

Архитектурно-строительный
ИНСТИТУТ
Центр архитектурных, конструктивных решений и организации
строительства

ДИСЦИПЛИНА «ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ»

Лекция 13. Проектирование фундаментов
на сложных основаниях из специфических
грунтов. Фундаменты на структурно-
неустойчивых грунтах

Лектор: старший преподаватель, Ушакова Екатерина
Андреевна

Тольятти, 2022

Учебные вопросы

- Модуль 9. Проектирование фундаментов на сложных основаниях из специфических грунтов
- Тема 9.5 Фундаменты на структурно-неустойчивых грунтах

Рекомендуемая литература

1. Борозенец Л.М. Расчет и проектирование фундаментов: учебно-методическое пособие / Л.М. Борозенец, В. И. Шполтаков. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014, - 78 с.: обл.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Введ. 20.05.2011. М. : Стандартинформ, 2019. 126 с.
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2).
4. СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85. Введ. 2013-01-01. М. : Минрегион России, 2011. 101 с.
5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) Утверждено приказом по НИИОСП им. Герсеванова от 1 октября 1984 г. № 100. Москва.: Стройиздат, 1986.

9.4 Фундаменты на структурно-неустойчивых грунтах

- *Структурно-неустойчивыми* являются грунты, у которых при добавочных физических или механических воздействиях резко нарушается их структура, что обуславливает существенное изменение их физико-механических свойств – значительное увеличение сжимаемости и уменьшение прочности.
- К структурно-неустойчивым грунтам при их водонасыщении относят:
 - ✓ просадочные (лёссовидные);
 - ✓ набухающие при промерзании (мерзлые и вечномёрзлые);
 - ✓ пучинистые;
 - ✓ засоленные (известково-карбонатные).

- Добавочные силовые воздействия можно разделить на:
- механические (величина и скорость нарастания нагрузки – вибрационной, статической, ударной, динамической и т. п.)
- физические (дополнительное увлажнение, оттаивание, замерзание и т.д.).

9.4.1 Лёссовые просадочные грунты

- Распространены в Витебской и Могилевской областях, центральных областях России, среднеазиатских республиках.
- К лёссовым относят пылевато-глинистые грунты, в гранулометрическом составе которых более 50% пылеватых (0,05...0,005 мм) частиц, бескарбонатные или известковые, с $e < 0,8$, легко размываемые и размокаемые.
- Такие грунты образовались из отложений пыли, переносимой ветром, оседаемой в условиях невозможности их уплотнения, с последующим образованием структурных связей между ними.

- Связные пылевато-глинистые грунты, которые под действием внешней нагрузки или собственной массы при замачивании водой или другой жидкостью дают значительную по величине, неравномерную по характеру и быстропротекающую по времени деформацию (просадки), сопровождающуюся резким изменением структуры и уменьшением пористости, относятся к просадочным.
- Просадочными свойствами обладают макропористые лёссы, лёссовидные супеси, суглинки, глины, маловлажные структурные пески, некоторые виды насыпных грунтов, пепловых отложений.
- Просадки лёссовых грунтов возникают при одновременном воздействии двух факторов:
 1. нагрузок от сооружений и собственного веса грунтовой просадочной толщи;
 2. замачивания при подъеме горизонта подземных вод или за счет внешних источников (атмосферные осадки, промышленные сбросы, утечки и т.п.).

- Просадочность оценивают показателем просадочности

$$\Pi = \frac{e_L - e}{1 + e}, \quad (1)$$

- где e_L – коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести w_L ; e – коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности.
- Коэффициент пористости

$$e_L = w_L \frac{\rho_s}{\rho_w}, \quad (2)$$

- где ρ_s и ρ_w – соответственно плотности твердых частиц и воды.

- При предварительной оценке к просадочным относят грунты со степенью влажности $S_r \leq 0,8$, для которых величина показателя П меньше значений, приведенных в табл. 1.
- Таблица 1. Значение показателя П в зависимости от J_p

Число пластичности J_p	$0,01 \leq J_p < 0,1$	$0,1 \leq J_p < 0,14$	$0,14 \leq J_p < 0,22$
Показатель П	0,1	0,17	0,24

9.4.2 Характеристики просадочных свойств

- К числу основных характеристик относятся
 - ✓ относительная просадочность ε_{sl} ,
 - ✓ начальное просадочное давление p_{sl}
 - ✓ начальная просадочная влажность w_{sl} .

На участке АВ происходит осадка образца за счет роста давления p от 0 до заданной величины, при которой производится замачивание грунта. Вертикальный участок ВС соответствует просадке замоченного образца при постоянном давлении, участок CD – осадке водонасыщенного грунта при дальнейшем росте давления после стабилизации просадки.

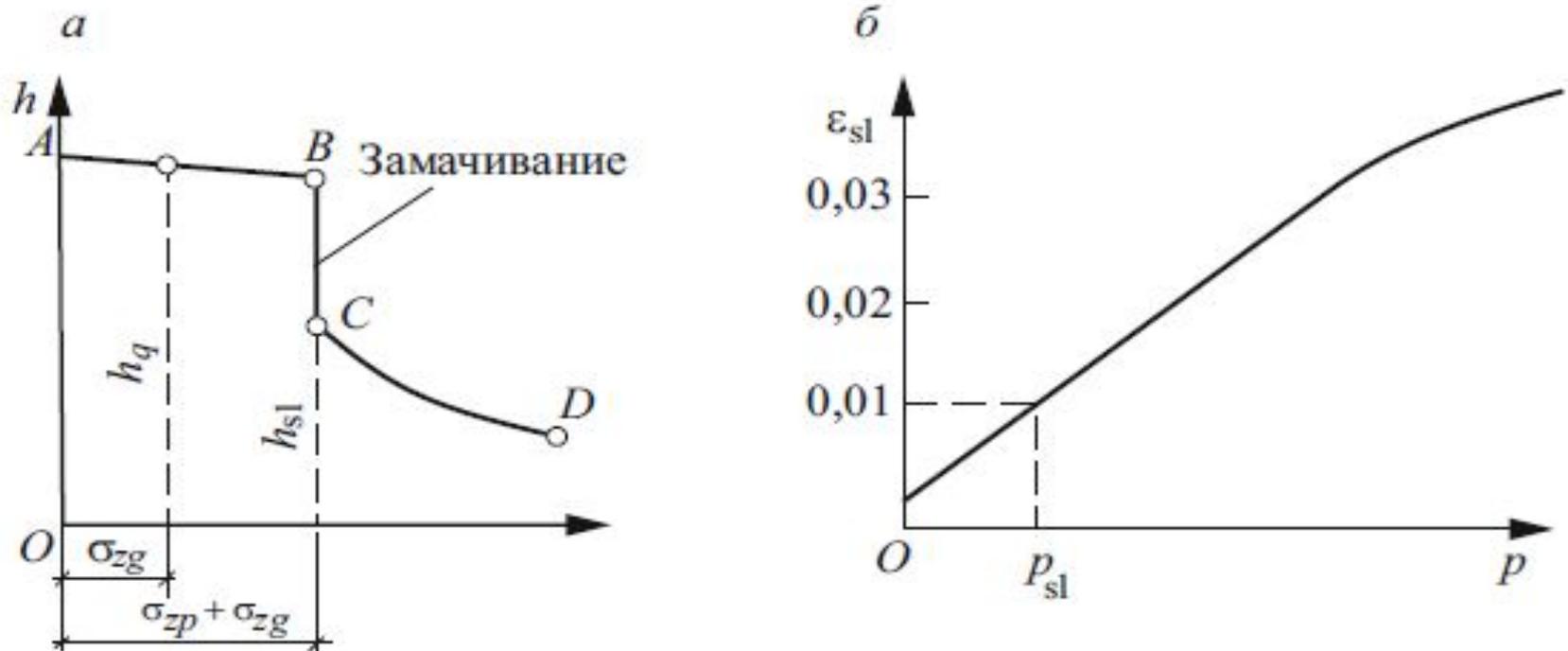


Рисунок 1 – Зависимость деформаций (а) и относительной просадочности (б) от нормального давления

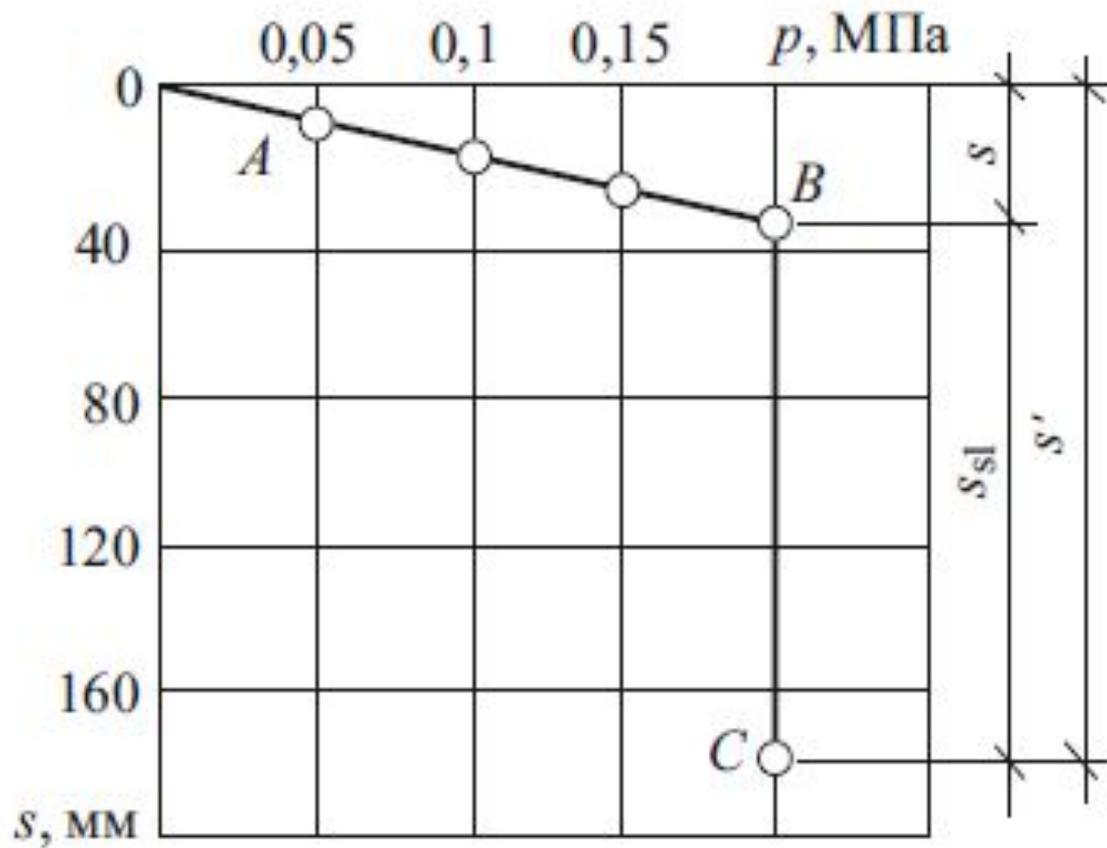


Рисунок 2 – Осадка фундамента на лёссовом грунте

- Относительная просадочность определяется:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_p - h_{sl}}{h_g}, \quad (3)$$

- где h_p – высота образца грунта природной влажности, обжатого давлением, равным давлению от собственного веса грунта σ_{zg} и нагрузки от фундамента σ_{zp} или только от веса грунта σ_{zg} в зависимости от того, какие силовые факторы являются причиной просадки;
- h_{sl} – высота образца после замачивания при том же давлении;
- h_g – высота образца природной влажности, обжатого давлением σ_{zq} .
- Грунт считается просадочным, если $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$.

- Начальное просадочное давление p_{sl} – это давление, при котором относительная просадочность $\varepsilon_{sl} = 0,01$, т.е. при котором грунт считается просадочным.

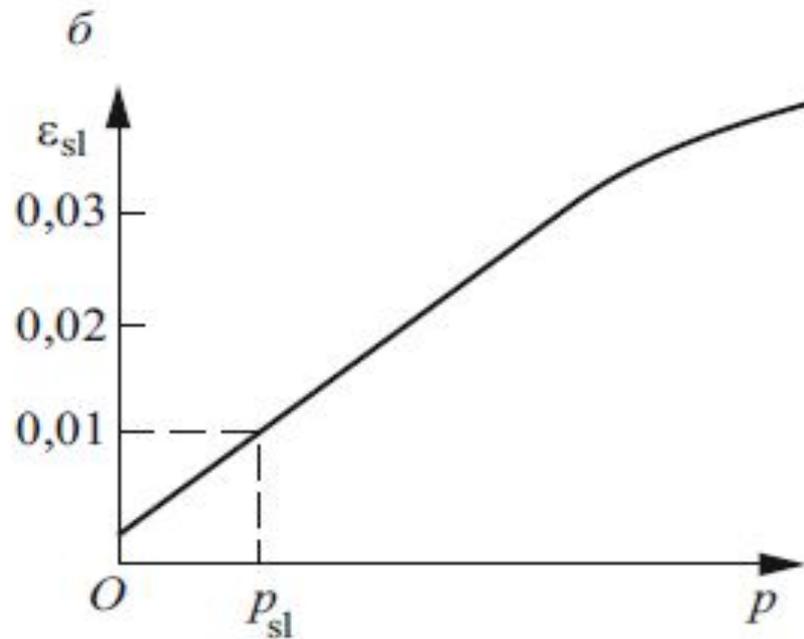


Рисунок 1 – Зависимость относительной просадочности от нормального давления

- За начальную просадочную влажность W_{sl} по аналогии принимается влажность, при которой в условиях заданных давлений относительная просадочность равна 0,01.

- При расчете оснований и фундаментов на просадочных грунтах по II группе предельных состояний требуется выполнение условия

$$s + s_{sl} \leq s'_u, \quad (4)$$

- где s – совместная осадка основания и фундамента, определяемая обычным методом;
- s_{sl} – деформация основания, вызванная просадкой;
- s'_u – предельно допустимая деформация для проектируемого сооружения.

- Давления под подошвой фундаментов p при этом не должны превышать расчетного сопротивления грунтов R .
- За счет разрушения структурных связей особенно резко (в 2...10 раз) снижается сцепление при относительно небольшом (в 1,05...1,2 раза) уменьшении угла внутреннего трения.
- Если предполагается уплотнение или закрепление грунтов, расчетное сопротивление R определяется с использованием характеристик φ и c , полученных при испытании уплотненных или закрепленных грунтов.

9.4.3 Расчет просадочных деформаций

- Расчет просадочных деформаций выполняется в тех случаях, когда не предусматриваются мероприятия по устранению просадочных свойств грунтов или когда эти свойства устраняются лишь частично, а предпринимаемые водозащитные мероприятия недостаточны для исключения вероятности замачивания грунтов просадочной толщи.

1. Устанавливают возможные источники замачивания.
2. Назначаются расчетные зоны.
3. Особое внимание уделяется площадям замачивания при инфильтрации влаги с поверхности, или подъему уровня грунтовых вод, или уточки из трубопроводов и т.д.
4. Определяются размеры деформируемой зоны h_{sl} . Строятся эпюры суммарная эпюра изменения по глубине природных σ_{zg} и дополнительных σ_{sp} напряжений, а также эпюра начальных просадочных давлений p_{sl}

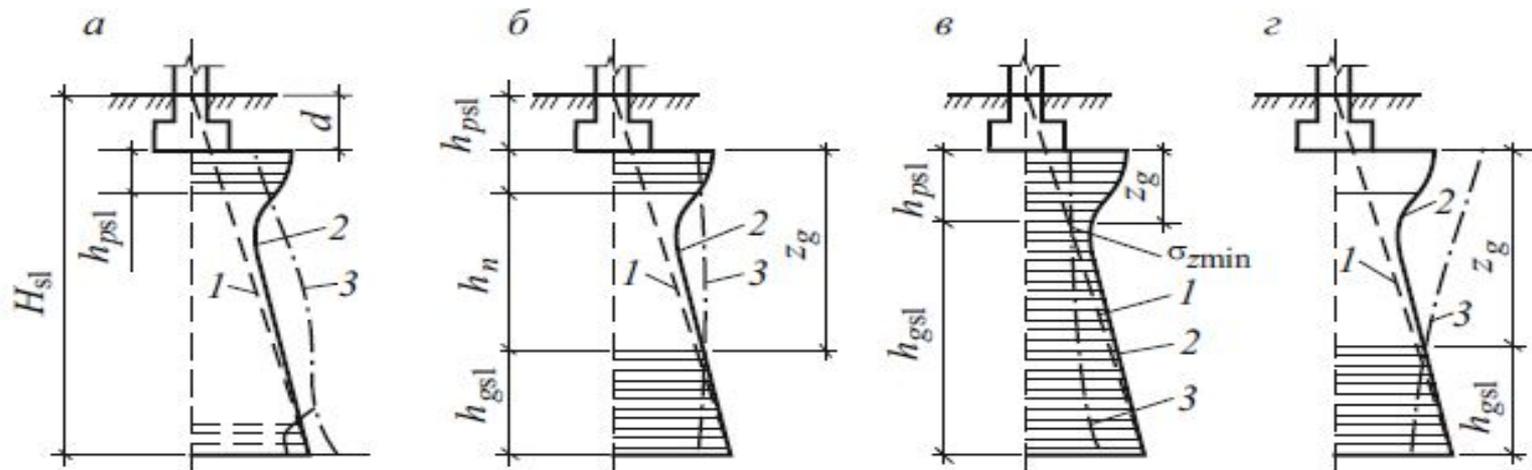


Рисунок 3 – Схемы к расчету просадок основания: а – I тип грунтовых условий; б, в, г – II тип грунтовых условий; 1 – эпюра вертикальных напряжений от собственного веса грунта σ_{zg} ; 2 – эпюра суммарных вертикальных напряжений от внешней нагрузки и собственного веса грунта $\sigma_z + \sigma_{zg} + \sigma_{zp}$; 3 – изменение с глубиной начального просадочного давления p_{sl} ; H_{sl} – толщина слоя просадочных грунтов

- Просадка учитывается в тех слоях, когда выполняется условие

$$\sigma_{zg} + \sigma_{zp} > p_{sl}, \quad (5)$$

- Просадка при замачивании больших площадей определяется методом элементарного суммирования:

$$s_{sl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{isl} h_i k_{isl}, \quad (6)$$

- где n – число слоев деформируемой зоны при $\varepsilon_{isl} \geq 0,01$; ε_{isl} – относительная просадочность грунта i -го слоя, соответствующая давлению $\sigma_{zg} + \sigma_{zp}$, которая может быть определена по опытной кривой типа, показанного на рис. 8.1, б; h_i – толщина i -го слоя ($h_i \leq 2$ м); k_{isl} – коэффициент, учитывающий некоторую условность методик лабораторных испытаний грунтов и особенность просадки грунтов от нагрузки.
- Для широких фундаментов ($b \geq 12$ м) и при определении просадки от собственного веса грунта принимается $k_{isl} = 1$, для фундаментов шириной менее 3 м вычисляется по формуле

$$k_{isl} = \frac{0,5 + 1,5(p - p_{isl})}{p_0}, \quad (7)$$

- где p – среднее давление под подошвой фундамента; p_{isl} – начальное просадочное давление грунта i -го слоя; p_0 – давление, равное 100 кПа.
- При $3 < b < 12$ м коэффициент k_{isl} определяется по линейной интерполяции.

h_{psl} - участок, на котором просадка происходит от нагрузок, передаваемых фундаментом;
 h_{gsl} - участок, на котором просадка обусловлена напряжениями от собственного веса грунта.

- Расчетные значения просадок на этих участках позволяют определить тип грунтовых условий строительной площадки по просадочности:
- I тип – просадка грунта происходит в основном в пределах участка h_{psl} от внешней нагрузки, а просадка от собственного веса (участок h_{gsl}) не превышает 5 см;
- II тип – наряду с просадкой грунта от нагрузки, передаваемой фундаментом, в нижней части просадочной толщи (участок h_{gsl}) просадка превышает 5 см.

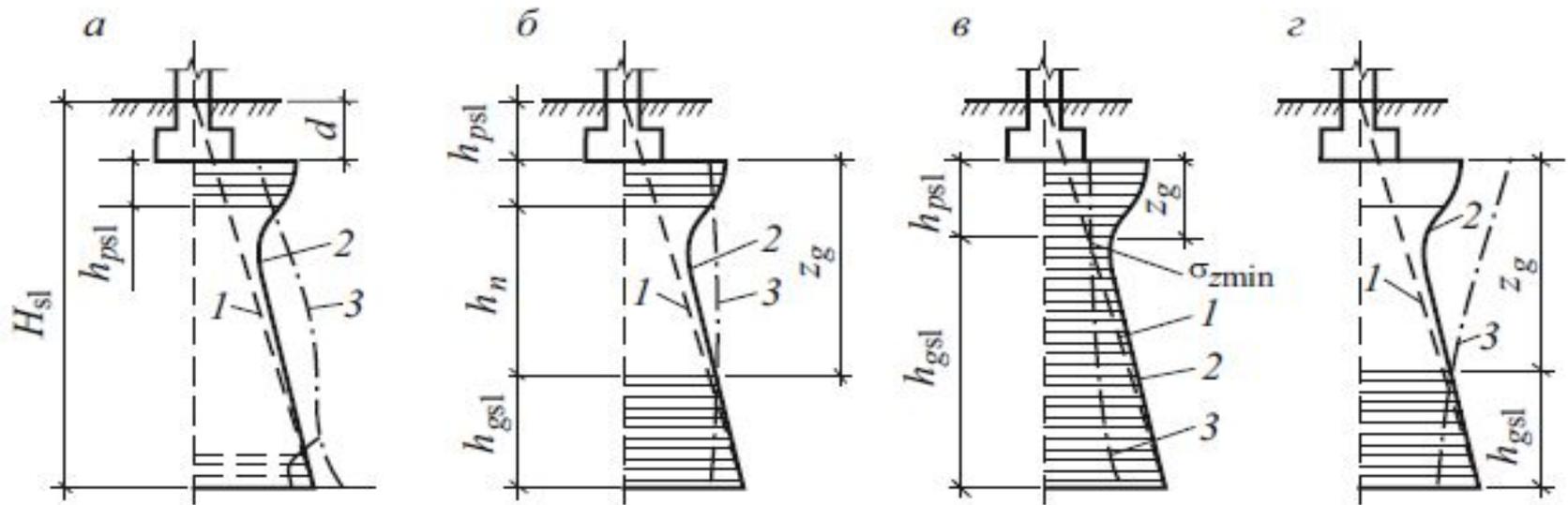


Рисунок 3 – Схемы к расчету просадок основания: а – I тип грунтовых условий; б, в, г – II тип грунтовых условий; 1 – эпюра вертикальных напряжений от собственного веса грунта σ_{zg} ; 2 – эпюра суммарных вертикальных напряжений от внешней нагрузки и собственного веса грунта $\sigma_z + \sigma_{zg} + \sigma_{zp}$; 3 – изменение с глубиной начального просадочного давления p_{sl} ; H_{sl} – толщина слоя просадочных грунтов

- Тип просадочности лёссового основания можно определить также опытным замачиванием котлована, открытого в испытываемых грунтах.
- Если при этом под действием собственного веса просадка грунта при замачивании будет не более 5 см, то грунты относятся к I типу просадочности, если толщина грунтов проседает более чем на 5 см – ко II типу.

9.4.4 Принципы строительства на просадочных грунтах

- Мероприятия при возможности замачивании грунтов:
 - ✓ осуществление комплекса мероприятий, включающего подготовку основания, водозащитные и конструктивные меры;
 - ✓ устранение просадочных свойств грунтов;
 - ✓ прорезка просадочных грунтов глубокими фундаментами.

- В комплекс водозащитных мероприятий входят:
- ✓ компоновка генплана,
- ✓ планировка застраиваемых территорий,
- ✓ устройство под зданиями и сооружениями малопроницаемых экранов,
- ✓ качественная засыпка пазух котлованов и траншей,
- ✓ устройство вокруг зданий водонепроницаемых отмосток,
- ✓ отвод аварийных вод за пределы зданий и в ливнеотводную сеть.

- При планировке следует использовать пути естественного стока атмосферных вод.
- Применение песчаных грунтов, строительного мусора и других дренирующих материалов для планировочных насыпей, обратных засыпок, грунтовых подушек не допускается.
- Для этих целей должны использоваться местные лёссовидные суглинки и глины с тщательным уплотнением. Вокруг зданий для отвода атмосферных вод устраиваются отмостки специальных конструкций.

9.4.5 Конструктивные мероприятия при строительстве на просадочных грунтах

- К первой группе относятся мероприятия по повышению прочности и общей пространственной жесткости для относительно жестких зданий и сооружений. Это обеспечивается разрезкой зданий и сооружений осадочными швами на отсеки с ориентировочным расстоянием между осадочными швами для жилых, гражданских и промышленных многоэтажных зданий, равным 20...40 м, а для промышленных одноэтажных зданий – 40...80 м. Предусматриваются также устройство железобетонных поясов и армированных швов, усиление фундаментноподвальной части зданий и сооружений путем применения монолитных или сборно-монолитных фундаментов.
- Для податливых и гибких зданий и сооружений применяют мероприятия второй группы – по дополнительному увеличению податливости. Это достигается введением гибкой связи между отдельными элементами, повышением площади опирания отдельных конструктивных элементов и т. п.
- Третья группа объединяет методы, обеспечивающие нормальную эксплуатацию зданий и сооружений при возможных, часто неравномерных, просадках. Для этого применяют конструктивные решения, позволяющие в короткие сроки восстановить после неравномерных просадок нормальную эксплуатацию кранов, лифтов, оборудования путем рихтовки подкрановых путей и направляющих лифтов, поднятия опор домкратами. Предусматриваются также увеличенные габариты между отдельными конструкциями, например между мостовыми кранами и элементами покрытия.

9.4.6 Способы устранения просадочных свойств грунтов

- Устранение просадочных свойств грунтов достигается:
 - ✓ уплотнением тяжелыми трамбовками
 - ✓ устройством грунтовых подушек
 - ✓ устройством пирамидальных свай и забивных блоков
 - ✓ использованием катков
 - ✓ уплотнением предварительным замачиванием
 - ✓ однорастворной силикатизацией или термообжигом
 - ✓ применением свайных фундаментов