

УДК: 622.011.4 627.824.31

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЁСОВО ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

А.Махмудов

доцент Андижанского института сельского хозяйства и агротехнологий

Аннотация. Изучении особенности лёссовых грунтов, методы, применяемые для оценки просадочности, также приведении оценка просадочности лёссовых грунтов в поле центробежных сил. Приведены сравнительные анализ результатов, выбраны наиболее достоверные критерии оценки просадочности для исследуемых грунтов.

Ключевые слова. Грунт, плотина, лёсс, модель, деформация, просадка.

Abstract. The study of the features of loess soils, the methods used to assess subsidence, as well as the estimation of subsidence of loess soils in the field of centrifugal forces. A comparative analysis of the results is given, and the most reliable criteria for assessing subsidence for the studied soils are selected.

Keywords. Soil, dam, loess, model, deformation, subsidence.

Введение. При строительстве грунтовых плотин небольшой и средней высоты, особенно для нужд ирригации, в последние годы все чаще приходится откликается с проблемой строительства на лёссовых просадочных основаниях. Широкое распространение лёссовых просадочных грунтов в районах интенсивного плотин строения-Средней Азии, Западной Сибири, Закавказья, Европейской территории, ставят проблему обеспечения безопасной работы сооружений на этих основаниях в число наиболее актуальных.

Опыт строительства на лёссовых просадочных грунтах показал, что эти грунты находясь в маловлажном состоянии могут быть достаточно надежным основанием, но при замачивании обуславливают значительные просадочные деформации, которые могут привести к аварии и полному разрушению сооружения. Для снижения этой опасности при проектировании плотин на лёссовых основаниях существующими нормативными документами предписывается обязательное требование предварительной подготовки основания методом замачивания с обязательным увлажнением всей просадочной толщи. Это мероприятие призвано снежить величины просадки основания еще до начала

строительства с тем, чтобы уменьшить относительные деформации основания и сделать их более равномерными.

Однако, предварительное замачивание вследствие сравнительно небольших напряжений от собственного веса грунта оставляет существенную потенциальную возможность грунта к доуплотнению под действием нагрузки от сооружения. Кроме того, плотины, строящиеся в относительно широких долинах, по своей длине находятся в весьма неоднородных как топографических, так и инженерно-геологических условиях. Это обуславливает неодинаковую по длине плотины деформируемость основания и, следовательно, может вызывать неравномерные деформации самого сооружения. Таким образом, может происходить нарушение целостности плотины в виде очень опасных сквозных поперечных трещин.

Для оценки опасности трещинообразования, а также для разработки рекомендаций по предотвращению трещин необходимо прогнозировать зоны потенциального трещинообразования и значения неравномерных осадок поверхности плотин, при которых могут образовываться трещины.

Исследованиям этих двух вопросов применительно к строящейся плотине Нижне-Алаарчинского водохранилища проводились на установке центробежного моделирования, так как только в поле центробежных сил возможно оценить деформативные свойства основания и прогнозировать поведение сооружённым в период строительства и эксплуатации.

Задачи и методика проведения экспериментов. Экспериментальные исследования, выполнялись определением просадочных свойств лессовых грунтов ненарушенной структуры при их обводнении для оценки возможных деформаций основания плотины.

Для решения этой задачи проводились компрессионные испытания массива лессового грунта ненарушенной структуры в сухом и обводненном состоянии. Испытываемый массив грунта представлял собой кубический образец размером 200х200х200 мм. Образец устанавливался в кассете центрифуги размером 800х200х400 мм. С боковых сторон для предотвращения боковых деформаций в кассету укладывался уплотненный песчаный грунт.

Испытания проводились при ускорении 200g, следовательно, фактические размеры испытываемого массива в пересчете на натурные условия составляли: 40х40х40 м. В качестве действующих нагрузок в

опытах были: собственный вес, обеспечивающий среднее напряжение в образце около 3 кг/см^3 , и дополнительная нагрузка от штампа, укладываемого на поверхность массива. Вес штампа 10 кг обеспечивал при максимальном ускорении дополнительную нагрузку на поверхности образца около 5 кг/см^2 . Следовательно, среднее напряжение в образце было около 8 кг/см^3 .

Для наблюдения за деформациями массива грунта он оснащался поверхностными и боковыми марками. Поверхностные марка устанавливались в трек створах по верховой грани образца и положение их измерялось до и после каждого этапа опыта с помощью специального координатомера. Координатомер обеспечивал измерение остаточных деформации поверхности модели по трём координатам с погрешностью 0,1 мм. Измерение боковых деформаций проводилось через прозрачную боковую стенку кассеты с нанесенной координатной сеткой. До и после опыта измерялось положение марок, установленных по боковой грани массива грунта в трех ярусах по высоте. Измерения деформаций проводились с помощью бинокулярной лупы с погрешностью до 0,05 мм.

Деформации поверхности модели во время опыта измерялись с помощью двухкомпонентных датчиков деформаций (ДДД-1). Разработанных в НИСе Гидропроекта. Эти датчики, работающие в поле центробежных ускорений и выдерживающие перегрузки в 320 g позволяли фиксировать перемещения поверхности модели в двух направлениях: в вертикальном (осадку) и горизонтальном (смещение). Погрешность измерения этих датчиков составляла 0,05 мм.

Помимо измерения деформаций в опытах, проводимых с замачиванием массива, вались наблюдаена за уровнем воды в грунте.

Исследования компрессионных свойства грунта проводились на массивах, взятых из основания плотин с глубины 4-6 м. Схема их испытания была следующей. Первоначально сухой образец подвергался нагруженную собственным весом до нагрузок, соответствующих природному давлению. Затем массив обводнялся, причем вода во всех случаях подавалось снизу. После обводнения в одних опытах массив нагружался вновь нагрузкой от собственного веса, в других опытах на поверхность укладывался штамп и загрузке массива выполнялось с дополнительной пригрузкой. Величина этой пригрузки была выбрана таким образом, чтобы она соответствовала максимальной нагрузке от плотины.

Испытание приводилось по ступенчатому режиму нагружения.

Центробежная установка разгонялась до ускорений 25,50,75,100,125,150,175 и 200 g. На каждой ступени массив выдерживался до стабилизации деформаций. После затухания деформаций массива на последней ступени нагружения центрифуга останавливалась и определялись остаточные деформации. Объемный вес грунта определялся до и после окончания опыта.

Для измерения деформаций в основании и на самой плотине устанавливались боковые и поверхностные марки. Поверхностные марки устанавливались в двух продольных створах, боковые в 2-4 горизонтальных ярусах. Наблюдения за осадками и смещениями модели во время опыта с помощью двухкомпонентных датчиков деформаций. Испытание модели проводилось по тому же ступенчатому режиму нагружения, как и в случае испытания массива грунта на компрессию. Наиболее важным в опытах было фиксирование момента образования трещин на гребне плотины. Для этого на гребень модели наклеивалась тонкая фольга, по которой пропусклся электрический ток. Разрыв цепи свидетельствовал о появлении трещины. Как правило, величина упругих деформаций в опытах была незначительной, основанную роль играли присадочные деформации основания.

Анализ результатов экспериментальных исследований. Как показали лабораторные испытания образцов, полученных в процессе исследовательского шурфа, наибольшей просадочностью обладает верхний слой лессового грунта глубиной от 0 до 20 м от поверхности земли. Хотя характеристики просадочности отдельных слоев по глубине основания существенно различаются между собой, тем не менее до глубины 20 м наблюдаются слои с просадочностью, достигающей 10 и более процентов. Учитывая это, в экспериментах при моделировании просадочных деформаций эффективная глубина основания, определяющая основную часть просадок, была принята равной 20 м. При постановке экспериментов не было возможности смоделировать в точности с равными условиями просадочность отдельных слоев основания по глубине. Это не имело смысла, так как деформативные свойства грунтов существенно различаются и по площади основания. Поэтому с некоторым запасом модель основания выполнялась из однородного по своим просадочным свойствам грунта ненарушенной структуры. Характеристики просадочности его были близки

к максимально полученным по щурфу. На подобных же монолитах проводились и компрессионные испытания свойства грунта.

Как уже указывалось, компрессионные испытания монолитов, отобранных из щурфа в основании плотины, в поле центробежных сил проводились с тем, чтобы уточнить истинные деформативные характеристики материала при нагружении его нагрузкой только от собственного веса. Известно, что стандартные компрессионные испытания дают результаты существенно отличающиеся от данных, полученных штампованием испытаниями, и ещё более отличающиеся от результатов натурных наблюдений [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Причем для лессовых макропористых грунтов по данным ряда авторов различно деформативных свойств определенных в компрессионном приборе и в полевых опытах, может достигать 300% (Ю.М.Абелев, 1978).

Известно также, что вследствие природной неоднородности просадочность макропористых лессовых грунтов также может существенно различаться в пределах одного монолита (в 1,5-5-2,0 раза).

И наконец, еще один фактор, установленный Гильманом Я.Д. (Гильман Я.Д., Ананьев В.П., 1971 г): существующая методика определения характеристик просадочности грунта, когда замачивание в компрессионном приборе происходит в течение 3-4 суток, не обеспечивает определение полной величины просадочности. На самом деле по данным этого исследователя требуется замачивание образца в течение 14 суток [9, 10, 11].

Проведение компрессионных испытаний методом центробежного моделирования позволяют избавиться от многих указанных выше недостатков, в результате чего существенно повышается достоверность определения деформативных и просадочных свойств испытываемого грунта. Во-первых, в центробежной установке исследуется весь монолит грунта, поэтому получается более обобщенные характеристики.

Во-вторых, при небольшом уровне напряжений (до 3 кг/см²) испытания монолита проводится под действием только собственного веса образца, увеличивающегося в поле центробежных сил. Следовательно, характер приложения сил такой же, как и в натуре, и, следовательно, отсутствуют дополнительные погрешности, вносимые штампом в напряжённое состояние образца. И, наконец, ещё одним положительным фактором при исследовании просадочности водонасыщенного образца является то, что в поле центробежных сил, как об этом говорилось уже

выше, процессы консолидации ускоряются в «п²» раз, где «п»- масштаб центробежного моделирования. т.е. при 200 g один час испытания образца моделирует фильтрационную консолидацию, которая происходит в реальных условиях в течение примерно 4-х лет.

Характерные результаты компрессионного испытания одного из монолитов на центробежной установке показаны на рис.1, 2, 3. Первоначально испытывался монолит ненарушенной структуры и естественной влажности (около 6%) под действием собственных сил. Испытание проводилось до ускорения 150 g, что соответствовало моделированию бытовых напряжений. Как видно из графика, максимальная осадка монолита при нагрузке 2 кг/см² составила 1,3% от Н. Приведенные на этом же графике результаты стандартных компрессионных испытаний показывают существенное отличие, (при малых напряженных) почти в два раза. Таким образом видно, что стандартные компрессионные испытания дают завышенные показатели деформативности лессового макропористого грунта. Это согласуется с данным полевых штамповых испытаний [12, 13].

Для оценки просадочности монолита он был замочен водой и в таком состоянии (при полном водонасыщении) испытан по тому же режиму в центрифуге. На графике относительной осадки видно, что при нагрузке 2 кг/см² просадка грунта составила около 8%. Причем в этом интервале нагрузок просадка реализуется почти полностью, так как при больших нагрузках кривая осадки выполаживаются. Сопоставление с данными, полученными на этом монолите, по просадке, определенной на компрессионном приборе, показало, что там просадка меньше-6%. Таким образом, при определении просадочности грунта компрессионные опыты несколько занижают величину просадки.

Для оценки деформативных характеристик грунта в большом диапазоне нагрузок, этот монолит после первых двух испытаний был нагружен штампом и подвергнут дальнейшему нагружению в после центробежных сил. (рис.2). Испытание проводилось при ускорении до 200 dg. При этом ускорении нагрузка от штампа составляла 5,7 кг/см², а нагрузка от собственного веса монолита по основанию-6,84 кг/см², таким образом максимальная средняя нагрузка в монолите при максимальное ускорении составила 9,12 кг/см². Такое нагружение дополнительной штамповой нагрузкой вызвало относительную просадку в пределах максимальных нагрузок около 10%. В пересчете на нагрузки от реального сооружения- 1-2

очереди строительства плотины ($3,6 \text{ кг/см}^2$) относительная просадка составит 5,7 % от Н (где Н-глубина присадочной толщи основания, в данном случае -20 м).

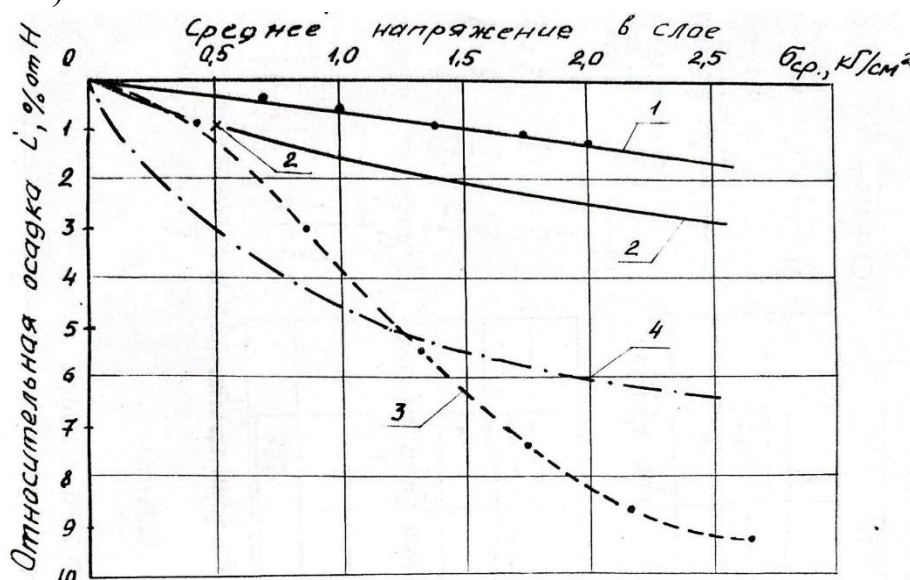


Рис.1. Компрессионные испытания монолитов лессового грунта в центрифуге

Если перевести полученные результаты на реальную схему производства работ, то будем иметь следующее. Замочка основания может вызывать просадку основания на величину до 8 % от глубины просадочной замоченной толщи грунта. При возведении сооружения (1-й очереди строительства) поверхность основания может получить осадку еще в пределах 5,6 % от глубины пересадочной толщи.

На центрифуге. 1-грунт естественной влажности, 3-грунт водонасыщенный. В компрессионном приборе. 2-грунт естественной влажности, 4-грунт водонасыщенный.

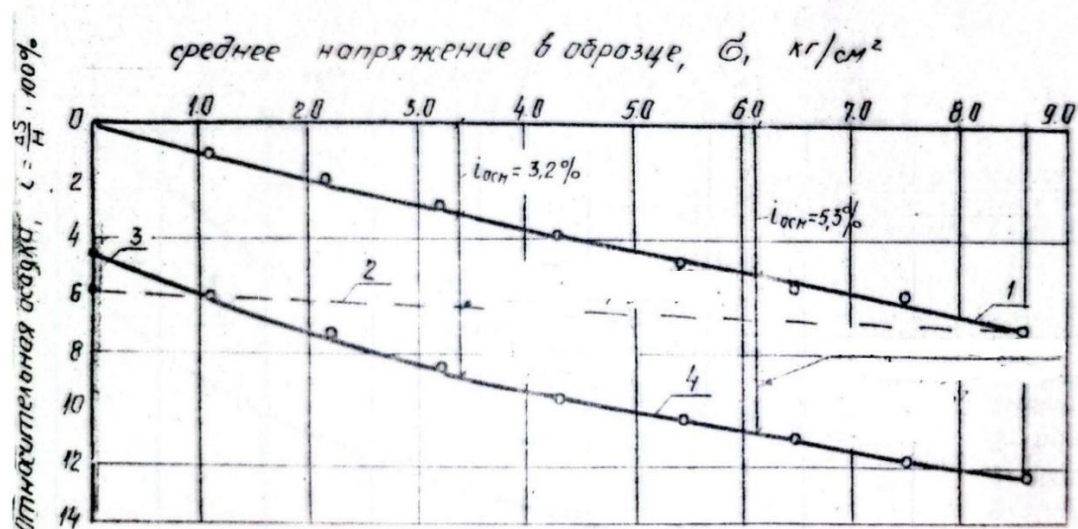


Рис.2. Компрессионные испытания грунта на центрифуге

1-первое нагружения грунта естественной влажности со штампа, 2-разгрузка, 3-водонасыщениг со штампа, 4-второе нагружение водонасыщенного грунта со штампом

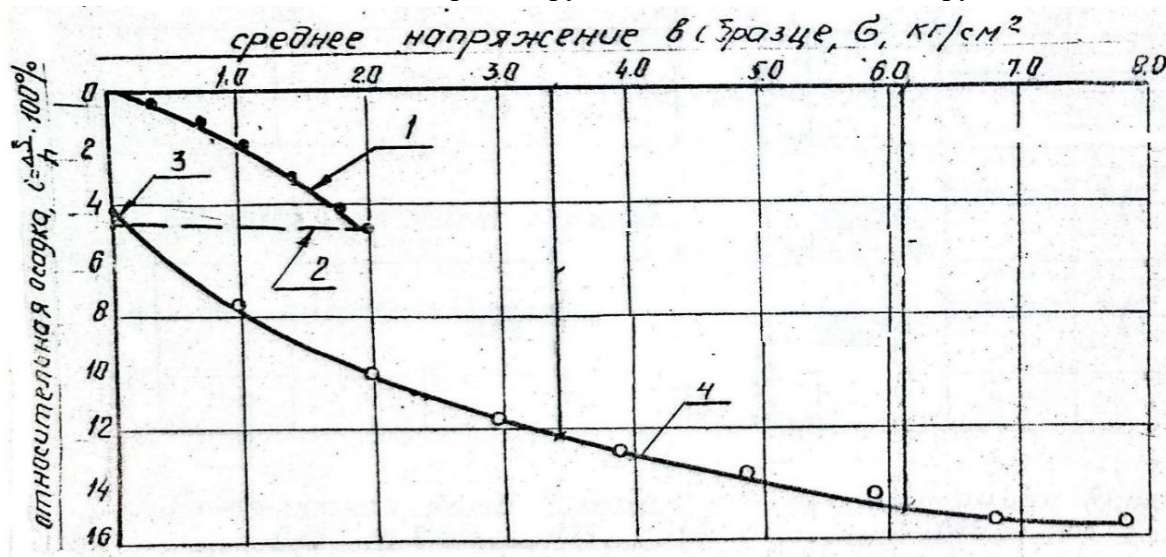


Рис.3. Компрессионные испытания грунта на центрифуге

1-первое нагружения грунта естественной влажности без штампа, 2-разгрузка, 3-водонасыщениг без нагрузки, 4-второе нагружение водонасыщенного грунта со штампом

На рис. 3. приведены результаты компрессионных испытаний монолита без предварительного закачивания. Первый цикл испытания проводился с монолитом естественной влажности (6%) ненагруженной структуры нагруженным сверху штампом. Затем образец водонасыщался под штамповой нагрузкой до максимального ускорения.

Величина полной просадки образца без предварительного замачивания от нагрузки, соответствующей весу первой очереди плотины, составила 11 %.

ВЫВОДЫ.

1. Выполненные исследования деформативных свойств лессового макропористого грунта с помощью метода центробежного моделирования позволили уточнить характеристики, полученные в стандартных компрессионных опытах, для возможности использования их при строительстве грунтовой плотины;

- было определено, что для грунта естественной влажности компрессионные испытания дают значительно заниженные результаты, в то же время при определении просадочности (при водонасыщении грунта) они примерно на 20 % завышены;

- эксперименты показали, что замачивание основания плотины при величине присадочной толщи около 20 м обеспечивает просадку основания в пределах 8 %;

- дальнейшее нагруженные основания весом первой очереди грунтовой плотины обеспечивает осадку в пределах 5,8 % от

2. На основании полученных результатов по оценке скорости увеличения грунтов и интенсивности приращения просадочных деформаций сделан вывод, что время замачивания основания может быть сокращено с трех лет (как это принято по проекту) до 250 суток.

3. Выполненные на центрифуге исследования свойств грунтов дают для гидротехнических сооружений более достоверные результаты, нежели стандартные полевые опыты и полевые штамповые испытания. Это позволяет отказаться от устройства шести опытных котлованов замачивания, оставив два контрольных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абелев Ю.М. Основы проектирования и строительства на просадочных грунтах. М.: Стройиздат, 1979, 271 с.

2. Галай Б.Ф. О гранулометрической классификации лессовых пород // Классификационные критерии разделения лессовых пород. М.: Наука, 1984. С. 23 – 25.

3. Грунтоведение. Под ред. В.Т. Трофимова. 6е изд., перераб. и дополн. (серия «Классический университетский учебник»). М.: Изд-во МГУ, 2005, 1024 с.

4. Денисов Н.Я. О природе просадочных явлений в лёссовидных суглинках. М.: Сов. наука, 1946, 176 с.
5. Иванов И.П. О предварительной оценке просадочности лёссовых пород // Зап. ЛГИ. 1958. Т. 34. №2. С. 214 – 220.
6. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика. СПб: Наука, 2001, 416 с.
7. Крутов В.И. Классификация просадочных лёссовых грунтов. Геоэкология, 1998, С. 55 – 64.
8. Н.Я. Денисов «Строительные свойства лесса лёссовидных суглинков», 1953 г.
9. В.И Крутов «Расчет фундаментов на просадочных грунтах». Стройиздат. 1972 г.
10. А.И Тейтельбаум, В.Г. Мельник, В.А. Саввина Трещинообразование в ядрах и экранах каменной – земляных плотин Стройиздат. 1975 г.
11. «Методы расчеты устойчивости и прочности гидротехнический сооружений» - под редакцион д.т.н. проф. М.М. Гришова, 1966 г.
12. Научно-исследовательский институт «Гидропроект» Заключительный отчёт. Исследования деформативных свойств слабых грунтов в основании грунтовых плотин М.1984.46 с.
13. Научно-исследовательский институт «Гидропроект» Заключительный отчёт. Исследование совместной работы насыпей и их оснований из слабых грунтов методом центробежного моделирования М.1985 44 с.
14. Сергеева Т.Д., Кузнецова Т.А. Проблемы изучения инженерно-геологических условий на объектах нефтяной и газовой промышленности. //Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в РФ. Материалы 3 конференции изыскательских организаций. М.: ОАО ПНИИС. 2008 –С.58-60.
15. ГОСТ 20276-2012. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости. (Взамен ГОСТ 20276-99).
16. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. (Взамен ГОСТ 20522-96).