 | 0,02070 | 0,3611 | 0,046 | 30,20 | 24,16 | |
| 0,0300 | 0,02003 | 0,3620 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,0200 | 0,02003 | 0,3620 | 0,138 | 10,07 | 8,05 | |
| 0,0100 | 0,01904 | 0,3634 | 0,009 | 151,00 | 120,80 | |
| 0,0050 | 0,01901 | 0,3635 | 0,110 | 12,58 | 10,07 | |
| 0,0033 | 0,01887 | 0,3636 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,0017 | 0,01887 | 0,3636 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,0000 | 0,01887 | 0,3636 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | |

Таблица 3 – Журнал компрессионных испытаний грунта с нефтепродуктом

| Масса груза на подвеске Q , кг | Давление $P = \frac{Q}{60}$, МПа | Отсчёты по индикаторам, мм | | | Абсолютная деформация прибора (по тарировочной кривой Δ , мм) | Относительная деформация грунта $\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$ |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------|---|--|--|
| | | левый n_1 , мм | правый n_2 , мм | среднее $n_{cp} = \frac{n_1 + n_2}{2}$, мм | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 0 | 5,06 | 5,36 | 5,21 | 0 | 0,00000 |
| 0,1 | 0,0017 | 5,06 | 5,36 | 5,21 | 0 | 0,00000 |
| 0,2 | 0,0033 | 5,06 | 5,36 | 5,21 | 0 | 0,00000 |
| 0,3 | 0,005 | 5,06 | 5,36 | 5,21 | 0,001 | -0,00003 |
| 0,6 | 0,01 | 5,01 | 5,35 | 5,18 | 0,01 | 0,00066 |
| 1,2 | 0,02 | 4,78 | 5,31 | 5,045 | 0,02 | 0,00480 |
| 1,8 | 0,03 | 4,59 | 5,23 | 4,91 | 0,03 | 0,00894 |
| 3,0 | 0,05 | 4,27 | 5,06 | 4,665 | 0,05 | 0,01639 |
| 4,5 | 0,075 | 4,17 | 4,99 | 4,58 | 0,06 | 0,01887 |
| 6,0 | 0,1 | 4,04 | 4,87 | 4,455 | 0,08 | 0,02235 |
| 4,5 | 0,075 | 4,04 | 4,88 | 4,46 | 0,06 | 0,02285 |
| 3,0 | 0,05 | 4,04 | 4,89 | 4,465 | 0,05 | 0,02301 |
| 1,8 | 0,03 | 4,11 | 4,93 | 4,52 | 0,03 | 0,02185 |
| 1,2 | 0,02 | 4,11 | 4,93 | 4,52 | 0,02 | 0,02219 |
| 0,6 | 0,01 | 4,13 | 4,95 | 4,54 | 0,01 | 0,02185 |
| 0,3 | 0,005 | 4,14 | 4,96 | 4,55 | 0,001 | 0,02182 |
| 0,2 | 0,0033 | 4,14 | 4,96 | 4,55 | 0 | 0,02185 |
| 0,1 | 0,0017 | 4,14 | 4,96 | 4,55 | 0 | 0,02185 |
| 0 | 0 | 4,15 | 4,97 | 4,56 | 0 | 0,02152 |

Таблица 4 – Результаты определения компрессионных испытаний грунта с нефтепродуктом

| Давление P_i , МПа | Приведенная деформация ε_i | Коэффициент пористости e_i | Коэффициент сжимаемости m_0 , МПа ⁻¹ | Одометрический модуль деформации E_{oed} , МПа ⁻¹ | Модуль деформации E_k , МПа | Структурная прочность грунта P_{str} , МПа |
|----------------------|--|------------------------------|---|--|-------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0,0000 | 0,00000 | 0,3602 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 0,0017 | 0,00000 | 0,3602 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,0033 | 0,00000 | 0,3602 | -0,027 | -50,33 | -40,27 | |

Окончание таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------|----------|--------|--------|---------|---------|------|
| 0,0050 | -0,00003 | 0,3603 | 0,189 | 7,19 | 5,75 | 0,01 |
| 0,0100 | 0,00066 | 0,3593 | 0,563 | 2,42 | 1,93 | |
| 0,0200 | 0,00480 | 0,3537 | 0,563 | 2,42 | 1,93 | |
| 0,0300 | 0,00894 | 0,3481 | 0,507 | 2,68 | 2,15 | |
| 0,0500 | 0,01639 | 0,3379 | 0,135 | 10,07 | 8,05 | |
| 0,0750 | 0,01887 | 0,3345 | 0,189 | 7,19 | 5,75 | |
| 0,1000 | 0,02235 | 0,3298 | -0,027 | -50,33 | -40,27 | |
| 0,0750 | 0,02285 | 0,3291 | -0,009 | -151,00 | -120,80 | |
| 0,0500 | 0,02301 | 0,3289 | 0,079 | 17,26 | 13,81 | |
| 0,0300 | 0,02185 | 0,3305 | -0,045 | -30,20 | -24,16 | |
| 0,0200 | 0,02219 | 0,3300 | 0,009 | 30,20 | 24,16 | |
| 0,0100 | 0,02185 | 0,3306 | -0,027 | 151,00 | 120,80 | |
| 0,0050 | 0,02182 | 0,3305 | 0,000 | -50,33 | -40,27 | |
| 0,0033 | 0,02185 | 0,3305 | 0,270 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,0017 | 0,02185 | 0,3305 | 0,000 | 5,03 | 4,03 | |
| 0,0000 | 0,02152 | 0,3309 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | |

Испытания были проведены экспресс-методом. Это значит, что отсчёты по индикаторам снимаются через две минуты после приложения очередной степени нагрузки. В нашем случае грунт слабый, поэтому на подвеску рычага пресса устанавливаются следующие грузы: 0,1; 0,2; 0,3; 0,6; 1,2; 1,8; 3,0; 4,5; 6,0 кг.

Затем этими же степенями снимают грузы до нуля и также записывают показания индикаторов (цикл разгрузки) [2] (таблицы 1–4).

Коэффициент β был принят равным 0,4 [2]. По результатам приведенной деформации (ϵ) и давления (P_i), были построены компрессионные кривые (рисунок 1), выполненные в программе Grapher.

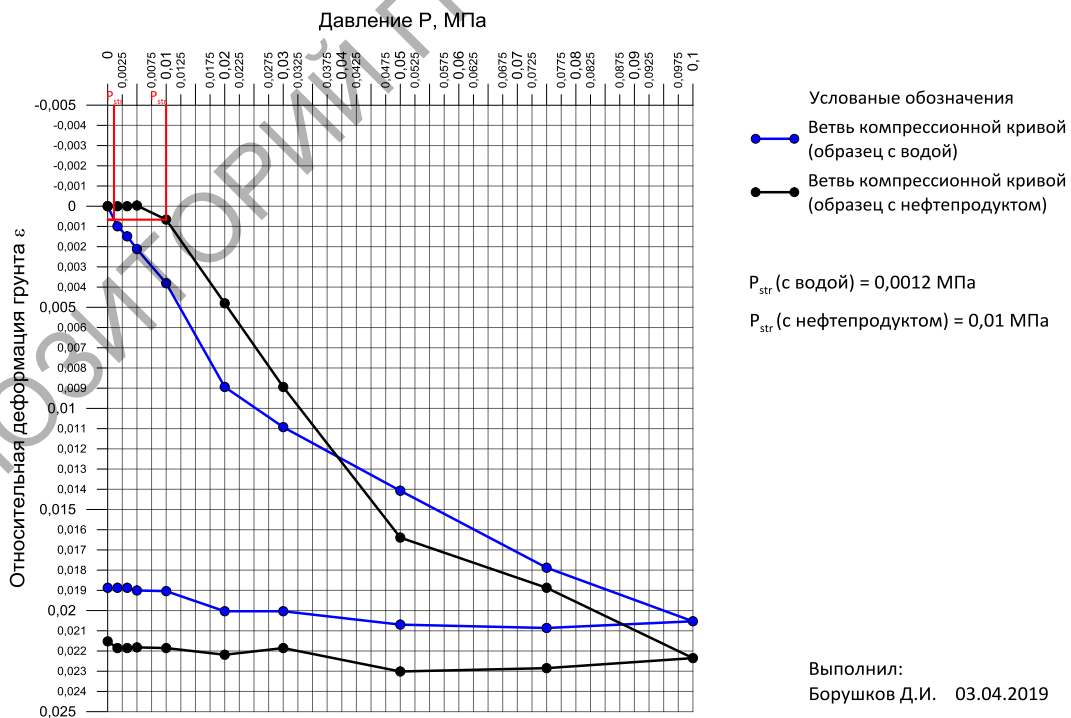


Рисунок 1 – График зависимости относительной деформации грунта от давления

Нефтепродукт, поступающий в поры грунта при его насыщении, выполняет роль смазки, облегчающей переориентацию частиц при их доуплотнении, а также ослабляет прочность структурных связей. Это один из видов проявления эффекта Ребиндера – понижения прочности дисперсных систем при внедрении в них жидких прослоек.

Литература

1 ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

2 ГОСТ 12248–2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

УДК 551.352 (285.2)

В. П. Вежновец, И. Н. Шкурганов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОЗЁРНО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ВЛИЯНИЯ НА ЕГО ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Статья посвящена определению вещественного состава озёрно-аллювиальных отложений и влиянию на его формирование условий среды осадконакопления. Для этого был проведен комплекс лабораторных опытов на определение вещественного состава и физических свойств, по их результатам построены кривые гранулометрического и микроагрегатного состава.

Озёрно-аллювиальные отложения – генетический тип отложений, слагающих озерные дельты и формирующихся в озёровидных расширениях речных долин, где в результате малого уклона речные воды растекаются, образуя застойные мелководные проточные бассейны [1].

На территории Беларуси озерно-аллювиальные отложения широко развиты в пределах низменных равнин. Озёрно-аллювиальные отложения по вещественному составу недостаточно широко описаны в научной литературе, из чего и исходит научная новизна исследования.

Цель работы состоит в определении вещественного состава и физических свойств исследуемых отложений и влияния на их формирование условий среды осадконакопления. Вещественный и гранулометрический состав оказывают весьма значительное влияние на многие физические свойства (пластичность, пористость, текучесть и др.) и на степень устойчивости грунта в основании инженерных сооружений.

Под вещественным составом понимают химико-минеральный состав вещества твердых, жидких, газовых и биотических (живых) компонентов грунта [2]. Гранулометрический состав грунта – это процентное содержание первичных (т. е. не связанных в агрегаты) частиц различной крупности по фракциям, выраженное по отношению к их общей массе [3].

Физико-механическими свойствами горных пород, как известно, называются такие, которые определяют их физическое состояние, отношение к воде и закономерности изменения прочности и деформируемости [4].

Главнейшими физическими свойствами песчаных и глинистых пород являются плотность, пористость и влажность. Эти свойства взаимосвязаны и в целом выражают их физическое состояние как в условиях естественного залегания, так и в земляных сооружениях (плотинах, дамбах, насыпях и др.) [4].