

Разуплотнение глинистых грунтов в результате увлажнения

С.А. Федоров

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В настоящей статье приводятся результаты исследования процесса разуплотнения глинистых грунтов при их использовании в грунтовых сооружениях. Процесс разуплотнения данного вида грунтов зависит от внешних и внутренних факторов. Для изучения данного вопроса были выбраны следующие факторы: размеры испытуемых образцов, величина пригрузки на образцы, набухание при увлажнении грунтов и усадка при их высушивании, а также оценивалась потеря прочности образцов при их разуплотнении. Все исследования с грунтами проводились в лабораторных условиях. В процессе проведения исследований были получены зависимости относительного разуплотнения от вертикальной пригрузки и изменения сдвигающих усилий в зависимости от степени влажности при разуплотнении грунтов. Приведены основные выводы по работе.

Ключевые слова: глинистый грунт, разуплотнение грунтов, минералогический состав, оптимальная влажность грунта, плотность скелета грунта.

Создание различных регуляционных сооружений, оросительно-обводнительных систем требует максимального использования местных природных строительных материалов и в первую очередь глинистых грунтов. Из глинистых грунтов возводятся оградительные дамбы, создаются каналы в насыпях, грунтовые плотины и др. Для успешной эксплуатации этих сооружений необходимо, чтобы местные грунты были подвержены существенному улучшению (мелиорации), определяющего повышение прочностных и снижение фильтрационных свойств [1]. Подобные изменения наиболее легко достигаются путем механического уплотнения пород [2]. Однако уплотненный грунт постепенно разуплотняется.

Интенсивность разуплотнения, так же, как и способность грунтов к уплотняемости, зависит от внешних и внутренних факторов.

К внутренним факторам следует относить минералогический состав глинистых и пылеватых частиц, их соотношение, состав и количество водорастворимых солей и структурную прочность уплотненного грунта.

Подбирая соответствующие минералогический и гранулометрический составы глинистых пород, а также учитывая регламентирующие нормы по содержанию водорастворимых солей, возможно существенно снизить влияние этих факторов на разуплотнение. Однако, кроме этого, на состояние уплотненного грунта влияют периодическое увлажнение и последующее высушивание. Эти причины следует рассматривать, как внешние. Они наиболее существенные, так как исключить воздействие гипергенных факторов на мелиорированный грунт невозможно. Однако, изучив влияние отдельных процессов на разуплотнение, можно учесть неблагоприятные последствия, вызываемые периодическим увлажнением грунта.

Влияние увлажнения на изменение уплотненного грунта оценивалась в лабораторных условиях.

Глинистый грунт по числу пластичности охарактеризован как тяжелый суглинок с числом пластичности 15 и с содержанием солей: малорастворимых 0,7–0,8 %, среднерастворимых до 0,5 % и труднорастворимых 3,9–4,5 %. Минералогический анализ частиц глинистой фракции менее 0,002 мм показал, что основная часть их (60–70 %) представлена гидрослюдами. Монтмориллонит совместно со смешанно-слоистыми образованиями, которые определяют основные набухающие свойства глинистых пород, присутствуют в количестве 10–15 %. Каолинит в глинистой фракции отмечается в количестве 7–8 %, хлорит 3–4 %, а остальные 2–3 % приходятся на долю кварца, гидроокислов и кальцита [3, 4].

Таким образом, ожидать значительных величин по разуплотнению, обусловленных минералогическим составом глинистой фракции (27,7% от общего состава породы), нет основания, так как основные набухающие компоненты – монтмориллонит и смешанно-слоистые образования общей массы грунта составляют не более 3–4 %. Выщелачивание водно-

растворимых солей также не способно существенно изменить плотность тела насыпи [5].

Однако несмотря на то, что грунт, по данным геотехнического контроля, в оградительной дамбе укладывался с плотностью скелета не менее 1650 кг/м^3 с коэффициентом уплотнения 0,98, в настоящее время он оказался разуплотненным. Во всех опробованных точках плотность скелета грунта после пяти-шестилетней эксплуатации снизилась и находится в пределах от 1300 до 1580 кг/м^3 .

Экспериментально установлено, что для исследуемых грунтов оптимальная влажность изменяется от 14,8 до 15,2 %. При такой влажности, определенной методом стандартного уплотнения прибором СоюзДорНИИ, грунт конструкции дамбы возможно уплотнить до плотности 1800 кг/м^3 . Степень влажности при этом составляет 0,81–0,82. Все описанные ниже эксперименты проводились на уплотненном грунте, приготовленном в лабораторных условиях, при этом подготовка его велась при оптимальной влажности.

В работе изучались следующие основные вопросы:

- зависимость степени разуплотнения грунтов в лабораторных условиях от размеров испытываемых образцов;
- степень разуплотнения образцов при различной пригрузке;
- потеря прочности уплотненных грунтов в связи с их разуплотнением;
- влияние процессов набухания и усадки на способность грунта к разуплотнению.

Для определения влияния размеров образцов использовались два типа колец, имеющих одинаковую площадь, но различающихся по высоте в 3,5 раза, а также образцы объемом в 50 и 100 см^3 , не заключенные в ограничивающие обоймы. Кроме того, на образцы, заключенные в кольца с

площадью 50 и 25 см² и высотами, соответственно в 25 и 10 мм, передавались пригрузки в 0,01 МПа с одновременным замачиванием.

Установлено, что конечная величина разуплотнения не зависит от размеров образцов, а определяется наличием пригрузки [6-8]. Скорость разуплотнения контролируется массой образца. Используя различные пригрузки, передаваемые на образцы, удалось установить зависимость коэффициента разуплотнения (набухания) от давления [9] (рис. 1).

Исходя из этого графика возможно заключить, что созданием пригрузки полностью ликвидировать разуплотнение практически сложно, но снизить его в известной степени возможно.

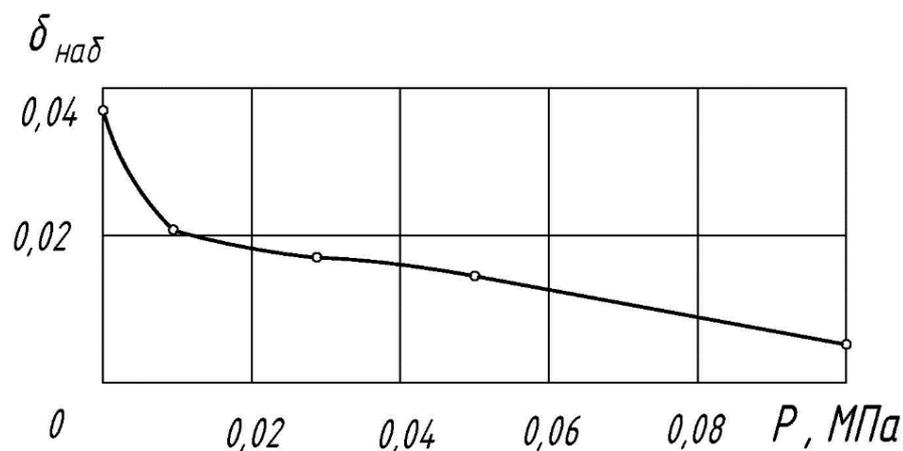


Рис. 1. – Зависимость относительного разуплотнения от вертикальной пригрузки

Потеря прочности грунта при разуплотнении с пригрузками 0,1 и 0,05 МПа происходит прямолинейно. При меньших пригрузках линия, изображающая зависимость изменения сдвигающего усилия от влажности (рис. 2), имеет некоторую точку перегиба.

Эта точка соответствует состоянию, при котором в грунте появляется избыток влаги, превышающий количество прочно связанной воды. Вероятно, эта влажность для разуплотненного грунта является оптимальной, так как поддержание грунта в более плотном состоянии требует существенного

увеличения пригрузки, а при меньших плотностях грунт становится пластичным, т. е. резко теряет прочность.

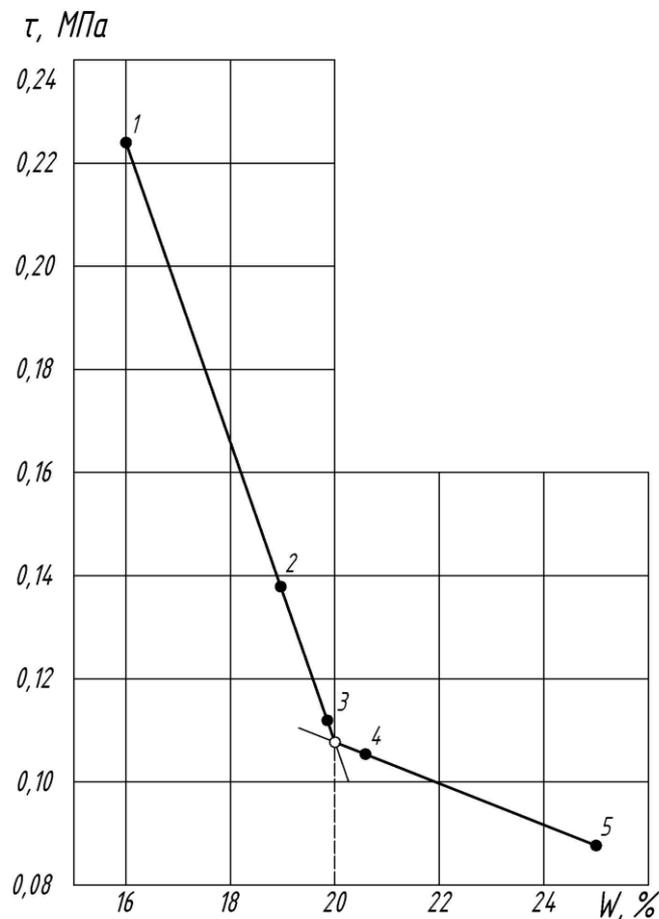


Рис. 2. – Изменения сдвигающих усилий в зависимости от степени влажности при разуплотнении

Таким образом, при создании и эксплуатации защитных сооружений, в частности оградительной дамбы в г. Хабаровске, необходимо учитывать следующие особенности местных глинистых грунтов [10,11]:

- способность к разуплотнению под действием свободного поступления воды, при этом развиваются усилия, достигающие 0,1 МПа;
- разуплотнение вызывает резкое снижение их прочности;
- существенное сохранение прочности возможно обеспечить лишь при создании пригрузки от 0,03 до 0,1 МПа;

- высыхание уплотненного глинистого грунта следует предотвращать, так как это вызывает его усадку;

- последующее увлажнение приводит к набуханию с повышенной интенсивностью, в этом случае пригрузка в 0,05 МПа практически не влияет на разуплотнение, что приводит к существенной потере прочности глинистого грунта.

Литература

1. Олянский Ю.И., Богомолов А.Н., Шиян С.И., Щекочихина Е.В. Оценка устойчивости сармат-меотических глин к длительному обводнению // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2010. №1. С. 62-68.

2. Афиногенов А.О. Совершенствование методики нормирования степени уплотнения глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2008. №3 (67). С. 105-108.

3. Хасанов Р.Р., Смирнова А.Р. Экспериментальные исследования физических характеристик предварительно обжатых глинистых грунтов при замачивании // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №12-5 (66). С. 178-182.

4. Далатказин Т.Ш. Исследование минерального состава глинистых отложений коры выветривания при выполнении геодинамической диагностики для обеспечения безопасности объектов недропользования // Проблемы недропользования. 2018. №3 (18). С. 39-43.

5. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Исследования влияния миграции воды на изменения физико-механических характеристик глинистого грунта в условиях трехосного нагружения // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. №2 (48). С. 168-175.

6. Чубка П.Ю., Чубка Ю.Ш., Тюрина В.С. Зависимость деформаций водонасыщенного грунта от прилагаемой нагрузки // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6735.
7. Юдина И.М., Щербань Д.С., Трошкина А.Р. Экспериментальные данные по разуплотнению грунтов основания опытного котлована во времени // Инженерный вестник Дона, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6341.
8. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Влияние процесса упрочнения на прочность глинистого грунта при режимном трехосном нагружении // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. №1 (39). С. 145-152.
9. Ким М.С. Влияние разуплотнения на давление набухания грунта // Труды НИИОСП им. Н.М. Герсеванова. М.: Производственные экспериментальные мастерские ВНИИИС Госстроя СССР, 1987. Вып. №88. С. 15-22.
10. Lee W. Abramson, Thomas S. Lee Sunil Sharma, Glenn M. Boyce Slope stability and stabilization methods. Second Edition. New York: Wiley Pages, 2002. 501 p.
11. Prokopov A., Prokopova M., Rubtsova Ya. The experience of strengthening subsidence of the soil under the existing building in the city of Rostov-on-Don. MATEC Web of Conferences. Vol. 106. 2017. URL: doi.org/10.1051/matecconf/201710602001.

References

1. Olyanskiy Yu.I., Bogomolov A.N., Shiyan S.I., Shchekochikhina Ye.V. Geokologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2010. №1. pp. 62-68.
 2. Afinogenov A.O. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo
-

tekhnicheskogo universiteta. 2008. №3 (67). pp. 105-108.

3. Khasanov R.R., Smirnova A.R. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2017. №12-5 (66). Pp. 178-182.
4. Dalatkazin T.Sh. Problemy nedropol'zovaniya. 2018. №3 (18). pp. 39-43.
5. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2019. №2 (48). pp. 168-175.
6. Chubka P.Yu., Chubka Yu.Sh., Tyurina V.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6735.
7. Yudina I.M., Shcherban' D.S., Troshkina A.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6341.
8. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2017. №1 (39). pp. 145-152.
9. Kim M.S. Trudy NIIOSP im. N.M. Gersevanova. 1987. Vyp. №88. pp. 15-22.
10. Lee W. Abramson, Thomas S. Lee Sunil Sharma, Glenn M. Boyce Slope stability and stabilization methods. Second Edition. New York: Wiley Pages, 2002. 501 p.
11. Prokopov A., Prokopova M., RubtsovaYa. MATEC Web of Conferences. Vol. 106. 2017. URL: doi.org/10.1051/matecconf/201710602001.