

Лекция №10
Строительство на структурно неустойчивых грунтах
Часть 1

План лекции

1. Понятие о структурно-неустойчивых грунтах
 - 1.1 Слабые водонасыщенные глинистые грунты
 - 1.2 Набухающие грунты
 - 1.3 Лессовые просадочные грунты
 - 1.4 Засоленные грунты
 - 1.5 Насыпные грунты
 - 1.6 Заторфованные грунты
 - 1.7 Мерзлые и вечно-мерзлые грунты
2. Основные принципы, применяемые при строительстве на структурно-неустойчивых грунтах

1. Понятие о структурно-неустойчивых грунтах

К структурно-неустойчивым грунтам относят мерзлые и вечномерзлые грунты; лессовые просадочные грунты, слабые водонасыщенные, пылевато-глинистые, засоленные, заторфованные грунты. В определенной мере сюда могут быть отнесены и насыпные грунты. Несмотря на различие в условиях образования грунтов этой группы их объединяет общее свойство – в природном состоянии эти грунты обладают структурными связями, которые при определенных воздействиях резко снижают свою прочность или полностью разрушаются (это может быть от быстро возрастающих, динамических, вибрационных нагрузок или физических процессов – повышение температуры мерзлых грунтов, обводнение лессовых или засоленных грунтов и т.п.)

Структурно-неустойчивые грунты часто называют региональными, т.к. эти грунты группируются преимущественно в определенных географо-климатических зонах (регионах).

При строительстве на таких грунтах кроме общепринятых для обычных условий решений требуется проведение комплекса специальных мероприятий, учитывающих их особые свойства.

Эти мероприятия разделяются на четыре группы:

1 группа: меры, предпринимаемые для исключения неблагоприятных воздействий на грунты.

2 группа: способы искусственного улучшения структурных свойств оснований, с помощью которых нейтрализуются последствия воздействия неблагоприятных факторов.

3 группа: конструктивные мероприятия, понижающие чувствительность зданий к неравномерным деформациям основания.

4 группа: применение специальных типов фундаментов.

1.1 Слабые водонасыщенные глинистые грунты

До последнего времени под термином «слабые грунты» различные исследователи понимали совершенно разные группы грунтов с различными свойствами. На конференции в Таллине в 1965 г. было решено выделить в отдельную группу слабые водонасыщенные глинистые грунты по двум признакам - сжимаемости и степени влажности. Было принято под слабыми водонасыщенными глинистыми грунтами понимать глинистые грунты, которые в интервале изменения давления от 0,5 до 3 кгс/см² имеют модуль общей деформации E_0 , равный или меньший 50 кгс/см², и характеризуются степенью влажности более 0,8.

К таким грунтам относятся аллювиальные, морские, озерные, лиманные, дельтовые, болотные и реже делювиальные и пролювиальные отложения. Кроме того, слабыми водонасыщенными глинистыми грунтами могут быть и грунты другого происхождения, которые в результате литогенеза оказались сильносжимаемыми.

Слабые водонасыщенные глинистые грунты различного происхождения часто залегают ниже уровня грунтовых вод (либо ниже верховодки).

Слабые водонасыщенные глинистые грунты имеют степень влажности 0,8 и модуль общей деформации 5,0 МПа в интервале давлений 0,05-0,3 МПа. По структуре, литологическому составу и текстурным признакам к таким грунтам относятся ленточные глины, морские и пресноводные илы, водонасыщенные лёссовые грунты. Слабые водонасыщенные глинистые грунты обладают следующими физико-механическими свойствами, обуславливающими выделение их в отдельную группу.

Слабые водонасыщенные глинистые грунты обладают большой и неравномерной сжимаемостью. Здания и сооружения на таких грунтах претерпевают большие осадки, в отдельных случаях до 1,5-2 м, что приводит здания к непригодности для эксплуатации.

Процесс уплотнения слабых водонасыщенных глинистых грунтов происходит в течение длительного времени. Поэтому осадки зданий развиваются очень медленно, особенно в тех случаях, когда основания сложены большими

ми толщами водонасыщенных глинистых грунтов. Происходит это ввиду низкой водопроницаемости этих грунтов и медленного отжатия поровой воды в процессе уплотнения под воздействием внешней нагрузки. Наблюдения за осадками показывают, что в зданиях наблюдаются изгибы кирпичной кладки, прогибы металлических и железобетонных конструкций и т. д.

Слабые водонасыщенные глинистые грунты имеют низкую прочность. Определенные по методике быстрого сдвига угол внутреннего трения и удельное сцепление соответственно составляют 10° и $0,006 - 0,025$ МПа. Поэтому на таких грунтах чрезвычайно сложно обеспечить устойчивость зданий и сооружений, особенно с эксцентричным приложением внешней нагрузки (дымовые трубы, опоры линии передач и др.).

1.2 Набухающие грунты

Отдельные глинистые грунты, находясь в напряженном состоянии от совместного действия внешней нагрузки и собственного веса грунта или только собственного веса грунта, увеличивают свой объем при замачивании водой или другой жидкостью. Это свойство называют способностью набухать. Это может привести к поднятию дневной поверхности земли и возведенных на ней зданий и сооружений. Наиболее значительно изменяется объем грунтов, которые имеют в составе глинистой фракции большое количество частиц глинистых минералов — каолинита, монтмориллонита и т.д.

Зависимость объема глинистого грунта от влажности обусловлена ослаблением или полным исчезновением неводостойких и маловодостойких жестких структурных связей, а также пленочной воды вокруг твердых частиц в виде гидратных оболочек. При близком расположении частиц друг к другу пленочная вода, стремясь к равновесному состоянию, расклинивает (раздвигает) частицы до полного водонасыщения грунта (рис.1). Расклинивающие силы разрушают и деформируют (растаскивают) структурные связи, а оставшиеся образуют более рыхлую структуру грунта.

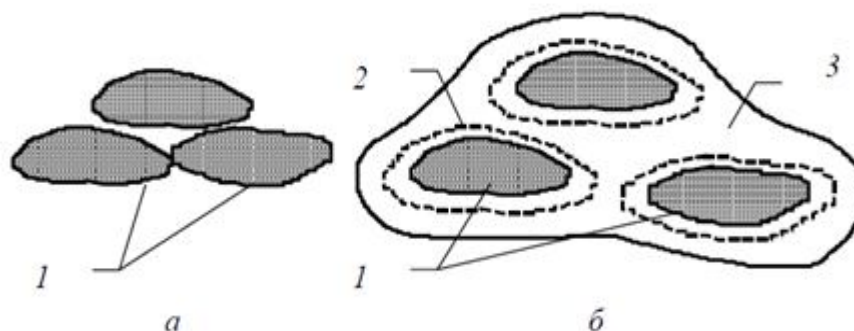


Рис.1. Схема набухание грунта при замачивании: а — почву; б — грунт после замачивания; 1 — твердые минеральные частицы; 2 — прочно связанная вода; 3 — рыхло связанная вода

Способность набухать присуща, как правило, глинистым грунтам, что в естественном залегании имеют сравнительно высокую плотность строения и низкую влажность.

Значительное влияние на способность грунтов набухать оказывает их минералогический состав. При прочих равных условиях грунты, содержащие в составе глинистой фракции монтмориillonит, отекают больше, чем те грунты, которые содержащие каолинит. Каолинит, имея жесткую кристаллическую решетку, взаимодействует с молекулами воды и гидратированные катионы (сорбирует их) только своей внешней поверхностью, а монтмориillonит, имея раздвижную кристаллическую решетку (пакетную структуру), не только внешней поверхностью, а еще и в большей степени — внутренней поверхностью структурных слоев, то есть эти частицы способны впитывать в себя воду.

Следует заметить, что в зависимости от скорости ослабления или исчезновения жестких структурных связей, как и скорости образования вокруг твердых частиц пленок связанной воды, набухание происходит не мгновенно после замачивания грунта, а в течение определенного времени. При неограниченном поступлении жидкости, набухание заканчивается тогда, когда силы расклинивания уравниваются приложенным давлением.

В процессе набухания происходит подъем поверхности грунта, что приводит к деформациям, обычно неравномерным. Кроме того, при набухании грунты способны оказывать дополнительное боковое давление на ограждающие конструкции (до 200 кПа), а при снижении влажности набухающие грунты дают усадку, уменьшая свой объем.

Набухание — способность глинистых пород к увеличению своего объема во взаимодействии с водой. Набуханием называется увеличение объема грунта в процессе смачивания.

Способность к набуханию связана с гидрофильным характером глинистых минералов, слагающих связные грунты, и большой удельной поверхностью последних.

Набухание — это результат гидратации грунта которое обусловлено в основном образованием в грунте рыхлосвязанной воды. Оболочки связанной воды, формирующиеся вокруг коллоидных и глинистых частиц, уменьшают силы сцепления между ними, раздвигают их и этим вызывают увеличение объема грунта.

Набухание характеризуется влажностью (количеством воды, впитанной образцом испытуемого грунта при полном набухании), давлением, которое развивается в набувшем образце, и величиной набухания (отношением объема или высоты набухшего образца к первоначальному его объему или высоте до набухания.).

Основания, сложенные набухающими грунтами, должны проектироваться с учетом способности таких грунтов при повышении влажности увеличиваться в объеме – набухать.

При последующем понижении влажности у набухающих грунтов происходит обратный процесс – усадка.

Набухающие грунты характеризуются давлением набухания p_{sw} , влажностью набухания w_{sw} , относительным набуханием ϵ_{sw} при заданном давлении σ_{sw} и относительной усадкой при высыхании ϵ_{sh} , характеристики набухающих грунтов – конечная (установившаяся, равновесная) влажность грунта w_{eq} , так и начальные значения влажности w_0 и коэффициента пористости e_0 .

Грунт набухающий — грунт, который при замачивании водой или другой жидкостью увеличивается в объеме и имеет относительную деформацию набухания (в условиях свободного набухания) — $\epsilon_{sw} \geq 0,04$.

Относительная деформация набухания без нагрузки — ϵ_{sw} , д.е. — отношение увеличения высоты образца грунта после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения к начальной высоте образца природной влажности. Определяется по ГОСТ 24143.

По относительной деформации набухания без нагрузки ϵ_{sw} глинистые грунты подразделяют согласно таблице 1.

Таблица 1

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания бз нагрузки ϵ_{sw} , д.е.
ненабухающий	Менее 0,04
слабонабухающий	От 0,04 до 0,08
средненабухающий	Свыше 0,08 до 0,12
сильнонабухающий	Свыше 0,12

Давлением набухания P_{sw} грунта называют то минимальное давление, при котором грунт не набухает.

Давление набухания развивается в глинистом грунте как реакция внешней нагрузке, передаваемой на грунт от сооружения или выщелачивающей толщи грунта. Это давление может достичь 0,8 МПа и возникает в основании гидротехнических сооружений после пуска в них воды, что приводит к деформациям этих сооружений, вследствие неравномерного поднятия фундамента на разных участках.

За влажность набухания ω_{sw} принимается влажность, полученная после завершения набухания образца, обжатого без возможности бокового расширения заданным давлением P . С увеличением плотности грунта влажность набухания уменьшается.

Для набухающих грунтов, кроме обычных физико-механических характеристик, определяют и специальные характеристики набухания и осадки.

Относительное набухание исследуется в компрессионных приборах по похожей методике

Относительное набухание определяют при различных уплотняющих давлениях p и вычисляют по формуле:

$$\epsilon_{sl} = \frac{h' - h}{h}$$

где h – высота образца грунта природного состояния, обжатого давлением p ;

h' – то же, после набухания образца.

Характерная зависимость относительного набухания глин от давления приведена на рис. 15.11.6

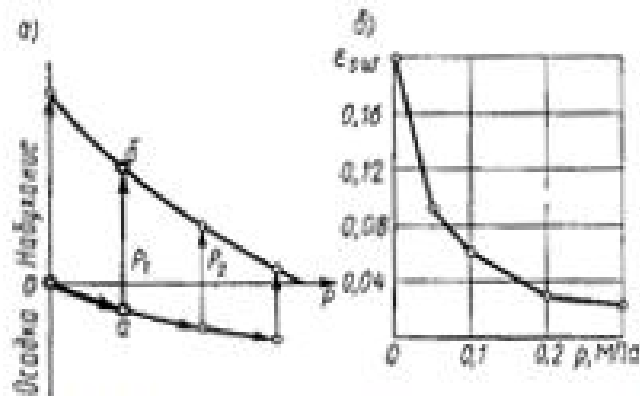


рис. 15.11. Зависимости деформации набухающего грунта (а) и относительного набухания (б) от нормального давления

Давление набухания P_{sw} соответствует давлению, возникающему при замачивании грунта в замкнутом объеме, то есть при отсутствии деформации.

Подъем основания при набухании грунта h_{sw} определяют методом послойного суммирования. Если расчетные деформации набухания h_{sw} превышают предельные значения S_u , применяют различные мероприятия, снижающие или полностью исключающие деформации, вызванные набуханием, или уменьшающие их неравномерность до заданных пределов.

1.3 Лёссовые просадочные грунты

Большой класс структурно-неустойчивых грунтов составляют лёссовые просадочные грунты, в которых нарушение структуры с возникновением значительных просадок происходит при замачивании их под нагрузкой.

Просадками называются местные быстро протекающие вертикальные деформации грунтов, обусловленные резким коренным нарушением структуры и сопровождающиеся частичной или полной потерей сопротивляемости нарушенных масс грунта, а при избыточном увлажнении — выдавливанием грунтов в стороны.

Практика строительства на лёссовых грунтах показала, что просадки могут достигать значительной величины. Так, стена рудного крана Кузнецкого завода примерно за один год осела на 37 см. Свойство лёссовых грунтов терять устойчивость своей структуры при увлажнении обуславливает настолько своеобразные строительные качества этих грунтов, что требует особого рассмотрения.

Лессовые грунты залегают на значительной части территории России, более 16% континентальной поверхности. Для практики строительства весьма важно уметь отличать просадочные лессовые грунты от обычных, знать особенности механических свойств просадочных грунтов и предусмотреть влияние этих свойств на возводимые сооружения.

Следует отметить, что до настоящего времени происхождение лессовых грунтов, несмотря на чрезвычайно важное значение этого вопроса, разные исследователи объясняют по-разному. Существуют две основные гипотезы происхождения этих грунтов: эоловая гипотеза и почвенная.

Эоловая гипотеза объясняет происхождение лессовых грунтов деятельностью воздушных течений, которые из пустынных областей несут мелкую пыль в смежные с пустынями области, где и отлагают ее тонкими слоями. Степная растительность совместно с выпадающими дождями содействует закреплению пыли; корни и стебли растений, сгнивая, оставляют пустоты, создающие макропористость лессовых отложений. Пористость еще более увеличивается вследствие ходов дождевых червей и землероев.

Почвенная гипотеза объясняет образование лессовых грунтов почвообразовательными процессами, происходящими в сухом климате. При выветривании почв в сухом климате процесс протекает в щелочной среде, причем остающиеся карбонаты кальция обволакивают частицы и свертывают их в более крупные агрегаты (частицы диаметром менее 0,01 мм превращаются в частицы диаметром 0,01-0,05 мм), отчего весь грунт приобретает пористое строение.

Из произведенных послойных химических анализов лессовых отложений на значительную глубину вытекает, что степень выветренности слоев уменьшается по мере углубления. Роль карбонатов и гипса сводится частично к образованию кристаллов, а частично к цементации тонких продуктов минеральной смеси.

Почвенная гипотеза оказала значительное влияние и на эоловую гипотезу. Большинство исследователей считает, что основные массы лессовых грунтов образовались эоловым путем, однако это не исключает возможности происхождения некоторых видов лессовых грунтов и из отложений водных бассейнов, образовавшихся при таянии древних ледников, а также при перетолжении пылеватых грунтов дождевыми водами. Лессовые породы часто разделяют на типичные лессы и лессовидные грунты. Типичный однородный и мощный слой лесса создается только из материнской породы, представляющей накопление эоловой пыли путем почвообразовательных процессов, идущих одновременно с ее накоплением.

Грунты же, образующиеся из различных материнских пород в результате процессов почвообразования и выветривания в условиях сухого климата, а также переотложенные эоловые отложения не являются типичными лессами, но, обладая многими свойствами последних, могут быть названы лессовидными.

В строительном же деле в настоящее время принято объединять отмеченные разновидности грунтов под одним общим названием лессовые грунты, иногда присоединяя к ним эпитет «макропористые», так как в условиях природного залегания эти грунты имеют видимые невооруженным глазом поры (макропоры), величина которых значительно превосходит величину обычных пор, соответствующих приблизительно размерам минеральных частиц грунта.

Характерные свойства лессовых грунтов могут быть полностью освещены лишь на основе использования основных зависимостей механики грунтов, излагаемых ниже.

Внешними признаками, отличающими макропористые лессовые грунты, будут следующие:

1. Видимая невооруженным глазом пористость (макропористость), обусловленная наличием тонких, более или менее вертикальных канальцев иногда с остатками растений. Канальцы, пронизывающие всю толщу лессовидных грунтов, покрыты изнутри налетами углекислых солей.
2. Столбчатая отдельность. Это свойство лессовидных грунтов проявляется особенно ярко на открытых местах, подвергающихся действию атмосферных осадков. В искусственных выемках и свежих разрезах отдельностей не наблюдается.
3. Быстрое размокание в воде и большая водопроницаемость. Так, коэффициент водопроницаемости (фильтрации) лесса для образца ненарушенной структуры был в 100 раз больше коэффициента водопроницаемости для перемятого, лишенного макропор образца того же грунта.
4. Наличие твердых мергелистых включений. Трубчатые пустоты лессовых грунтов в большинстве случаев покрыты тонким слоем извести, кроме того, отдельные известковые и мергелистые включения самой разнообразной формы находятся в лессовых грунтах в довольно значительном количестве. При опробовании этих грунтов 3%-ным раствором соляной кислоты наблюдаются бурное вскипание и быстрое прекращение выделения пузырьков газа.
5. Характерное распределение влажности по глубине с наличием на некотором уровне так называемого «мертвого горизонта» с меньшей по сравнению с вышележащими и нижележащими слоями влажностью. В

мертвом горизонте наблюдается максимальное содержание солей. Ниже мертвого горизонта влажность возрастает постепенно, достигая величины максимальной влагоемкости. Отметим также, что, как правило, в толще лёссовых пород наблюдаются только два горизонта грунтовых вод: верховодка и нижний горизонт грунтовых вод.

6. Характерный состав. По гранулометрическому составу лёссовидные грунты характеризуются преобладанием пылеватых фракций (частиц размером от 0,05 до 0,005 мм обычно более 50%) при незначительном содержании глинистых частиц (от 4 до 20%). Как правило, лёссовидные грунты отличаются значительной однородностью гранулометрического состава, причем коэффициент неоднородности часто бывает не более 5.

По химическому составу главными составными частями лёссовых грунтов являются: силикаты — от 27 до 90%, глинозем — от 4 до 20% и углекислый кальций — от 6 до 67%. Из перечисленных внешних признаков лёссов и лёссовидных грунтов наиболее характерными будут: макропористость, быстрое размокание в воде (в течение 1—2 мин) и наличие карбонатов (вскипание при опробовании кислотой).

Как уже указывалось, характерным свойством макропористых грунтов является их просадочность при замачивании под нагрузкой. Образец лёссовидного грунта естественной структуры при испытании на осадку в условиях, исключающих возможность выдавливания грунта в стороны, под нагрузкой 2,5 кг/см² после замачивания дает осадку, в 7 раз большую, чем осадка такого же образца грунта и при той же нагрузке, но испытанного при естественной влажности (без замачивания).

Для объяснения поведения лёссовых грунтов при была выдвинута гипотеза, согласно которой увеличение осадки лёссовых грунтов при замачивании под нагрузкой объясняется неустойчивостью макропор пронизывающих всю толщу лёссовидных грунтов, вследствие потери связности (сцепления) между частицами грунта при просачивании воды. Часто достаточно давления порядка 0,5—1 кг/см², при котором стенки пор разрушаются и происходит резкое уплотнение грунта, что и вызывает значительные дополнительные осадки.

По современным воззрениям просадочность макропористых лёссовых грунтов возникает вследствие недоуплотненности и способности агрегатов частиц этих грунтов к пептизации при увлажнении, т. е. к переходу твердых коллоидных пленок в жидкий раствор. Образующиеся при этом водные пленки вследствие их расклинивающего действия раздвигают грунтовые ча-

стицы, разрушают агрегаты частиц и создают условия, благоприятные для доуплотнения лессовых грунтов. Кроме того, известное значение в разрушении структуры агрегатов частиц имеет и растворение солей, цементирующих частицы лессовых грунтов, а также действие осмотического давления, возникающего вследствие разности концентрации солей пленочной воды и воды.

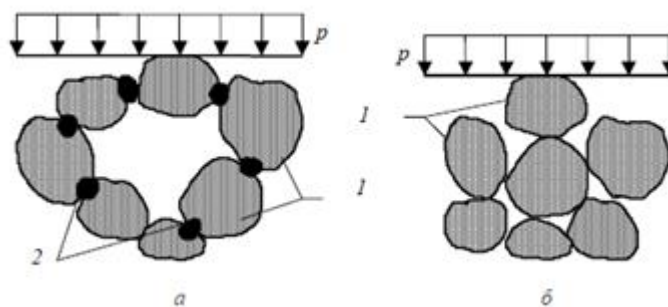


Рис. 2. Схема проседания лессового грунта при замачивании
а — взаимное расположение твердых минеральных частиц до замачивания; б — то же, после замачивания; 1 — твердые минеральные частицы; 2 — цементирующие солевые связи

Если же лессовые грунты имеют агрегаты частиц, сцементированные не растворяющимися в воде солями, то при замачивании эти грунты, просадок не дают. Чтобы нарушить структурные связи в лессовых грунтах, одного замачивания недостаточно, необходимо приложить некоторой величины нагрузку, различную для различной степени сцементированности лессовых грунтов, причем безразлично, будет ли это собственный вес вышележащих слоев грунта или внешняя нагрузка от сооружения или пробного испытания.

При определенной величине нагрузки, прикладываемой одновременно с замачиванием, возникает лавинное разрушение структурных связей грунта, и его структура резко и коренным образом изменяется — возникают просадки. Для количественной оценки просадочности лессовых грунтов испытывают их образцы естественной ненарушенной структуры на сжимаемость без возможности бокового расширения, т. е. образцы помещают в жесткое кольцо. Вначале определяют деформации образца при естественной его влажности, а после того, как будет достигнуто проектное давление, образец замачивают до полного насыщения, определяя при этом его деформацию. В результате разрушения структурных связей, если внешнее давление больше структурной прочности грунта в замоченном состоянии, возникает резкая быстрая осадка (просадка) образца.

Образец грунта необходимо замачивать при нагрузке, соответствующей сумме природного давления и давления (сжимающего напряжения), которое будет в грунте от сооружения на глубине взятия образца. Максимально возможную величину просадки всей просадочной толщи макропористых лессовых грунтов определяют по величине относительной просадочности отдельных слоев и их мощности.

Здесь суммирование необходимо распространить на все слои (от подошвы фундамента до глубины залегания всей просадочной толщи), а величину относительной просадочности определять с учетом фактического давления на грунт от внешней нагрузки и вышележащих слоев грунта.

По величине максимальной просадки всей просадочной толщи обычно и назначают противопросадочные мероприятия, основными из которых является всемерное недопущение замачивания грунтов под сооружениями или создание таких конструктивных особенностей сооружений, которые обеспечили бы их малую чувствительность к неравномерным осадкам (конструирование зданий из отдельных жестких блоков, допускающих независимость оседания; применение устройств, регулирующих высоту отдельных частей сооружения, и т. п.).

При оценке общей деформации лессовых грунтов, подверженных замачиванию с одновременным загрузением, необходимо учитывать следующие три составляющие: осадку, обусловленную уплотнением грунта (т. е. уменьшением пористости при увеличении давления), просадку, возникающую в результате коренного изменения структуры грунта при переходе его из макропористого структурного состояния в бесструктурную водонасыщенную массу, и послепросадочную деформацию грунта, вызванную медленным нарушением кристаллизационных связей, суффозией (вымывом) мельчайших частиц и ползучестью скелета грунта при длительном действии фильтрации.

Свойства лессовых грунтов в процессе их просадки резко изменяются. Сопротивление замоченного грунта сдвигу снижается в несколько раз это показывает, что несущая способность лессовых грунтов после нарушения их структурной связности в процессе просадки при замачивании под нагрузкой чрезвычайно падает, и грунты легко выдавливаются из-под подошвы фундаментов.

Активные меры борьбы с просадочностью лессовых грунтов сводятся к химическому их закреплению по методу силикатизации, уплотнению грунтовыми сваями и обжигом проседающих масс.

1.4 Засоленные грунты

К засоленным относятся грунты, в которых содержится более 5 % среднерастворимых или более 0,3 % легкорастворимых солей (от веса сухого грунта). К легкорастворимым солям относятся хлористые соли натрия (NaCl), калия (KCl), кальция (CaCl_2) магния (MgCl_2); бикарбонаты натрия (NaHCO_3), кальция (CaHCO_3); карбонат натрия (Na_2CO_3); сульфаты натрия (Na_2SO_4) и магния (MgSO_4). К среднерастворимым солям относятся гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и ангидрит (CaSO_4).

Специфические свойства засоленных глинистых грунтов, содержащих большое количество легко- и среднерастворимых солей, и основные закономерности изменения этих свойств при замачивании и подтоплении территорий необходимо знать для обоснованного проектирования оснований и фундаментов промышленных и гражданских сооружений на засоленных грунтах с учетом возможного обводнения их атмосферными осадками, при замачивании или подтоплении в результате аварии или утечек из сетей водопровода, теплофикации, канализации, технологических трубопроводов.

1.5 Насыпные грунты

К насыпным грунтам относятся:

- грунты с нарушенной естественной структурой;
- отвалы отходов различных производств;
- свалки всевозможных материалов, напластования которых образовались в результате засыпки оврагов, котлованов, карьеров, местных понижений при планировке территорий грунтами, полученными при разработке котлованов, траншей, планировке территорий срезкой, вскрышных работах при открытой разработке полезных ископаемых и т. д., а также отходами различных производств.

В зависимости от способа укладки, однородности состава и сложения, вида исходного материала, степени самоуплотнения от собственного веса насыпные грунты подразделяются на отдельные группы и виды согласно табл. 11.13.

ТАБЛИЦА 11.13. КЛАССИФИКАЦИЯ НАСЫПНЫХ ГРУНТОВ

Подразделение насыпных грунтов	Виды насыпных грунтов и их характеристика
По способу укладки	1. Отсыпанные автомобильным или железнодорожным транспортом, скреперами, бульдозерами и т.п.
По однородности состава и сложения	1. Планомерно возведенные насыпи (обратные засыпки) и подсыпки (подушки), характеризующиеся практически однородным составом, сложением и равномерной сжимаемостью 2. Отвалы грунтов и отходов производств, имеющие практически однородный состав и сложение, но неравномерную плотность и сжимаемость 3. Свалки грунтов, отходов производств и бытовых отходов, характеризующиеся неоднородным составом и сложением, неравномерной плотностью и сжимаемостью, а также содержанием органических включений
По виду исходного материала, составляющего основную часть насыпи	1. Естественные грунты: крупнообломочные, песчаные, глинистые 2. Отходы производств: шлаки, золы, формовочная земля, хвосты обогащения фабрик и т.п. 3. Бытовые отходы
По степени уплотнения от собственного веса	1. Спектавшиеся — процесс уплотнения от собственного веса закончился 2. Неспектавшиеся — процесс уплотнения от собственного веса продолжается

Насыпные грунты в материалах инженерно-геологических изысканий, а также в проектах оснований и фундаментов именуются с дополнительным указанием их видов в зависимости от: однородности состава и сложения, способа укладки, вида исходного материала, составляющего основную часть насыпи, и степени уплотнения их от собственного веса. При наличии крупных включений, имеющих контакты между собой, насыпные грунты именуются по виду этих включений с указанием материалов, заполняющих поры и пустоты.

К планомерно возведенным относятся насыпи, сооружаемые по заранее разработанному проекту из однородных грунтов или отходов производств (без содержания органических включений) путем отсыпки их в целях планировки территорий и использования ее под застройку с уплотнением грунтов до заданной по проекту плотности.

Планомерно возведенные насыпи обычно сооружаются с соответствующей подготовкой поверхности для ее отсыпки, включающей: полную или частичную планировку, срезку растительного заторфованного слоя, уборку мусора, отходов органического происхождения и т.п.

Отвалы грунтов и отходов производств представляют собой отсыпки различных видов грунтов, полученных при разработке котлованов, срезке площадей, при их планировке, проходке подземных выработок и т.п., или отходов производств: шлаков, золы, формовочной земли, отходов обогащения полезных ископаемых и т.п., содержащих органические включения не более 0,05 по весу.

Свалки грунтов, отходов производств и бытовых отходов представляют собой отсыпки, образовавшиеся в результате неорганизованного накопления различных материалов и обычно характеризующиеся повышенным (более 0,5) содержанием органических включений.

1.6 Заторфованные грунты

Торфы и заторфованные грунты представляют собой грунты органического происхождения, образовавшиеся в болотах в результате накопления и разложения растительных остатков в условиях затрудненного доступа воздуха.

Специфическими особенностями заторфованных грунтов являются водонасыщенность, большая сжимаемость, медленное протекание осадок во времени, анизотропия и изменчивость характеристик под нагрузкой.

К заторфованным относятся песчаные и глинистые грунты, содержащие в своем составе 10—50% (по массе) органических веществ. При содержании органических веществ 50% и более грунт называется торфом.

При оценке свойств этих грунтов большое значение имеет степень разложения растительных остатков $R^{\wedge}$. По этому признаку их разделяют на четыре разновидности $R^{\wedge}$: от 0 до 15 %; 16-30 %; 31-50 %; более 50 %.

Наиболее типичным представителем органических грунтов является торф, сложенный из неполно разложившихся болотных растений. Окраска чаще всего темно-коричневая. В торфах всегда имеется примесь песка, пылеватых и глинистых частиц. Растения создают волокнистый каркас, что является его структурой. Большинство торфов сформировалось в древние времена и на сегодня между собой различаются по степени разложения растительных остатков и геологическому строению. Слой торфа может плавать на воде, либо лежать на сапропеле или непосредственно на минеральном дне, т. е. на слое глины. В зависимости от этого мощность слоев торфа бывает различной — от нескольких сантиметров до десятков метров. Все органоминеральные и органические грунты содержат воду, которая обладает агрессивными свойствами по отношению к строительным материалам. В связи с непрерывным гниением растительных остатков их свойства очень изменчивы во времени.

Модуль деформации E обычно меньше 5 МПа. Лучше всего нагрузки держат древние, более плотные торфы.

Торфы являются полезными ископаемыми (энергоносители, удобрение и сырье для химической промышленности) и поэтому рассматривать этот грунт только как основание объектов нецелесообразно.

Строительство на заторфованных грунтах в зависимости от их свойств, мощности слоев осуществляется в двух направлениях: 1) без специальных мероприятий с применением только конструктивных строительных решений в зданиях и сооружениях; 2) с использованием специальных строительных работ. Специальные строительные работы очень разнообразны и распадаются

ся на ряд видов в зависимости от вариантов геологического строения заторфованных толщ. Для каждого варианта рекомендуются свои специальные работы, которые могут быть в виде:

- прорезки (полной или частичной) слоя заторфованного грунта фундаментами, в том числе свайными;
- частичной или полной срезки (выторфовка) заторфованного грунта с последующей засыпкой, планировкой площади песчаными (гравийным, щебеночным) материалами;
- предварительного уплотнения заторфованных грунтов, в том числе с помощью дренажных скважин.

При выборе вида специальных строительных работ необходимо учитывать свойства и мощность слоев песчано-пылевато-глинистых грунтов, которые подстилают или перекрывают заторфованные грунты.

Основные инженерно-геологические особенности торфов.

Отличительной чертой торфов является их чрезвычайно высокая влажность в естественном залегании. В массиве она может достигать 500—1000 и даже 2000 % и более (по отношению к весу сухого вещества). Плотность скелета торфов — величина более чем малая, в основном 0,07—0,2 г/см³, очень редко отмечены значения 0,5 г/см³. Соответственно пористость чрезвычайно высока. В условиях естественного залегания влажность торфов в соответствии с их огромной влагоемкостью практически всегда выше влажности верхнего предела пластичности, т. е. торф практически находится в скрыто-текучей консистенции. В естественных условиях торф обладает весьма низкой способностью к набуханию, при высыхании же его наблюдается значительная усадка. Торф — порода водопроницаемая, оказывает достаточно сильное влияние на водопроницаемость, в первую очередь, степень разложения органических остатков, а также обладает такой особенностью, как анизотропия свойств, которая обусловлена слоистостью, образовавшейся в процессе формирования торфяных залежей.

Отличительной чертой торфов является их исключительно сильная сжимаемость под нагрузкой, значение которой в десятки и сотни раз выше, чем у обычных (минеральных) грунтов. При этом в торфах, как и в других грунтах, наблюдаются как остаточные, так и упругие деформации, причем остаточные имеют значительные величины. При снятии нагрузки происходит некоторое увеличение пористости уплотненного торфа, что обусловлено упругими свойствами структуры торфа и небольшим всасыванием воды. При нарушении первоначальной структуры торфа уплотняемость его увеличивается на 10-30 %.

Результаты исследований прочностных характеристик торфов свидетельствуют о значительных величинах сцепления и угла внутреннего трения при сравнительно высоких значениях влажности (200-1000 %). При дальнейшем росте влажности сцепление и угол внутреннего трения постепенно снижаются и падают до нуля при влажности около 1500 %. Например, при влажности 300 % угол внутреннего трения равняется 2430° а сцепление 0,03-0,05 МПа, а при влажности 1500 % всего 0-5° и 0,004-0,01 МПа. В целом торфяные грунты достаточно неоднородны по своему генезису, составу, строению и состоянию, что естественно влечет за собой очень широкий диапазон изменения их инженерно-геологических характеристик.

Торфы обладают огромной влажностью, значительной пористостью и, как следствие этого, очень сильной сжимаемостью. Неоднородность строения и состава торфяной залежи и сильная сжимаемость торфа могут привести к значительным неравномерным осадкам возводимых на них сооружений. Эти осадки обычно протекают в течение длительного периода времени. Кроме того, следует иметь в виду, что торфяным грунтам в отличие от минеральных свойствен еще один вид доуплотнения, происходящего под влиянием микробиологических процессов, протекающих в веществе торфа и сопровождающихся его минерализацией. С инженерно-геологической точки зрения при оценке площадки строительства сооружения следует в значительной мере опасаться наличия линз и прослоев торфа в толщах минеральных грунтов, что может привести к повышенной неоднородности и сильной сжимаемости всего основания в силу указанных выше причин. Инженерно-геологические изыскания на торфяных грунтах требуют особой тщательности.

Заторфованные грунты и торф сильно и неравномерно сжимаются, их деформации практически не стабилизируются. Торфы и торфяники могут залегать в верхнем слое и быть погребенными под толщей супесей и суглинков. Открыто залегающие торфы и торфяники очень сжимаемы, поэтому не могут быть основанием для возведения фундамента. При сравнительно большой толще верхнего надежного грунта, под которым расположен торф или другой «слабый» грунт иногда целесообразно использовать его в качестве распределительной подушки. В этом случае фундамент делают с минимальной глубиной заложения, снимая только растительный слой. А для распределения вертикальной сжимающей нагрузки на большую площадь «надежного» грунта основание печи ставят на железобетонную плиту, уменьшая тем самым интенсивность давления до величины, которую может воспринять слабый грунт.

1.7 Мерзлые и вечно-мерзлые грунты

Если грунт имеет минусовую или нулевую температуру, содержит в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед и характеризуется криогенными (гр. *kryos* — мороз, лед) структурными связями, то его называют мерзлым.

Грунт, находящийся в мерзлом состоянии в течение трех и более лет, называется многолетнемерзлым (вечномерзлым). Если грунт находится в мерзлом состоянии периодически, только в течении холодного сезона, — его называют сезонно-мерзлым.

В классе мерзлых различают четыре группы грунтов: скальные, полускальные, связные и ледяные. Скальные, полускальные и связные объединены в подгруппу мерзлых грунтов магматического (интрузивные и эффузивные), метаморфического и осадочного происхождения).

К классификационным показателям мерзлых грунтов относят льдистость, за счет видимых ледяных включений (отношение объема видимых ледяных включений, содержащихся в нем, объема мерзлого грунта), температурно-прочностные свойства, степень засоленности (характеристика, определяющая количество водорастворимых солей в почве, %), криогенную текстуру (совокупность признаков состава мерзлого грунта, обусловленная ориентировкой, относительным расположением и распределением различных по форме и размерам ледяных включений и льда-цемента).

Согласно ГОСТ 25100-2011 мерзлые грунты выделены в самостоятельный класс, при этом под мерзлыми грунтами понимают те из них, которые имеют отрицательную или нулевую температуру и содержат в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характерные криогенные структурные связи. В состав класса включены:

- 1) минеральные тела, подверженные воздействию отрицательных температур;
- 2) чистые льды, которые в строительстве автодорог и аэродромов нередко играют роль грунтов.

В первой половине XX в. в России сформировалась наука «мерзлотоведение». В настоящее время эта наука называется «геокриология», а мерзлые грунты именуют «криогенными грунтами».

Мерзлотоведение изучает состав и свойства грунтов, находящихся в мерзлом состоянии или подверженных воздействию отрицательных температур, а также типичные для них процессы и явления.

Климат на территории России весьма различается. В одних районах температуры всегда бывают положительными, а в других (кроме короткого

летнего времени) господствуют отрицательные температуры. Это напрямую сказывается на состоянии грунтов, которые могут находиться в талом, морозном и охлажденном, мерзлом состояниях (рис. 3).

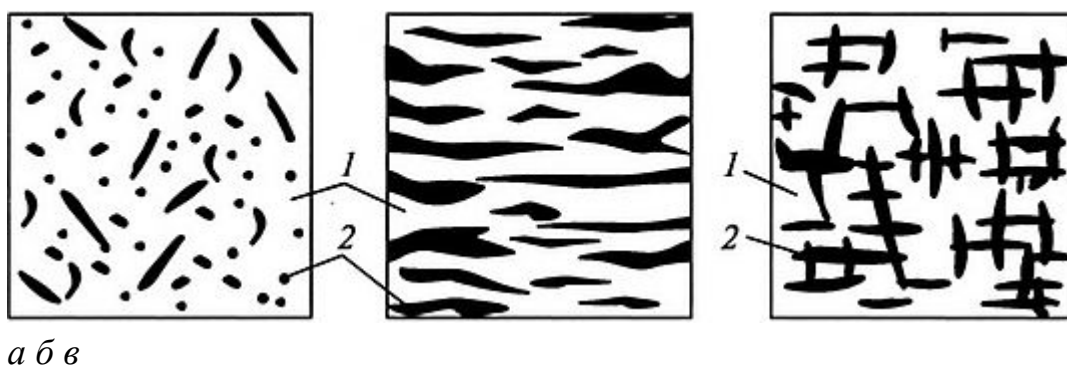


Рис. 3. Криогенные текстуры мерзлых грунтов: *а* — массивная; *б* — слоистая; *в* — сетчатая; 1 — минеральная часть; 2 — лед

В охлажденном состоянии могут находиться скальные и полускальные горные породы (магматические, метаморфические, осадочные породы в виде известняков, сцементированные породы). Солнечное тепло в летнее время до известной степени может нагревать эти породы, но их строительные свойства при этом практически остаются неизменными.

К охлажденным грунтам можно также относить те связные грунты, которые находятся под воздействием отрицательных температур (или даже при нулевой температуре), не имеют в порах льда, но могут содержать в них воду повышенной солености.

Наиболее существенно отрицательные температуры влияют на связные грунты (песчаные, глинистые, крупнообломочные, органоминеральные и др.), содержащие воду. В зависимости от времени воздействия отрицательных температур эти грунты могут быть в следующих состояниях:

- 1) *многолетнемерзлые* (вечномерзлые) — три года и более;
- 2) *сезонномерзлые* — от одного до двух сезонов;
- 3) *кратковременномерзлые* (практически талые) — от нескольких часов до трех суток.

Прочностные и деформационные свойства мерзлых грунтов отличаются от свойств других твердых минеральных тел и немерзлых (талых) грунтов. В мерзлых грунтах при внешних нагрузках возникают необратимые перестройки структур и текстур, что вызывает релаксацию напряжений и деформацию ползучести, т. е. происходит изменение прочностных и деформационных свойств во времени. Релаксация — это расслабление структур грунтов, а ползучесть — нарастание величин деформаций во времени. Так, например, в

мерзлых песках начало текучести при $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ отмечается при нагрузке 2 кг/см^2 , а в мерзлых глинах при $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ даже при нагрузке 1 кг/см^2 .

Лед как грунт. Поведение льда под нагрузкой определяется особенностями его внутреннего строения, т.е. зависит от характера молекул, которые его слагают. Температура природного льда обычно близка к температуре его плавления. Это обуславливает высокую деформативную способность льда, который способен течь подобно вязкой жидкости при любой приложенной к нему нагрузке. Лед — это идеально текучее твердое тело.

Понимание закономерностей деформирования льда, как и сильнотолдистость грунтов, зависят прежде всего от особенностей их внутреннего строения.

Процесс замерзания грунта заключается по существу в замерзании содержащейся в нём воды. Поэтому изменение свойств грунта при замерзании зависит в основном от количества содержащейся в нём воды и от характера заполнения пор.

Механическая прочность грунта при замерзании возрастает и зависит от его гранулометрического состава, влажности и температуры.

Пучение мерзлого грунта является следствием расширения замерзшей воды в его порах. Пучению подвергаются все водонасыщенные грунты. Наибольшее пучение (до 10 %) наблюдается у глин, суглинков и пылеватых грунтов. Основания из таких грунтов необходимо предохранять от промерзания, в противном случае, при оттаивании они дадут значительные осадки.

Пластические деформации мерзлого грунта возникают в результате уменьшения сцепления между отдельными его частицами за счет таяния замерзшей воды. Они возрастают с повышением температуры и достигают максимального значения при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда оттаявший грунт под воздействием собственного веса и других нагрузок доходит до текучести. Поэтому при наступлении оттепелей необходимо принимать меры против оползания откосов выемок и насыпей.

Теплопроводность мерзлого грунта больше, а теплоемкость меньше, чем талого. Эти свойства являются признаками быстрого промерзания и медленного оттаивания мерзлого грунта.

Электропроводность мерзлого грунта практически очень невелика. Это вызвано тем, что токопроводящая грунтовая вода при замерзании переходит в лед, близкий по своим свойствам к диэлектрику. Водопроницаемость мерзлого грунта в результате закупорки его пор льдом близка к нулю.

Глубина сезонного промерзания грунта зависит от его гранулометрического состава, влажности, средней температуры и длительности периода охлаждения, наличия снегового покрова и других факторов. Для предвари-

тельных расчетов глубина сезонного промерзания принимается по данным метеорологических станций.

Для мерзлых грунтов характерным является значительное увеличение трудоемкости их разработки вследствие повышенной механической прочности. Кроме того, мерзлое состояние грунта усложняет технологию, ограничивает применение некоторых типов землеройных (экскаваторов) и землеройно-транспортных (бульдозеров, скреперов, грейдеров) машин, уменьшает производительность транспортных средств, способствует быстрому износу деталей машин, особенно их рабочих органов. В то же время временные выемки в мерзлом грунте можно разрабатывать без откосов.

В зависимости от конкретных местных условий разработку грунта в зимних условиях осуществляют следующими методами:

1) предохранением грунта от промерзания и последующей разработкой обычными методами. Этот метод основан на искусственном создании на поверхности участка, намеченного к разработке в зимнее время, термоизоляционного покрова. Эту работу, следует производить до наступления устойчивых отрицательных температур, приняв заранее меры к отводу с отепляемого участка поверхностных вод;

2) разработкой грунта в мерзлом состоянии с предварительным рыхлением;

3) непосредственной разработкой мерзлого грунта;

4) оттаиванием грунта и его разработкой в талом состоянии.

Выбор того или иного способа зависит от вида и размеров земляного сооружения, рода грунта и его состояния, сроков производства работ, наличия соответствующих материально-технических ресурсов, местных условий. Окончательное решение о применении того или иного способа принимается на основании технико-экономического анализа. Из ряда намеченных вариантов выбирается наиболее экономичный.

2. Основные принципы, применяемые при строительстве на структурно-неустойчивых грунтах

В первую очередь при проектировании оснований и фундаментов зданий на просадочных грунтах учитывают возможность их умягчения и возникновения просадочных деформаций.

Надежность и нормальная эксплуатация зданий достигается применением комплекса мероприятий, включающего подготовку основания, водозащитные и конструктивные мероприятия.

В водозащитные и конструктивные мероприятия входят: компоновка генплана; планировка застраиваемых территорий; устройство под зданиями маловодопроницаемых экранов; качественная засыпка водонепроницаемых котлованов и траншей; устройство вокруг зданий водонепроницаемых отмо- сток; отвод аварийных вод за пределы зданий и в ливнесточную сеть.)

Конструктивные мероприятия объединяют в группы по составу и спо- собам осуществления традиционных, для строительства, в особых грунтовых условиях.

Для жестких зданий:

- эта разрезка зданий осадочными швами на отсеки
- устройство железобетонных поясов и армированных швов
- усиление фундаментно-подвальной части путем применения моно- литных или сборно-монолитных фундаментов

Для податливых и гибких зданий:

- мероприятия по дополнительному увеличению податливости (введе- ние гибких связей; повышение площади опирания)
- место, обеспечивающие нормальную эксплуатацию зданий при воз- можных, часто неравномерных просадках. Для этого применяют конструктив- ные решения, позволяющие в короткие сроки восстановить после неравно- мерных просадок нормальную эксплуатацию кранов, лифтов, оборудования, путем рихтовки подкрановых путей и направляющих лифтов, поднятия опор домкратом.

Улучшение строительных свойств просадочных грунтов достигается их уплотнением или закреплением, устройством грунтовых подушек.

Эффективным способом является уплотнение тяжелыми трамбовками. Но следует помнить, что удары тяжелых трамбровок создают колебания в грунтовом массиве и учитывать при уплотнении грунта внутри существую- щих зданий.

Устройство грунтовых подушек обеспечивает создание в основании фундаментов слоя непросадочного грунта.

Двухслойное уплотнение путем сочетания поверхностного уплотнения тяжелой трамбовкой и устройства по верху уплотненного слоя грунта грун- товой подушки

Могут устраиваться и фундаменты в вытрамбованных котлованах, фундаментов в виде пирамидальных свай и забивных блоков.

Применяются поверхностное уплотнение подводными взрывами.

Уплотнение предварительным замачиванием (на больших территориях вновь застраиваемых площадках)

Широко используют уплотнение оснований пробивкой скважин (грунтовые сваи) и глубинными взрывами

Для закрепления просадочных грунтов применяют методы односторонней силикатизации или термообжига.

Прорезка просадочных грунтов обычно осуществляется с помощью свайных фундаментов.

Целесообразно применение забивных и, особенно, конических и пирамидальных свай, а также набивных свай в пробитых или полученных путем уплотнения грунтов взрывами зарядов в скважинах.

Сваи должны полностью прорезать просадочную толщу и опираться на подстилающие грунты повышенной сложности и НС (плотные глинистые грунты, гравий, плотные пески).

Неполная прорезка просадочных грунтов сваями допускается лишь в тех случаях, если расчетные деформации не превышают допустимых величин.

Несущую способность свай в просадочных грунтах определяют, как правило, путем статических испытаний, возможно воспользоваться также и данными статического зондирования. В обоих случаях перед началом испытаний грунт замачивают до полного водонасыщения.

Необходимо выполнять *водозащитные мероприятия*:

- устраивают отмостки вокруг зданий шириной 2...3 м
- применяют водонепроницаемые экраны над всем сооружением из полимерных материалов, либо из асфальта
- заключают водопроводные и канализационные трубы в железобетонные лотки и т.п.

Необходимо выполнять *улучшение свойств оснований*:

- При небольших толщах набухающих грунтов применяют предварительное замачивание и строительство ведется как на водонасыщенных ненабухающих грунтах (материалом грунтовых подушек должна служить пылевато-глинистые набухающие грунты).

- Компенсирующие подушки применяются для уменьшения неравномерности подъема фундаментов (материал: любые, кроме пылевых, пески).

Принцип работы компенсирующей подушки состоит в следующем. Так как ширина песчанной подушки превышает ширину фундамента, при набухании грунта происходит выпирание песка между фундаментом и стенкой траншеи. Поэтому при подъеме дна такой траншеи песок вокруг фундамента поднимается, а сам фундамент остается практически неподвижным.

Прорезка набухающих грунтов свайными фундаментами и глубокими опорами эффективна, если толща набухающих грунтов не превышает 12 м.

Для избежания подъема, длина свай должна быть назначена таким образом, чтобы силы набухания, направленные вверх по боковой поверхности свай, были меньше, чем ... нагрузок от сооружения и силы сопротивления по боковой поверхности в нижней части свай, заглубленной в ненабухающие грунты. Для увеличения сил сопротивления в заделанной части свай можно применять винтовые сваи или сваи с улучшенной пятой.

К конструктивным мероприятиям относится увеличение жесткости здания путем разбивки их на отдельные отсеки крупнопанельных зданий осадочными швами на отсеки длиной менее 30м, армирование поясов, устраиваемых в нескольких уровнях по высоте.

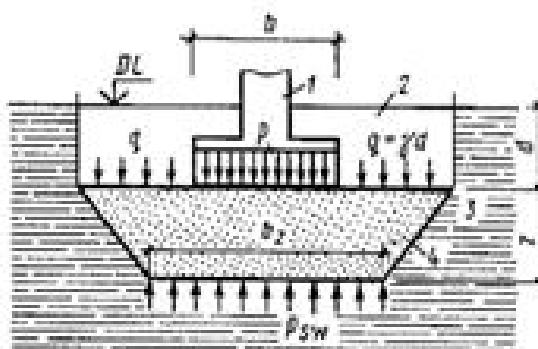


Рис. 15.13. Схема сил, действующих на компенсирующую подушку:

*1 – фундамент; 2 – обратная засыпка; 3 – набухающий грунт;
4 – ~~песчаная~~ компенсирующая подушка.*

Термины и определения

А.1 грунт (*ground, soil*): Горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Грунты могут служить: 1) материалом основания зданий и сооружений;
2) средой для размещения в них сооружений;
3) материалом самого сооружения;

А.2 грунт мерзлый (*frozen ground*): Грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характеризующийся криогенными структурными связями;

А.3 грунт многолетнемерзлый (*perennially frozen ground*), синоним - грунт вечномерзлый (*permafrost ground*): Грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет;

А.4 грунт сезонномерзлый (сезонноталый) (*seasonally frozen ground*): Грунт, находящийся в мерзлом или талом состоянии периодически в течение холодного или теплого сезона;

А.5 грунт твердомерзлый (*hard frozen ground*): Дисперсный грунт, прочно сцементированный льдом, характеризуемый относительно хрупким разрушением и практически несжимаемый под внешней нагрузкой;

А.6 грунт пластично-мерзлый (*plastic frozen ground*): Дисперсный грунт, сцементированный льдом, но обладающий вязкими свойствами и сжимаемостью под внешней нагрузкой;

А.7 грунт пучинистый (*frost-susceptible ground*): Дисперсный грунт, который при переходе из талого в мерзлое состояние увеличивается в объеме вследствие образования кристаллов льда и имеет относительную деформацию морозного пучения $\varepsilon_{fn} \geq 0,01$;

А.8 лед (синоним - грунт ледяной) (*ice*): Природное образование, состоящее из кристаллов льда с возможными примесями обломочного материала и органического вещества не более 10 % (по объему), характеризующееся криогенными структурными связями;

А.9 слой сезонного оттаивания (*seasonal thawing layer*): Поверхностный слой грунта, оттаивающий летом;

А.10 температура начала замерзания (оттаивания) (*freezing (thawing) temperature*): Температура, при которой в порах грунта появляется (исчезает) лед;

А.11 морозное пучение грунтов (frost heaving ground): Процесс увеличения объема и деформирования дисперсных грунтов при промерзании;

А.12 термокарст (thermokarst): Образование просадочных и провальных форм рельефа и подземных пустот вследствие вытаивания подземного льда или оттаивания мерзлого грунта;

А.13 термоэрозия (thermoerosion): Разрушение и вынос оттаивающих и мерзлых дисперсных грунтов и льдов в результате теплового и механического воздействия водных потоков;

А.14 солифлюкция (solifluction): Смещение (течение, оползание, соскальзывание, сплывы, оплывины) оттаивающего переувлажненного тонкодисперсного грунта на склонах в теплое время суток года, обусловленное сезонным промерзанием и оттаиванием.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие типы грунтов относятся к структурно-неустойчивым?
2. Почему структурно-неустойчивые грунты часто называют региональными?
3. Какие виды грунтов по литологическому составу и текстурным признакам относятся к группе слабых водонасыщенных грунтов?
4. Что оказывает значительное влияние на способность грунтов набухать?
5. Какой процесс происходит при понижении влажности у набухающих грунтов?
6. Какими показателя характеризуется набухание грунта?
7. Какой процесс называется просадкой?
8. Назовите внешние признаки, отличающие макропористые лессовые грунты?
9. Какие грунты относятся к засоленным?
10. От чего зависит глубина сезонного промерзания?
11. Какими мероприятиями производится улучшение свойств оснований?
12. Какие необходимо выполнять водозащитные мероприятия для надежности строительства?