

Просадочный процесс

Просадочный процесс – реализация в пространственно-временной системе просадочных свойств лёссовых пород под действием их собственного веса или дополнительной нагрузки при увеличении их влажности до значений, превышающих влажность начальной просадочности, вследствие природных и техногенных причин.

К просадочным относятся грунты, которые под действием внешней нагрузки и собственного веса или только от собственного веса при замачивании водой или другой жидкостью претерпевают вертикальную деформацию (просадку) и имеют относительную деформацию просадки $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$.

К просадочным относятся лёссовые породы и пепловые туфы.

Распространены в континентальных засушливых областях, в сухих степях и полупустынях.

Инженерно-геологическое значение изучения просадочных явлений

- Промышленно-городское строительство – подъём уровня грунтовых вод и просадка;
- Ирригационное строительство – утечки из каналов, размыв берегов и просадочные явления;
- Дорожное строительство;
- Переработка лессовых берегов водохранилищ.

Состав, строение и состояние лёссовых пород

- Просадочность лёссовых пород обусловлена особенностями их состава, состояния и строения.
- 1) лёссовые породы это структурированные песчано-глинисто-пылеватые дисперсные системы с резким преобладанием пылеватых частиц и обладают малой гидрофильностью;
- 2) лёссовые породы характеризуются низкими значениями плотности скелета и высокой пористостью (42-55%), причем среди пор преобладают поры открытые;
- 3) эти породы до момента замачивания обладают низкой природной (естественной) влажностью и, соответственно, твердой или полутвердой консистенцией;
- 4) в лёссовых породах в больших количествах (до 10% и более) присутствуют карбонаты и воднорастворимые соли, которые в условиях невысокой природной влажности обуславливают структуру переходного (коагуляционно-цементационного) типа с высокой прочностью структурных связей и всего грунта в целом;
- 5) прочность такой структуры в лёссовых породах резко по величине и быстро во времени падает при водонасыщении.

Показатели просадочности

- К основным показателям, количественно характеризующим просадочность грунтов, относятся коэффициент относительной просадочности (относительная просадочность), начальное просадочное давление и начальная просадочная влажность. К этой же категории показателей относят суммарную просадку толщи лёссовых пород и величину мощности просадочной толщи.
- *Коэффициент относительной просадочности* – показатель, учитывающий вертикальную компоненту изменения объёма грунтов при просадке: $\varepsilon_{sl} = \Delta h_{sl} / h_0$, где Δh_{sl} – просадка образца грунта в результате замачивания; h_0 – высота образца грунта с природной влажностью при природном давлении. При $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ грунты относят к просадочным.
- Величина *начального давления просадочности* представляет собой минимальное давление, при котором в условиях полного водонасыщения проявляется просадка. За величину начального просадочного давления по результатам компрессионных испытаний принимают давление, при котором относительная просадочность равна 0,01.
- *Начальная просадочная влажность* лёссовых пород представляет собой влажность, при которой просадочные грунты, находящиеся под давлением собственного веса или дополнительного давления сооружения, начинают проявлять просадку. Это минимальное значение влажности, при котором под действующим давлением формируется относительная просадочность, равная 0,01.

Показатели просадочности

- *Мощность (величина) просадочной толщи лёссовых пород* представляет собой величину той части их разреза в метрах, в пределах которой проявляются просадочные свойства лёссовых пород при действующей нагрузке. Численное значение этой величины зависит от величины нагрузки и достигает наибольших значений (до 35-40 м и более) при действии собственного веса пород и дополнительной нагрузки.
- *Суммарная, или полная, просадка толщи лёссовых пород (S_{sl})* — максимальная величина просадки, которая формируется при реализации просадочных свойств при замачивании под действием собственного веса пород и дополнительной нагрузки от сооружения. Величина этого показателя изменяется в широком диапазоне и может достигать 2-3 м.

Подразделение толщ лёссовых пород

- Согласно СНиП 2.02.01-83 *грунтовые условия территорий*, сложенных просадочными грунтами, в зависимости от возможности проявления просадки грунтов от собственного веса подразделяются на два типа:
- I тип – грунтовые условия, в которых возможна в основном просадка грунтов от внешней нагрузки, а просадка от собственного веса грунта отсутствует или не превышает 5 см;
- II тип – грунтовые условия, в которых помимо просадки грунтов от внешней нагрузки возможна просадка от собственного веса и размер ее превышает 5 см.

Основные факторы, способствующие просадочному процессу

- Лёссовые породы при естественной влажности обладают низкой деформируемостью и относительно высокой прочностью. Их увлажнение до значений, превышающих начальную просадочную влажность, приводит к развитию просадочных деформаций в массивах. Поскольку природные просадки развиваются при действии собственного веса пород массива, то необходимым условием для их проявления является достаточное увлажнение, приводящее к снижению прочности грунта.
- Внутренние факторы: химико-минеральный состав – сульфаты, карбонаты, водорастворимые хлориды; состав – малое содержание воды; строение – преобладание пылеватой фракции, активная пористость >15%.
- Внешние факторы: напряженное состояние пород, гидравлический напор и количество поступающей воды, её химический состав, динамические воздействия.
- В природных условиях возникновение просадочных явлений возможно при застаивании атмосферных вод в малейших понижениях, обусловленных эрозией поверхности.

Развитие просадочных деформаций

- Просадка – сложный физико-химический процесс, основным проявлением которого является уплотнение грунта за счет перемещения и более компактной упаковки отдельных частиц и их агрегатов, благодаря чему понижается общая пористость грунта до состояния, соответствующего действующему давлению.
- Просадочные деформации протекают следующим образом. По активным порам и трещинам в лессовую породу проникает вода, ослабляющая и разрушающая ионно-электростатические структурные связи. При этом резко уменьшается капиллярное давление, что также ведет к уменьшению сцепления между частицами. Одновременно происходит разрушение неводостойких мезо- и макроагрегатов, составляющих основу неводостойкой системы лессового грунта. Воздействие гидростатических сил активизирует свободный поровый воздух. Он приходит в движение, усиливая разрушение агрегативной системы грунта. Ослабляются и исчезают кристаллизационные связи, сформированные за счет цементации легко растворимыми, а в дальнейшем и среднерастворимыми солями. В случае наличия фильтрационного тока воды возникает процесс выщелачивания.
- Скорость и площадь развития просадочности определяются геологическим строением участка, уровнем залегания грунтовых вод, степенью однородности строения и водопроницаемости лессовой толщи.

Гидродинамические схемы обводнения массивов лессовых пород

- При местном замачивании сверху при условии, что мощность просадочной толщи больше ширины источника замачивания, в массиве лёссовых пород образуется увлажненная его часть, имеющая в поперечном сечении форму, близкую к усеченному эллипсу.
- Когда ширина источника замачивания больше или равна мощности просадочной толщи лёссовых пород интенсивное замачивание сверху массивов лёссовых пород приводит к формированию увлажненной зоны трапециевидной формы.
- Развитие просадки протекает быстро в первый период и затем замедляется. Просадка в этот период формируется в течение 1-3 месяцев. Полное затухание просадки массива лёссовых пород даже при интенсивном непрерывном замачивании сверху наступает через 1-3 года.

Просадочные формы рельефа

- В результате просадочной деформации массива лёссовых пород на его поверхности появляются неровности, часто имеющие в природных условиях овальную форму и называемые «степными блюдцами». Среди них различают: малые – диаметром 3-30 м при глубине 0,5-1,5 м и крупные – диаметром более 30 м при глубине 1,5-5 м. Иногда вокруг блюдцеобразных понижений формируются концентрические трещины шириной по поверхности массива около 20 см и глубиной не более 4-5 м.
- Более крупные отрицательные линейно ориентированные формы рельефа на поверхности массивов лёссовых пород получили названия «поды» и «долы». Они могут иметь длину до 400 м и более. Бессточные формы.

Методика инженерно-геологического изучения просадочных процессов

- При выполнении инженерно-геологических работ в районах, сложенных просадочными грунтами, в дополнение к общим требованиям должны быть установлены:
 - – площадные особенности распространения лёссовых пород;
 - – относительная просадочность лёссовых пород от собственного веса и нагрузки от фундамента для всех литологически различных слоев и с интервалом 1-2 м в однородных по составу слоях;
 - – величина начального просадочного давления с интервалом 1-2 м по глубине и для каждого литологически различного слоя просадочной толщи;
 - – величина начальной просадочной влажности для всех различных по составу пород слоев в случаях отсутствия замачивания просадочных грунтов;
 - – мощность толщи просадочных лёссовых пород;
 - – тип грунтовых условий исследуемых площадок по просадочности; возможные величины просадок толщ лёссовых пород от их собственного веса и нагрузок;
 - – модули деформации грунтов в пределах сжимаемой зоны при природной или установившейся влажности и в водонасыщенном состоянии;
 - – степень изменчивости сжимаемости основания, сложенного просадочными грунтами;
 - – прочностные характеристики (удельное сцепление и угол внутреннего трения) просадочных грунтов природного сложения, а также уплотненных до различной степени плотности.

Методы

- Для получения названных характеристик лёссовых пород и сложенных ими массивов необходим широкий комплекс методов:
- инженерно-геологическая съемка и маршрутные исследования;
- проходка горных выработок – шурфов, дудок, скважин;
- отбор по определенной методике образцов для последующего изучения состава, строения, состояния и свойств лёссовых пород;
- лабораторное изучение этих образцов;
- опытно-полевое изучение просадочности лёссовых пород;
- статистическую обработку полученных данных и получение нормативных и расчетных показателей для каждого выделенного в массиве лёссовых пород инженерно-геологического элемента.

Прогноз развития просадочного процесса

- *Тип грунтовых условий* массивов лёссовых пород по просадочности определяется по данным лабораторных испытаний или в ходе опытно-полевых работ, в частности по результатам замачивания опытных котлованов.
- *Величина просадки* массива лёссовых пород ($S_{пр}$) определяется по формуле суммирования:

$$S_{пр} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sli} h_i k_i$$

- где ε_{sli} – относительная просадочность, определяемая для каждого выделенного слоя массива просадочного грунта при давлении P_i (равном природному или сумме природного и дополнительного давления) в середине рассматриваемого слоя: h_i – толщина того же слоя лёссового грунта, см; k_i – коэффициент условий работы основания.
- *Мощность просадочной толщи* принимается на глубине, ниже которой относительная просадочность при суммарном давлении на грунт от его собственного веса и дополнительных нагрузок не превышает 0,01.
- *Время развития просадок* определяется путем длительных испытаний на компрессионных приборах, путем замачивания опытных котлованов, а также натурными наблюдениями просадочных деформаций сооружений.

Меры предупреждения просадочного процесса

- Предотвращение утечек.
- Предварительное замачивание.
- Мелиорация: уплотнение трамбованием, цементация, обжиг, создание техногенного массива.
- Свайные фундаменты