



**ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ И МЕХАНИКИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД



**Кафедра Строительное производство и геотехника
ассистент Татьянников Даниил Андреевич**

Ауд. 016/208

Тел. 2198-377

e-mail: tatiannikovda@gmail.com

ФОРМА КОНТРОЛЯ

Итоговый контроль освоения дисциплины – зачет

Допуск к зачету:

- Доклад.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Мультимедийные лекции
- Учебные пособия:

1 Основная литература

1. А.В. Мащенко, А.Б. Пономарев, С.Е. Сычкина. Специальные методы механики грунтов и механики скальных пород: учеб. пособие / А.В. Мащенко, А.Б. Пономарев, С.Е. Сычкина. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. 176 с.
2. Офрихтер В.Г. Геосинтетические материалы в строительстве: учебное пособие. Пермь: ПГТУ, 2006.
3. Пономарев А.Б. Реконструкция подземного пространства: учебное пособие. М. 2006.

ГЕОТЕХНИКА

Обобщенное название специальной дисциплины, включающую в себя научные исследования, изыскания, проектирование и ведение специальных строительного-монтажных работ в грунтах, при возведении фундаментов и заглубленных сооружений

СТРОИТЕЛЬСТВО НА СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ

- Структурно-неустойчивые грунты – это такие грунты, которые обладают способностью изменять свои структурные свойства под влиянием внешних воздействий с развитием значительных осадок, протекающих, как правило, с большой скоростью.

1. Мерзлые и вечномерзлые грунты
2. Лессовые грунты
3. Торф и заторфованные грунты
4. Закарстованные грунты
5. Насыпные грунты
6. Слабые водонасыщенные глинистые грунты
7. Набухающие грунты



МЕРЗЛЫЕ И ВЕЧНОМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ



МЕРЗЛЫЕ И ВЕЧНОМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ

□ Твердые минеральные
частицы

□ Вязко-пластичные
включения люда

□ Жидкая (незамерзшая и
прочносвязанная) вода

□ Газообразные включения
(пары и газы)



ОСОБЕННОСТИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ



ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

□ Инженерно-геокрилогические изыскания



ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

- Задачи инженерно-геокриологических изысканий:
 1. Общая инженерно-геокриологическая съемка района строительства с определением верхней и нижней границы вечномерзлой толщи, а так же изучений криогенных процессов, наблюдаемых в изучаемом районе.
 2. Инженерная оценка напластований грунтов на всю глубину активной зоны сжатия грунтов под фундаментами зданий и сооружений с определением показателей физико-механических свойств грунтов.
 3. Получение данных для прогноза общей и локальной температурной устойчивости толщи вечномерзлых грунтов в рассматриваемом районе.



ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

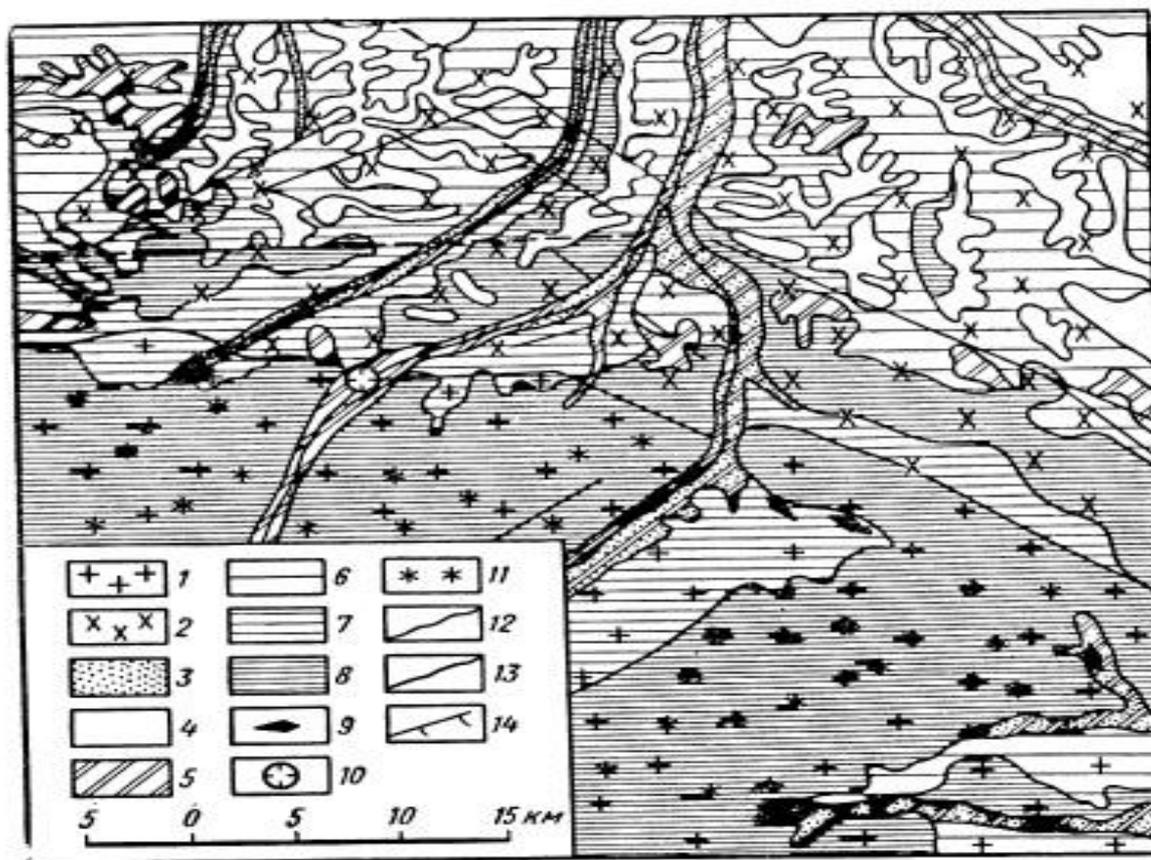


Рис. 123. Геокриологическая карта одного из районов распространения вечномерзлых пород (по К. А. Кондратьевой):

1 — кристаллические сланцы и гнейсы архейского возраста со льдом по трещинам до 100 м; 2 — то же, песчаники и алевролиты юрского возраста; 3 — аллювиальные песчано-глинистые грунты, сцементированные льдом; 4 — породы талые; 5 — вечномерзлые островные мощностью до 50 м при $\theta_{\text{ср}} \leq -1^\circ \text{C}$; 6 — вечномерзлые мощностью до 100 м при $\theta_{\text{ср}} =$ до -1°C ; 7 — то же, мощностью до 100—200 м при $\theta_{\text{ср}} =$ от -1 до -2°C ; 8 — то же, мощностью >200 м при $\theta_{\text{ср}} = -2^\circ \text{C}$; 9 — наледи; 10 — термокарст; 11 — гольцевый лед; 12 — граница вечномерзлых пород; 13 — границы геологических формаций; 14 — зоны тектонических нарушений

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Результатом инженерно-геокриологических исследований является определение:

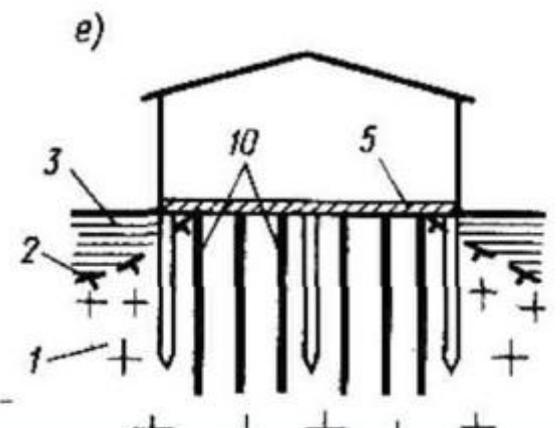
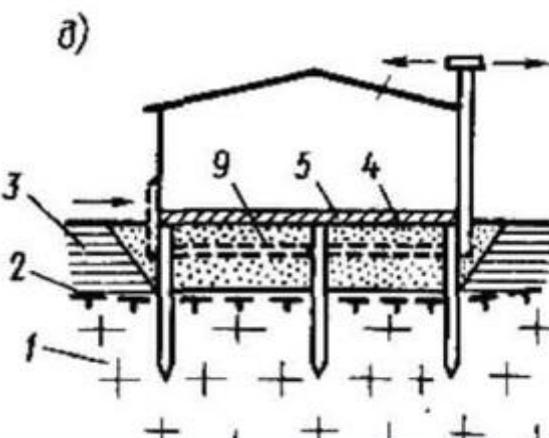
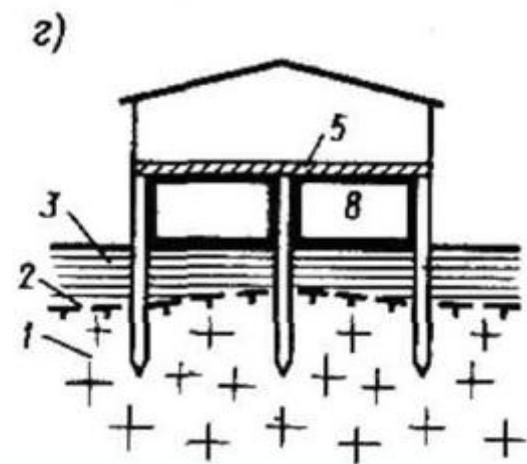
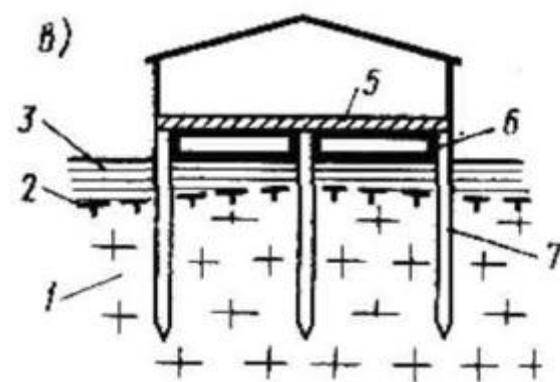
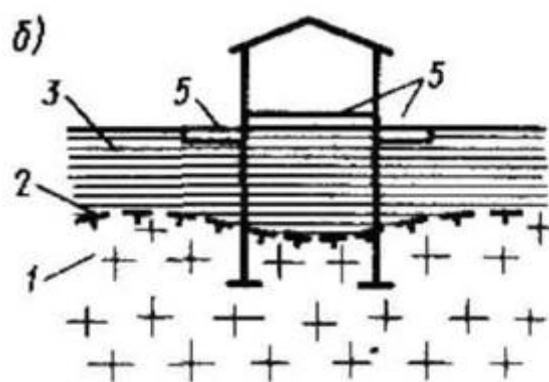
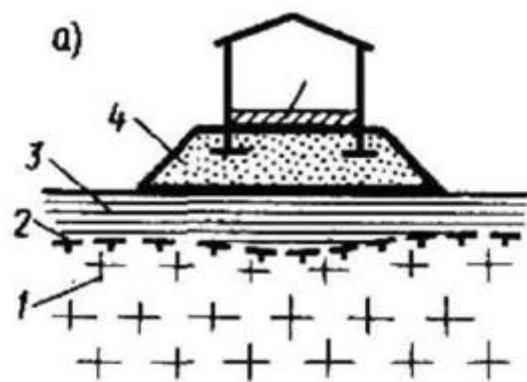
- Классификационных показателей (объемный вес, влажность, удельный вес, количество незамерзшей воды)
- Тепловых свойств ниже глубины заложения фундаментов (коэффициент теплопроводности, температура грунтов до глубины 10 м, объемная теплопроводность)
- Механических показателей (предел длительной прочности при сжатии, параметры длительного сопротивления сдвигу и устойчивых сил смерзания, коэффициент оттаивания, уплотнения при оттаивании, параметров сопротивления сдвигу в оттаявшем состоянии)



ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

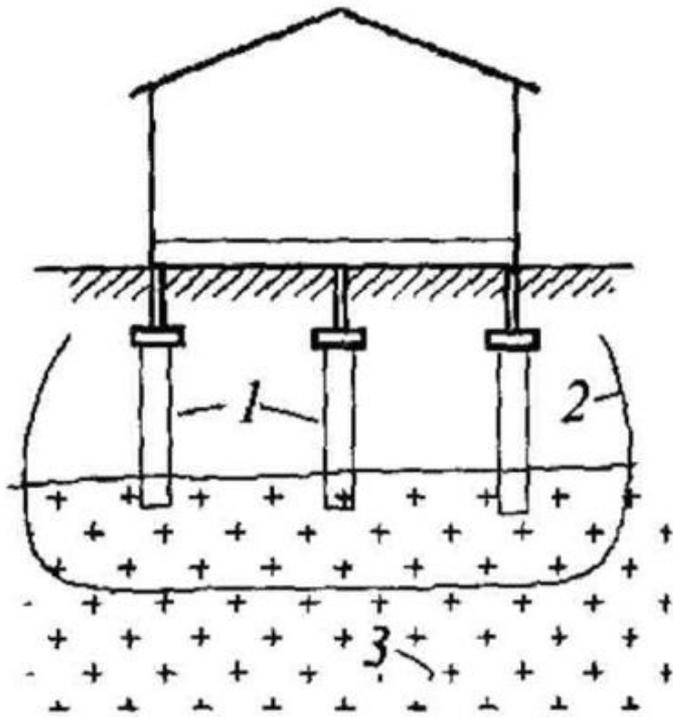
- Принцип 1. Вечномерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течении всего периода эксплуатации сооружения.
- Принцип 2. Вечномерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии в период эксплуатации сооружения. Опираение фундаментов происходит на полускальные или другие малосжимаемые грунты.



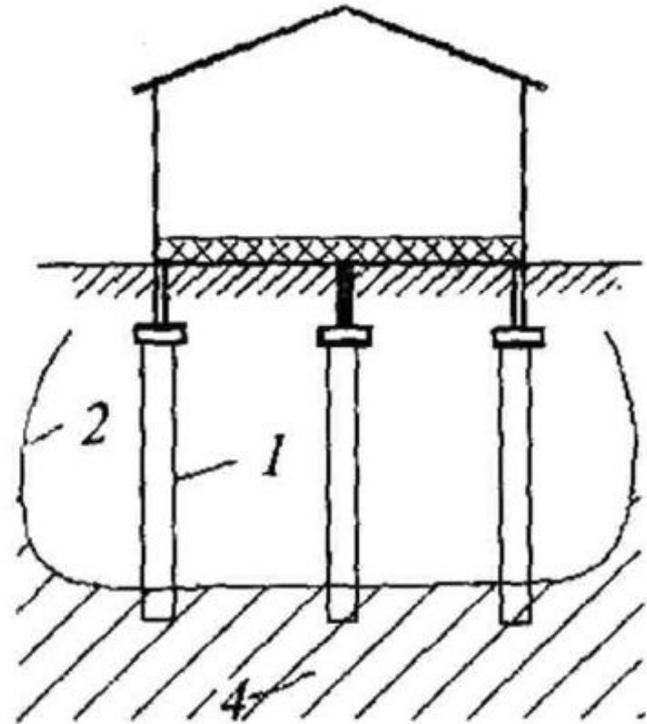


а) фундамент на подсыпках; б) использование теплоизоляции грунта;
в) устройство вентилируемого подполья; г) использование
неотапливаемых помещений; д) воздушное охлаждение;
е) промораживающие колонки

a



б



Опираие зданий на несжимаемые грунты

ЛЕССОВЫЕ ГРУНТЫ



ОСОБЕННОСТИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

- Палевый цвет
- Большая пористость
- Мучнистость на ощупь
- Слабая цементация
- Различное поведение под нагрузкой при разном увлажнении



ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ



□ Полевые испытания лессовых грунтов



СТАТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Согласно «Рекомендаций по определению относительной просадочности лессовых грунтов статическим зондированием», разработанных НИИ оснований и подземных сооружений (М, ПЭМ ЦИНИС Госстроя СССР, 1974).



□ Полевые испытания лессовых грунтов

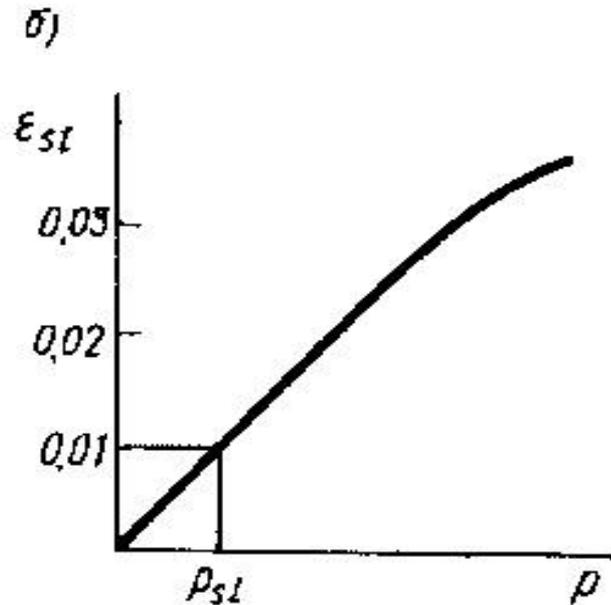


МЕТОД ИСПЫТАНИЙ ГРУНТА ШТАМППОМ

Выполняются согласно ГОСТ 20276-85 «ГРУНТЫ Методы полевого определения характеристик деформируемости».



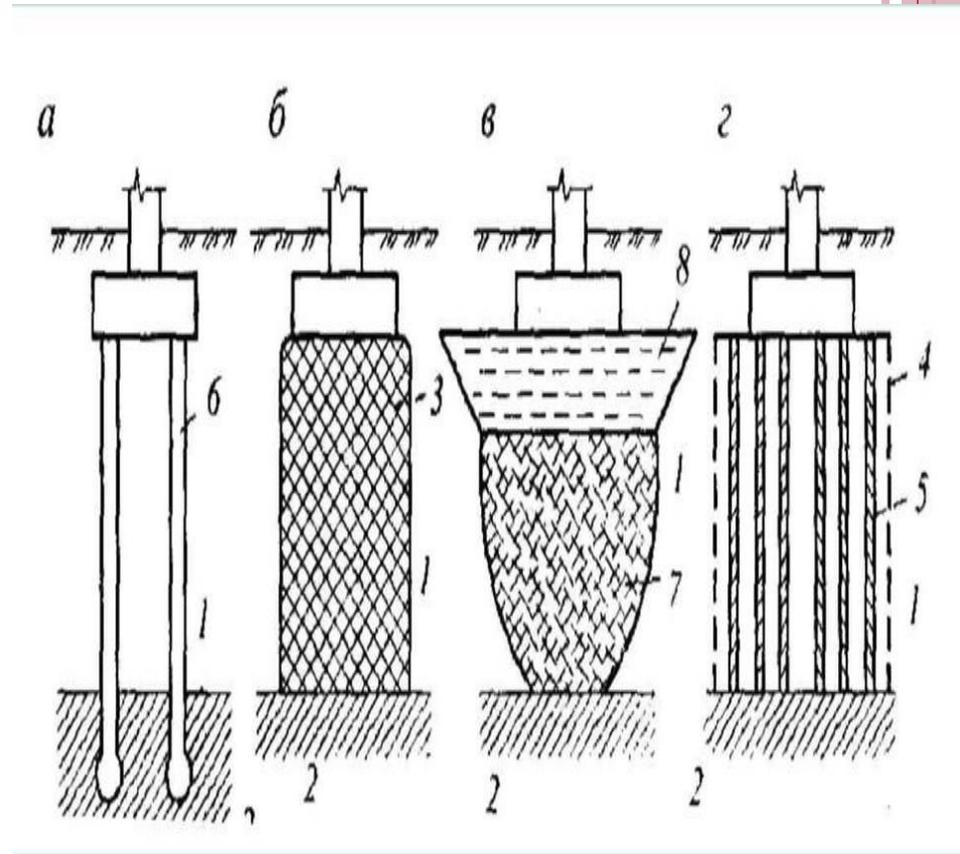
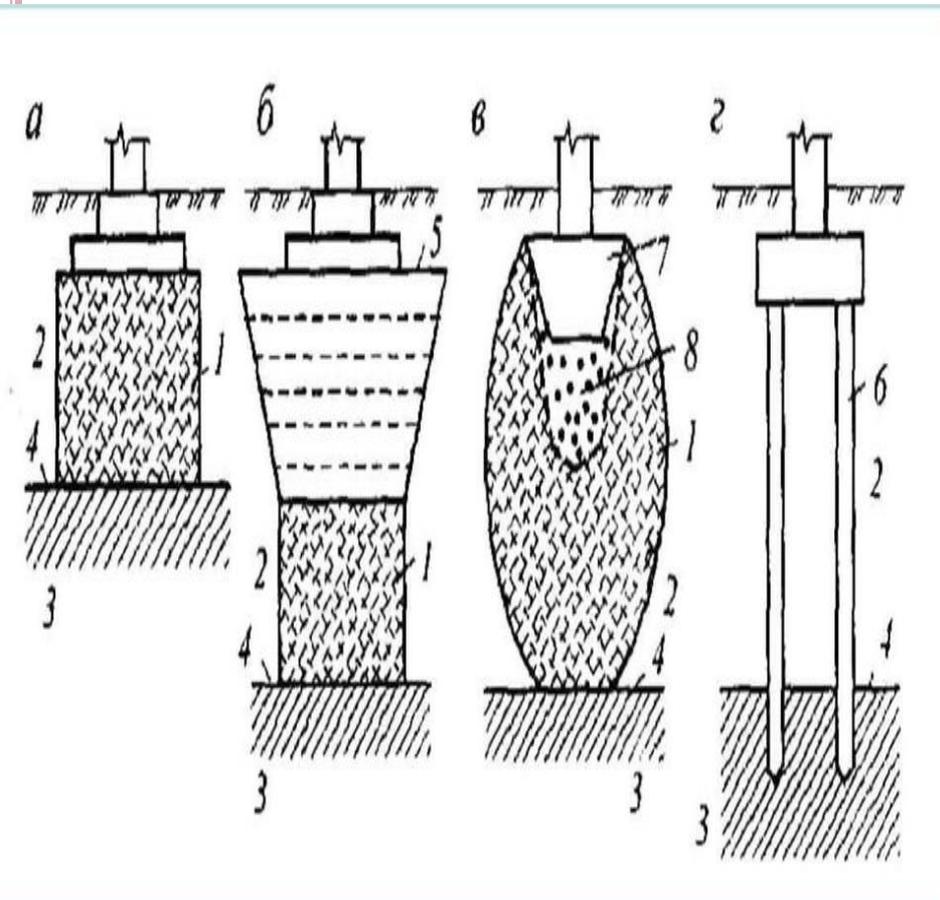
КРИТЕРИЙ ПРОСАДОЧНОСТИ



- $\epsilon_{pr} = A_0 + m_{vo} p$
- A_0 - начальный параметр прямолинейного участка (коэффициент просадки)
- m_{vo} - коэффициент относительной сжимаемости
- P – действующая нагрузка
- Если $\epsilon_{pr} > 0.02$ грунт считается просадочным



СПОСОБЫ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ



ТОРФ И ЗАТОРФОВАННЫЕ ГРУНТЫ



ОСОБЕННОСТИ ТОРФА

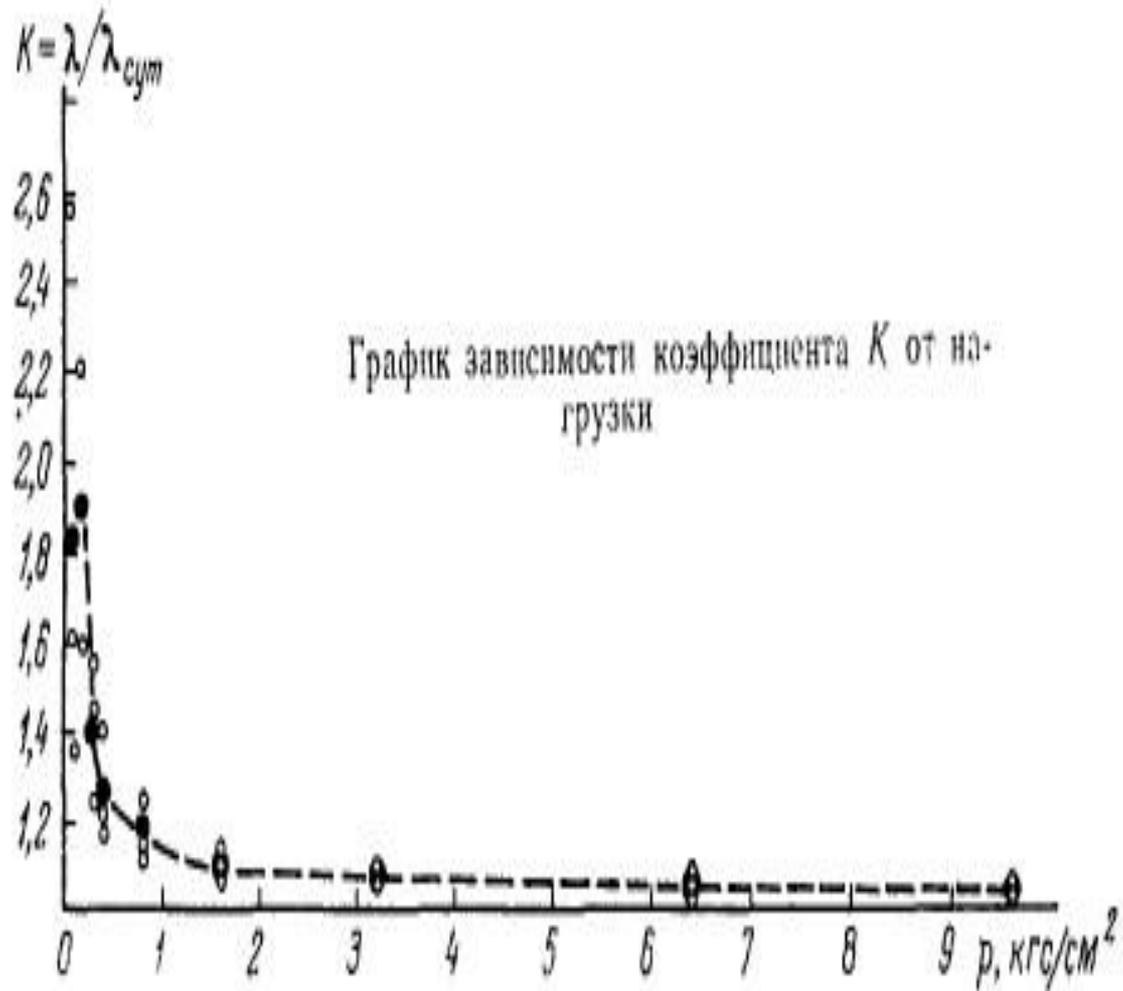
- Влажность в 20-60 больше влажности минеральных грунтов
- Объемная масса меньше в 2 раза
- Удельный вес – небольшой и устойчивый по величине
- Коэффициент пористости в 15-40 раз больше, чем у минеральных грунтов
- Модуль деформации в сотни раз меньше, чем у минеральных грунтов
- Коэффициент фильтрации примерно соответствует водопроницаемости мелких и пылеватых песков
- Сопротивление сдвигу колеблется в незначительных пределах



СЖИМАЕМОСТЬ ТОРФА

- $e = e_k + A e_n^{Bp}$
- e_k – коэффициент пористости, соответствующий максимальной величине нагрузки
- e_n – основание натуральных логарифмов
- A, B – константы уравнения
- P – нагрузка





СЖИМАЕМОСТЬ ГОРФА

$$K = \lambda / \lambda_{\text{сyt}}$$

Тогда, используя обычную зависимость для построения компрессионной кривой, получим

$$e_i = e_0 - K \lambda_{\text{сyt}} (1 + e_0)$$

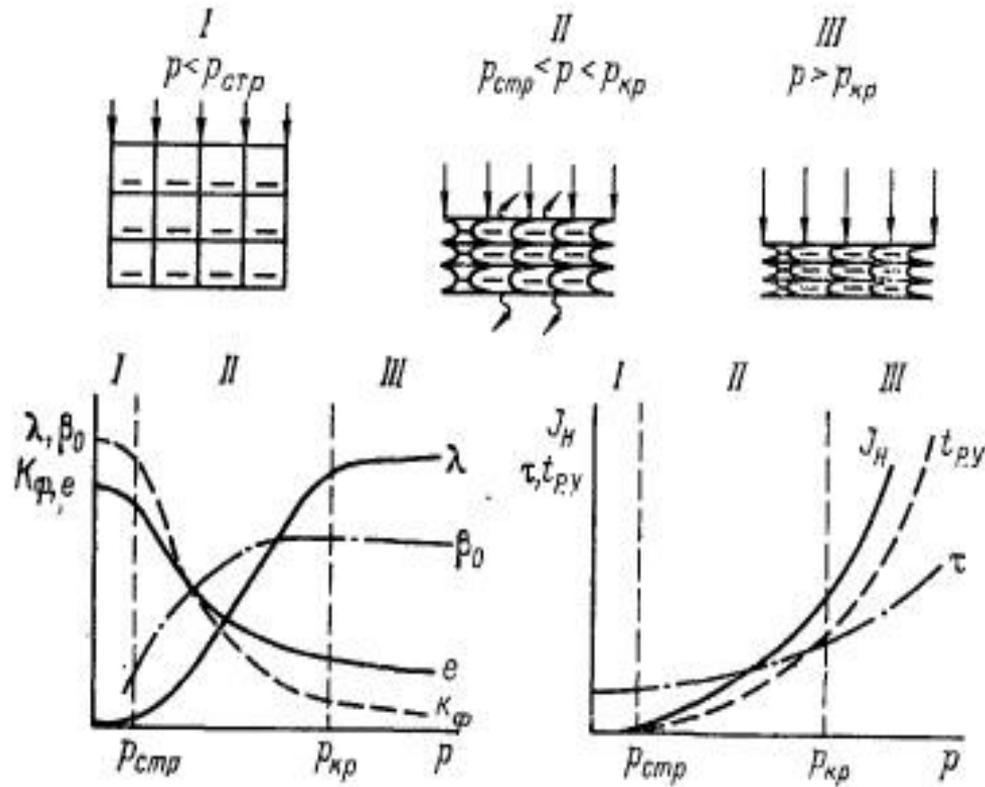


ПРОЦЕСС УПЛОТНЕНИЯ ТОРФА

1 фаза $P < P_{стр}$

2 фаза $P_{стр} < P < P_{кр}$

3 фаза $P > P_{кр}$

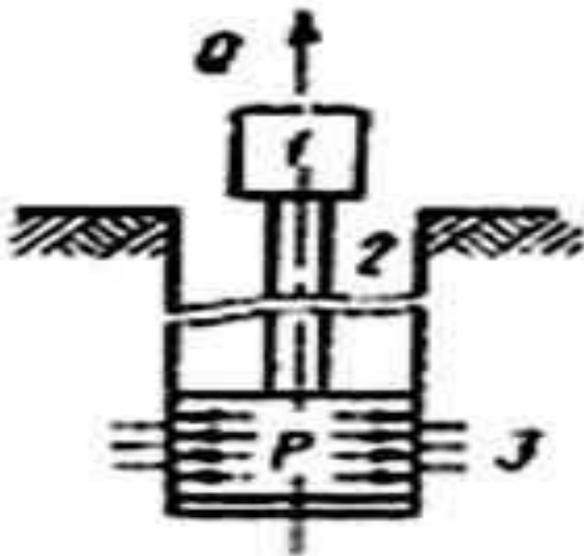
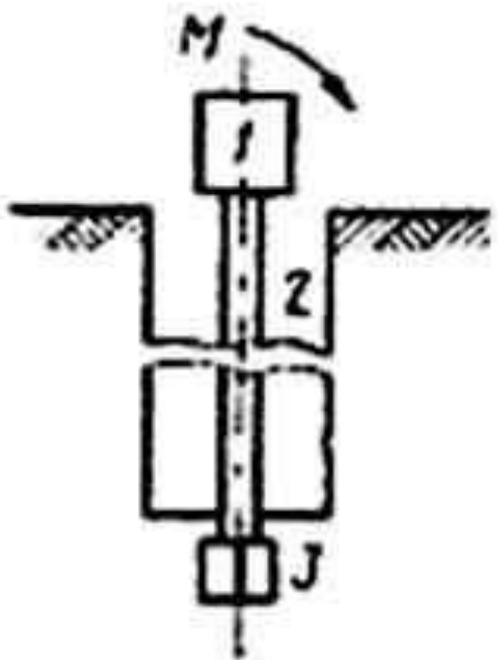


Изменение свойств торфа в трех фазах напряженного состояния

λ — относительная деформация; β_0 — коэффициент начального порового давления; e — коэффициент пористости; K_ϕ — коэффициент фильтрации; J_n — начальный градиент; τ — сопротивление сдвигу;

$t_{p.u}$ — время условного рассеивания порового давления





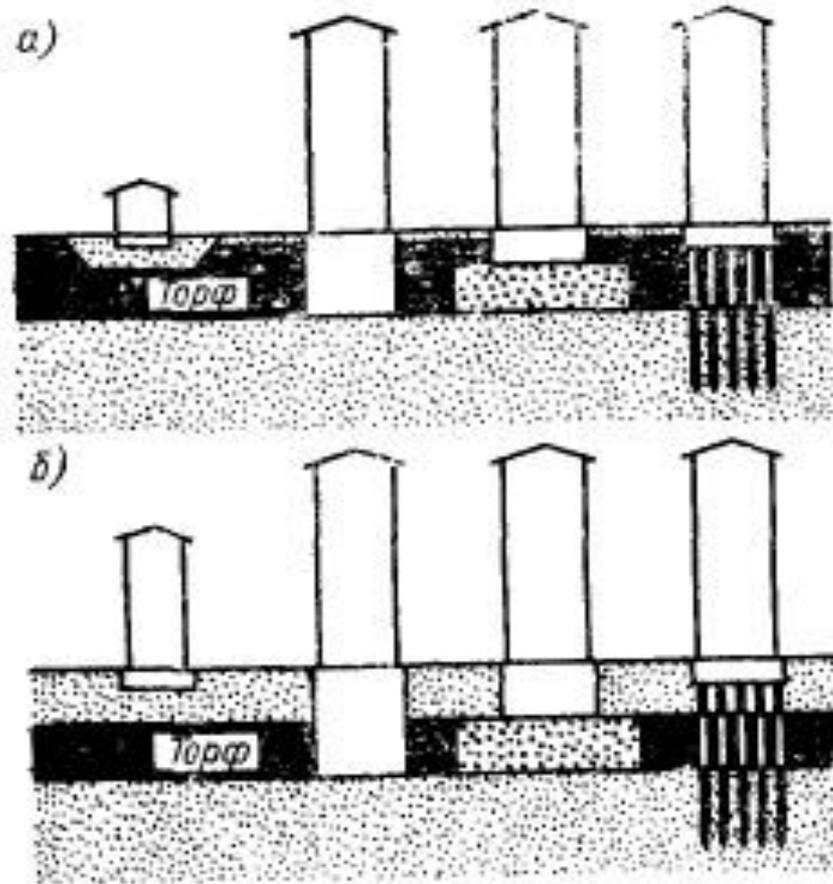
ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТОРФА

Статическое зондирование

Вращательный поступательный и срез

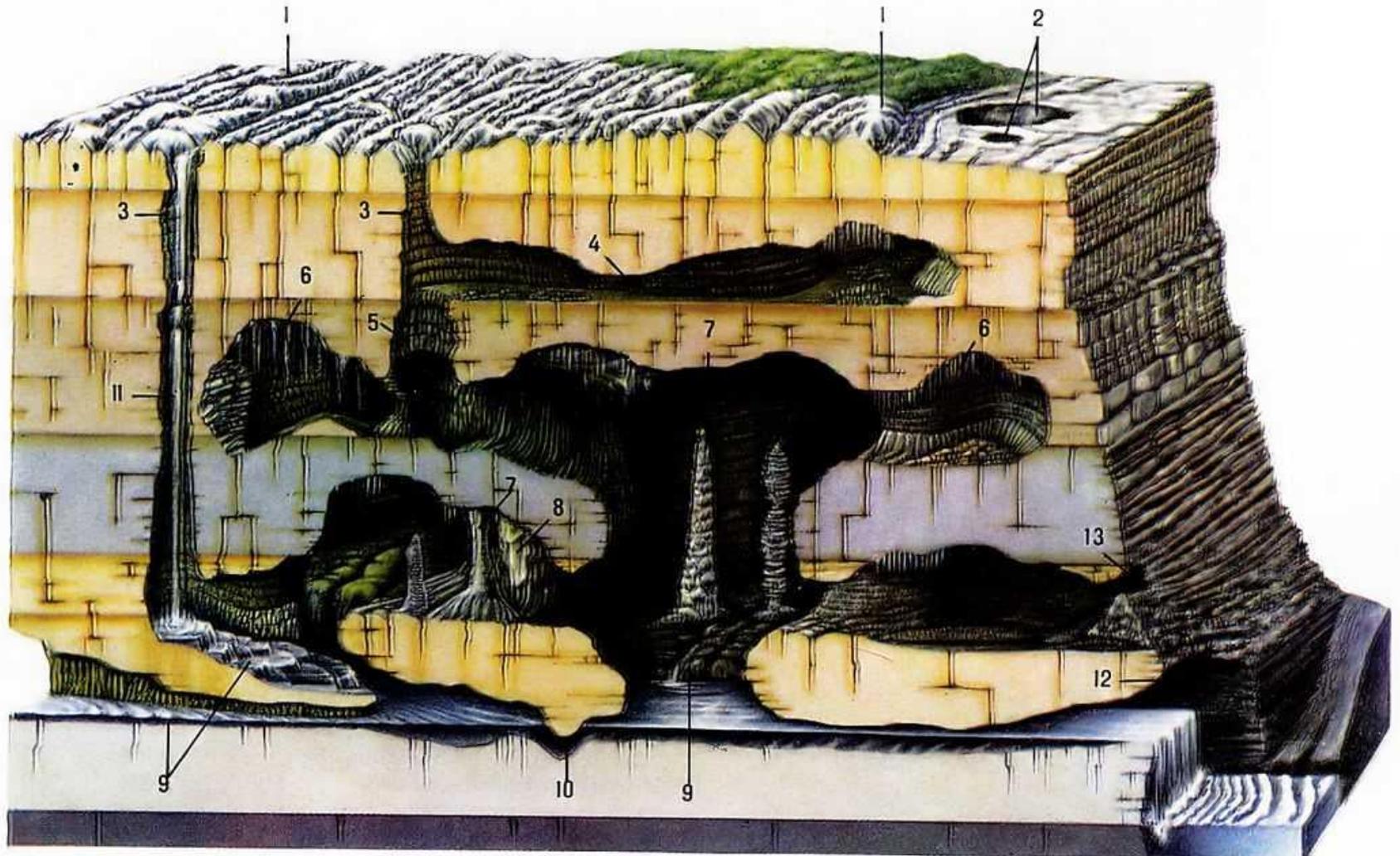


ТИПЫ ОСНОВАНИЙ



Типы оснований и фундаментов сооружений
а — торф открытый; б — торф погребенный

ЗАКАРСТОВАННЫЕ ГРУНТЫ



ТИПЫ КАРСТА

- – карбонатный карст
- – сульфатный карст
- – соляной карст

Основные типы карстовых деформаций земной поверхности:

- – провалы (возникают обычно внезапно)
- – оседание земной поверхности (локального характера или по площади различного размера)



МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ КАРСТА



ИССЛЕДОВАНИЕ КАРСТА



Тип мероприятий	Вид мероприятий
Статические схемы несущих конструкций сооружений	Выбор рациональной конструктивной схемы Изменение статической схемы конструкций сооружений Сокращение числа температурных и деформационных швов до минимума (при карстовых провалах, воронках) Разрезка на укороченные отсеки (при мульде оседания)
Увеличение жесткости и прочности несущих конструкций зданий и сооружений (усиление)	Ввод дополнительных связей в каркасные конструкции Горизонтальные армированные пояса, тяжи Усиление несущих элементов конструкций армированными обоймами, рубашками
Податливая конструктивная схема сооружений	Устройство дополнительных шарнирных связей в каркасных конструкциях Податливые соединения крупноразмерных элементов сооружений

Конструкции
фундаментов
зданий и
сооружений

Монолитное или сборно-монолитное решение железобетонных фундаментов (ленты, перекрестные ленты, коробчатые фундаменты, плиты)

Увеличение площади опирания фундаментов с целью уменьшения контактного давления на основание

Развитие фундаментов за пределы периметра сооружения (консольные и П-образные выступы)

Фундаменты с горизонтальными связями

Фундаменты с подпругами

Конструкции фундаментов, исключающие возможность развития провальных образований в воронки

Кусты висячих свай с резервным их числом; ростверк, обеспечивающий выпадение свай при провале

Сваи-стойки при прорезке карстующихся пород

Глубокие опоры при прорезке карстующихся пород

Поддомкрачивание с целью выправления сооружений

Наклонные буроинъекционные сваи с целью связывания толщ грунтов основания сооружений

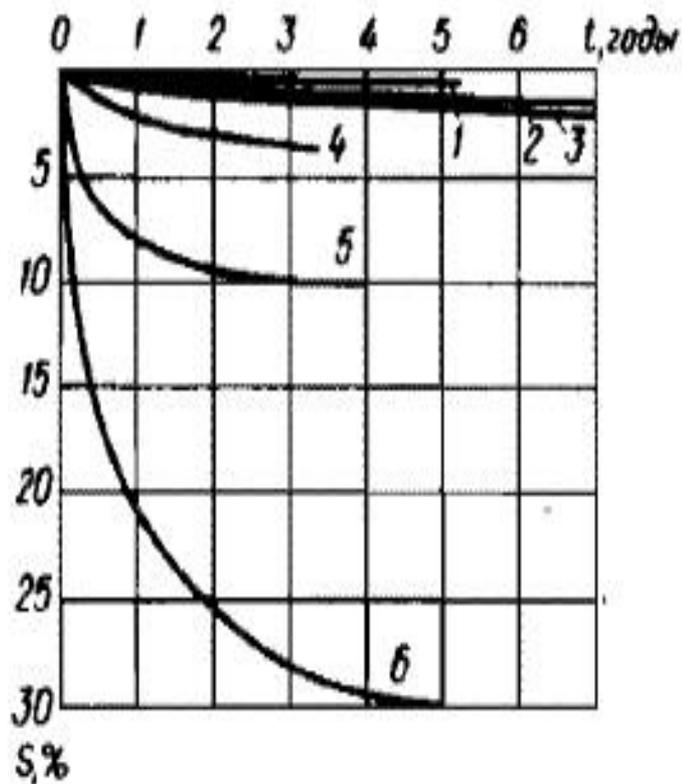
НАСЫПНЫЕ ГРУНТЫ



САМОУПЛОТНЕНИЕ НАСЫПНЫХ ГРУНТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОБСТВЕННОГО ВЕСА

Осадки насыпи от собственного веса

- 1 – хорошо уплотненный крупный песок; 2 – неуплотненная горная масса; 3 – уплотненная глина; 4 – неуплотненный песок; 5 – неуплотненная глина; 6 – бытовые отбросы



ГРУНТОВ

Статическое и динамическое зондирование

Испытание штампами

Испытание свай

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ НАСЫПНЫХ

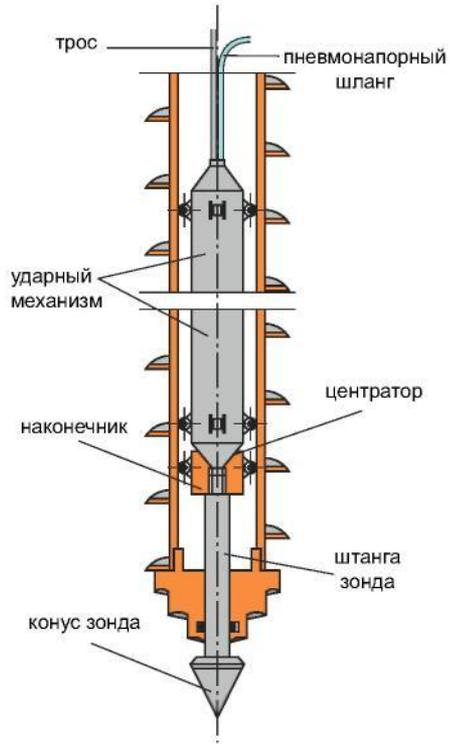
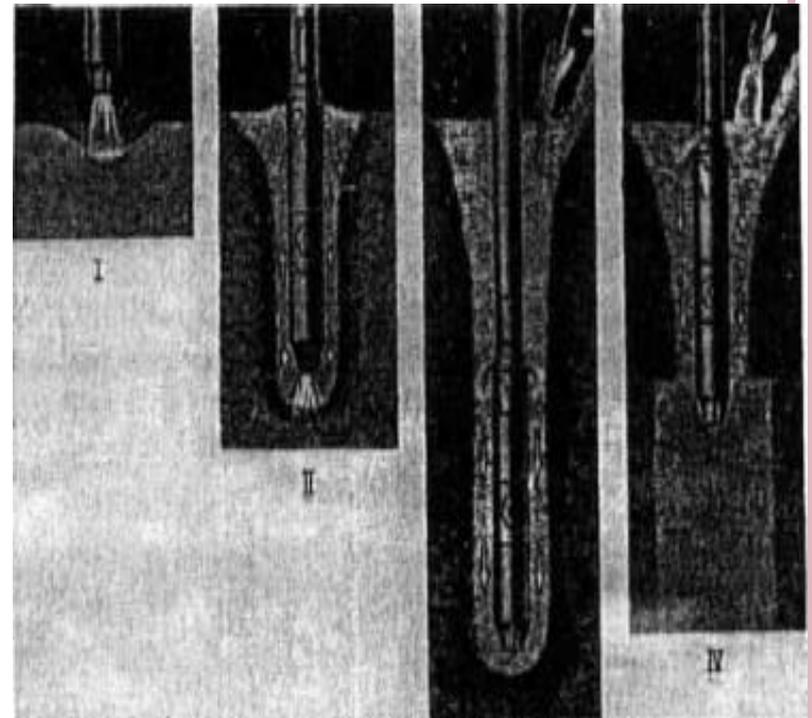


Рис. 2. Зонд динамического зондирования



МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА НА НАСЫПНЫХ ГРУНТАХ: ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЙ, УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ.



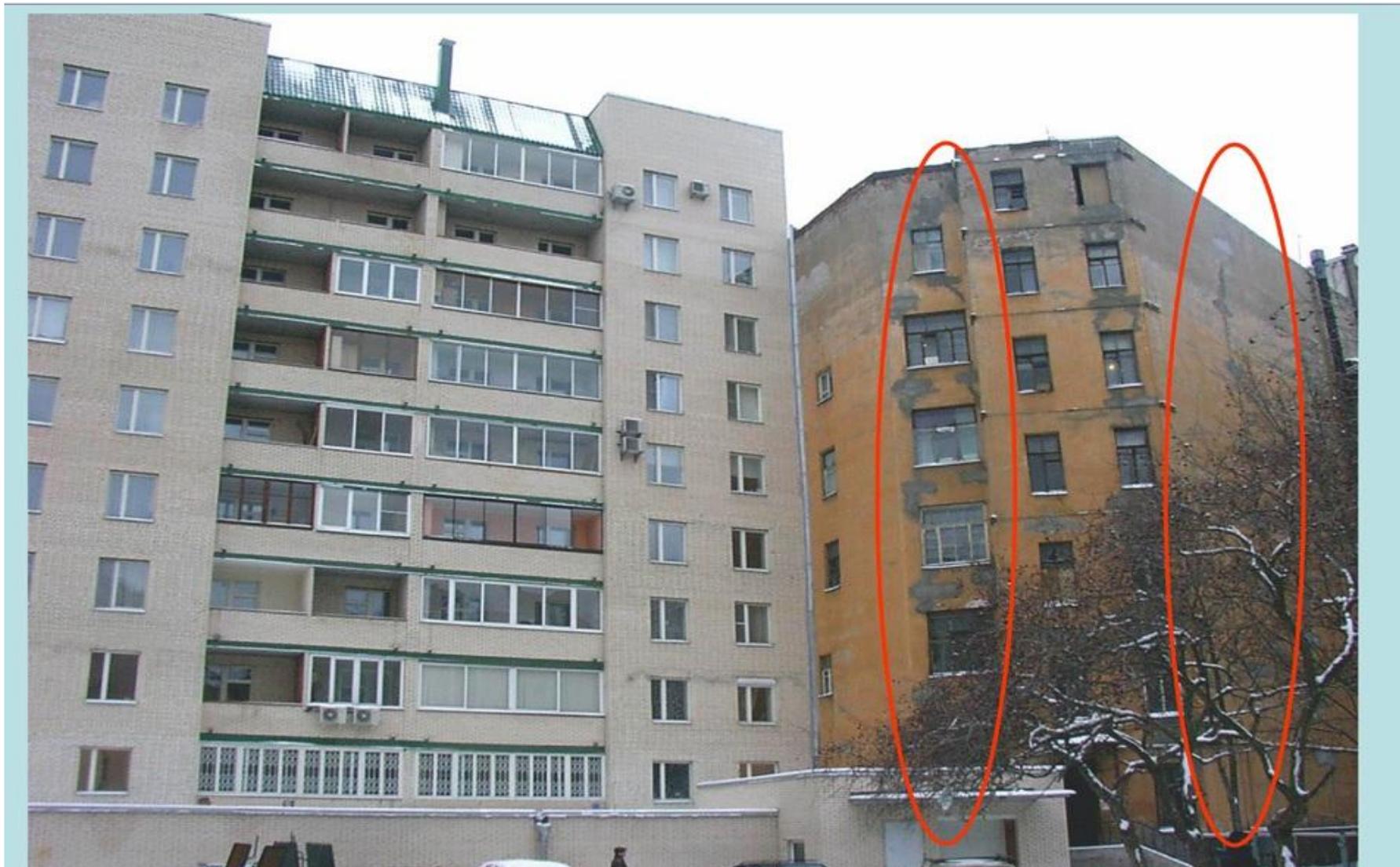
СЛАБЫЕ ВОДОНАСЫЩЕННЫЕ ГЛИНИСТЫЕ ГРУНТЫ



ОСОБЕННОСТИ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ

- Нелинейность деформирования
- Значение коэффициентов фильтрации в вертикальном и горизонтальном направлениях отличаются до 10 раз
- Цикличность приложения нагрузок изменяет прочностные и деформационные свойства грунтов оснований во времени
- Ползучесть





МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА НА СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

- Фильтрующая пригрузка.
- Песчаные подушки.
- Известковые сваи.
- Электрохимическая обработка.
- Свайные фундаменты.
- Метод интенсивного ударного уплотнения.



НАБУХАЮЩИЕ ГРУНТЫ



ОСОБЕННОСТИ НАБУХАЮЩИХ ГРУНТОВ

- Большое содержание глинистых частиц
- Высокое значение влажности на границе текучести
- Природная влажность менее влажности на границе раскатывания



ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

- набухания этих грунтов за счет подъема уровня подземных вод или инфильтрации – увлажнения грунтов производственными или поверхностными водами;
- набухания за счет накопления влаги под сооружениями в ограниченной по глубине зоне вследствие нарушения природных условий испарения при застройке и асфальтировании территории (экранирование поверхности);
- набухания и усадки грунта в верхней части зоны аэрации – за счет изменения водно-теплового режима (сезонных климатических факторов);
- усадки за счет высыхания от воздействия тепловых источников.



МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСНОВАНИЙ

- водозащитные мероприятия;
- предварительное замачивание основания в пределах всей или части толщи набухающих грунтов;
- применение компенсирующих песчаных подушек;
- полная или частичная замена слоя набухающего грунта ненабухающим;
- полная или частичная прорезка фундаментами слоя набухающего грунта



ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УВЕЛИЧЕНИЯ ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Классификация методов увеличения физико-механических свойств грунтов

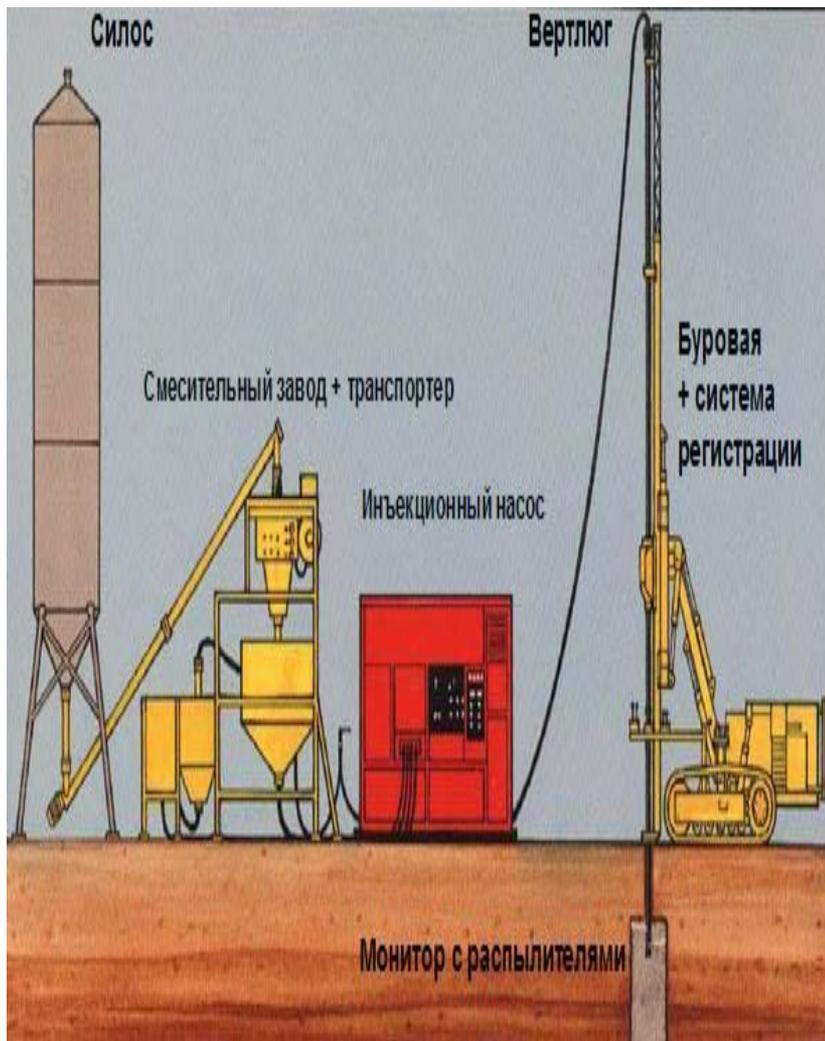
Для повышения несущей способности грунтовых оснований применяют следующие способы искусственного закрепления грунтов:

1. Цементацию и битумизацию
2. Химический
3. Термический
4. Электрический
5. Электрохимический
6. Механический и др.

ЦЕМЕНТАЦИЯ

- Цементация — это процесс нагнетания в грунт жидкого цементного раствора или цементного молока по ранее забитым полым сваям. Когда процесс нагнетания заканчивается, сваи вынимают. Цементация подходит только для уплотнения крупных и средних песков.

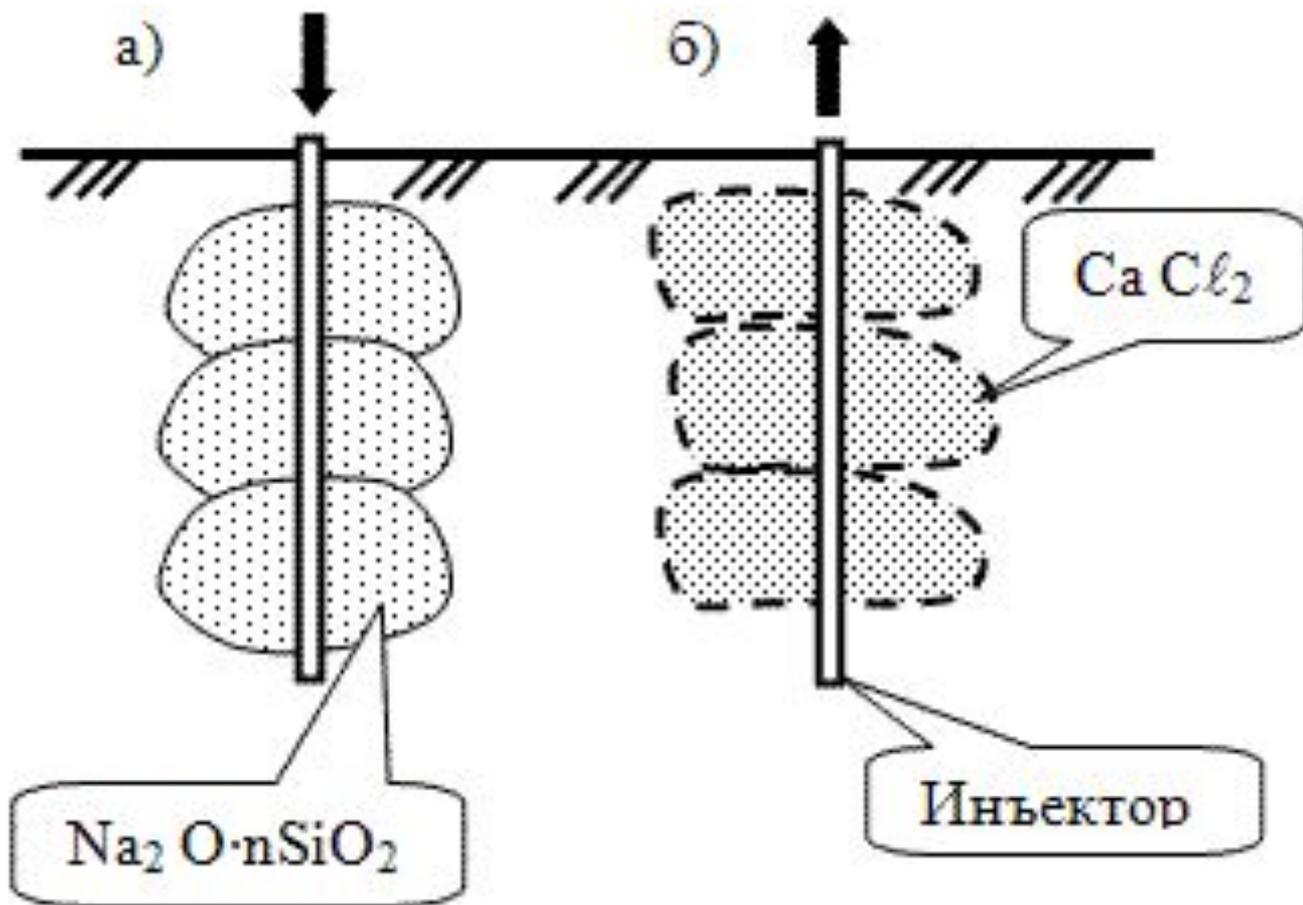




ХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ

- Химическим способом (силикатизацией) закрепляют песчаные и лёссовые грунты, нагнетая в них химические растворы.
- Силикатизация производится тем же способом, что и цементация грунта. Для того, чтобы закрепить песок, по трубам нагнетают раствор жидкого стекла и хлористого кальция. При закреплении пылеватых песков используют раствор жидкого стекла, смешанный с раствором фосфорной кислоты, а при закреплении лёссовых грунтов применяют только раствор жидкого стекла. После завершения нагнетания таких растворов грунты каменеют.

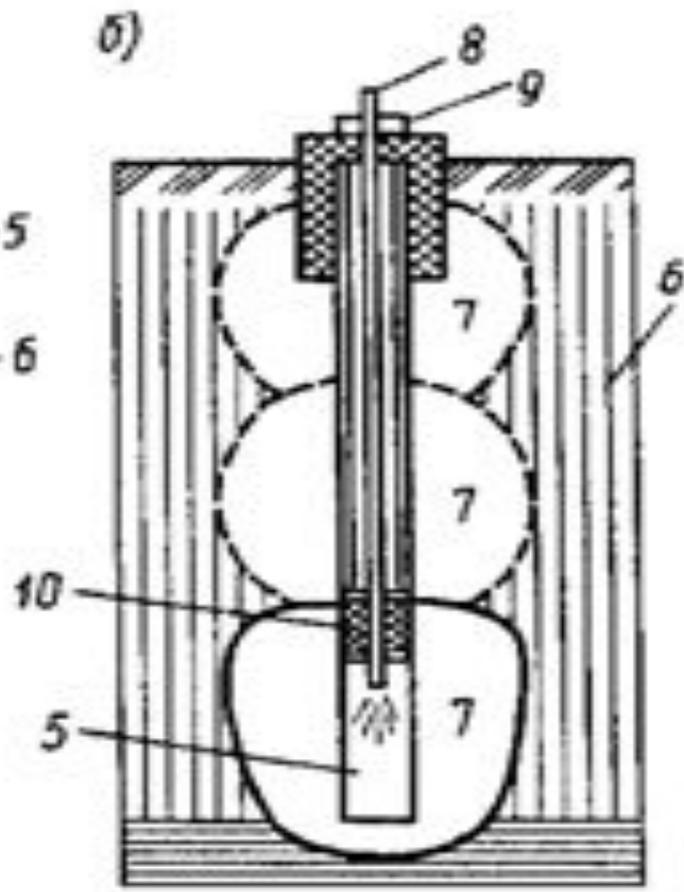
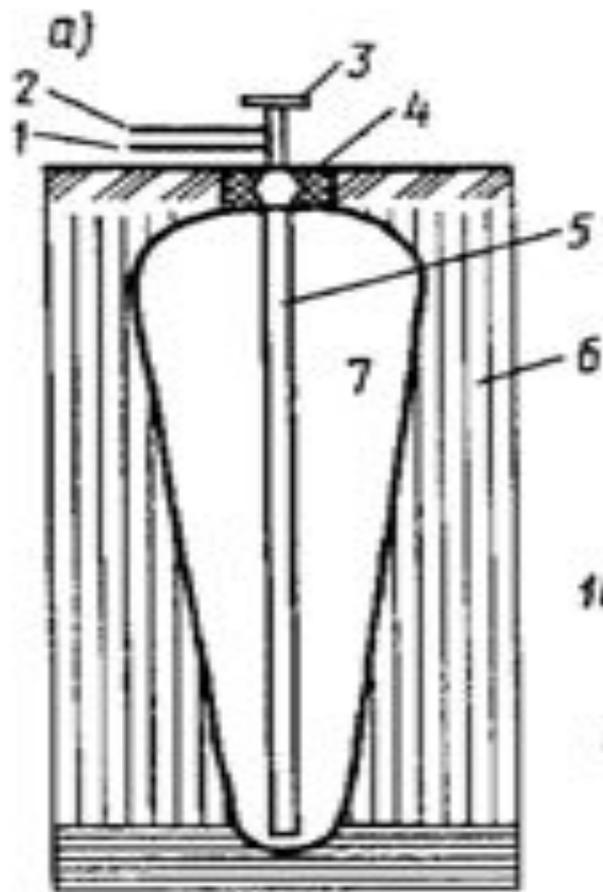




ТЕРМИЧЕСКИЙ СПОСОБ

- Термическое закрепление заключается в обжиге лёссовых грунтов раскаленными газами, которые подаются в толщу грунта вместе с воздухом через жаропрочные трубы в пробуренных скважинах.





ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ

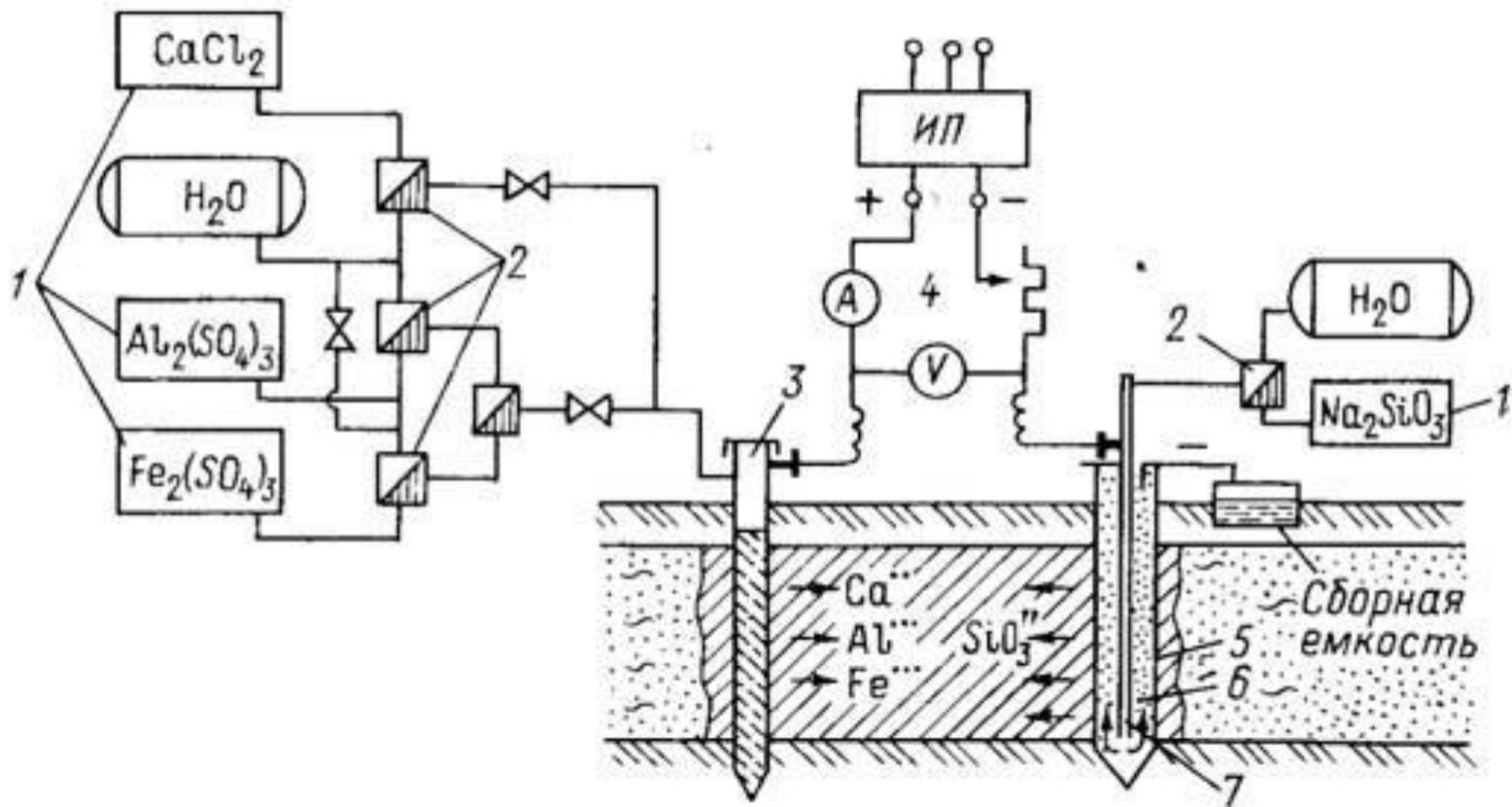
- Электрическим способом закрепляют влажные глинистые грунты. Способ заключается в использовании эффекта электроосмоса, для чего через грунт пропускают постоянный электрический ток с напряженностью поля 0,5-1 В/см и плотностью 1-5 А/кв.м. При этом глина осушается, уплотняется и теряет способность к пучению.



ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ

- Электрохимический способ отличается от предыдущего тем, что одновременно с электрическим током через трубу, являющуюся катодом, в грунт вводят растворы химических добавок (хлористый кальций и др.). Благодаря этому интенсивность процесса закрепления грунта возрастает.





МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ

- Устройство грунтовых подушек
- Устройство грунтовых свай
- Вытрамбовывание котлованов
- Уплотнение котлованов
- Армирование грунтов



ГРУНТОВЫЕ ПОДУШКИ

- Устройство грунтовых подушек заключается в замене слабого грунта основания другим, более прочным, для чего слабый грунт удаляют, а на его место насыпают прочный грунт и послойно утрамбовывают.



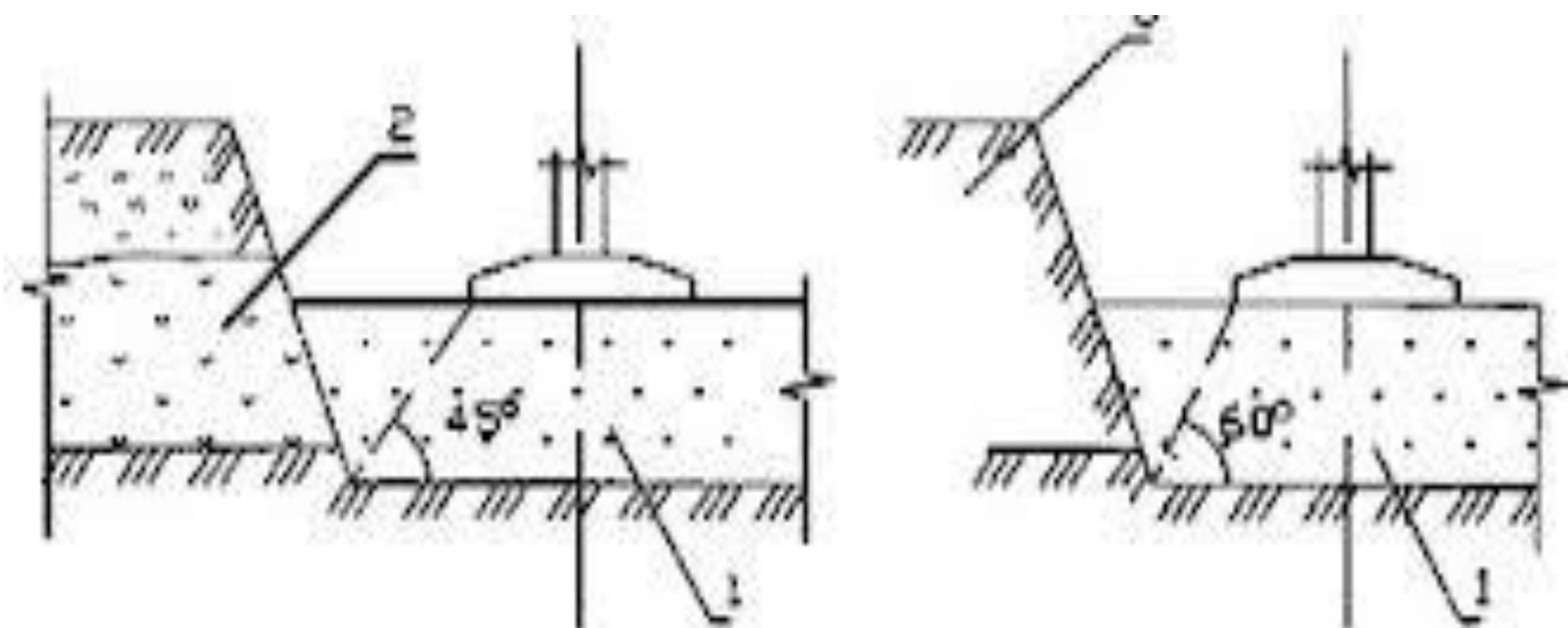


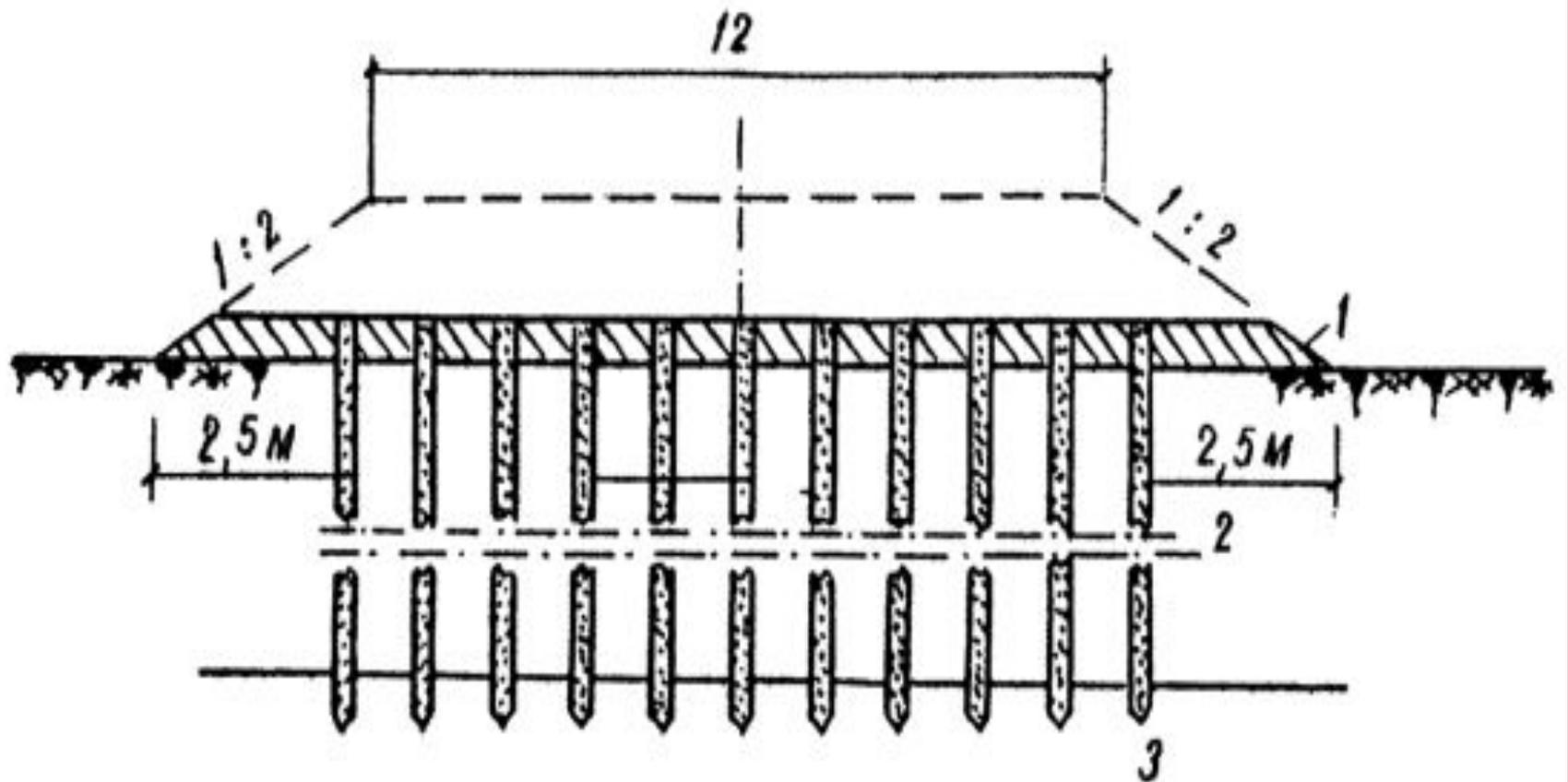
Рис. 3.11. Схемы сечения подушек

1 - подушка; 2 - торф; 3 - заменяемый минеральный грунт

ГРУНТОВЫЕ СВАИ

- При устройстве грунтовых свай в слабый грунт забивают сваю-лидер. В полученную после извлечения этой сваи скважину засыпают грунт и послойно уплотняют.

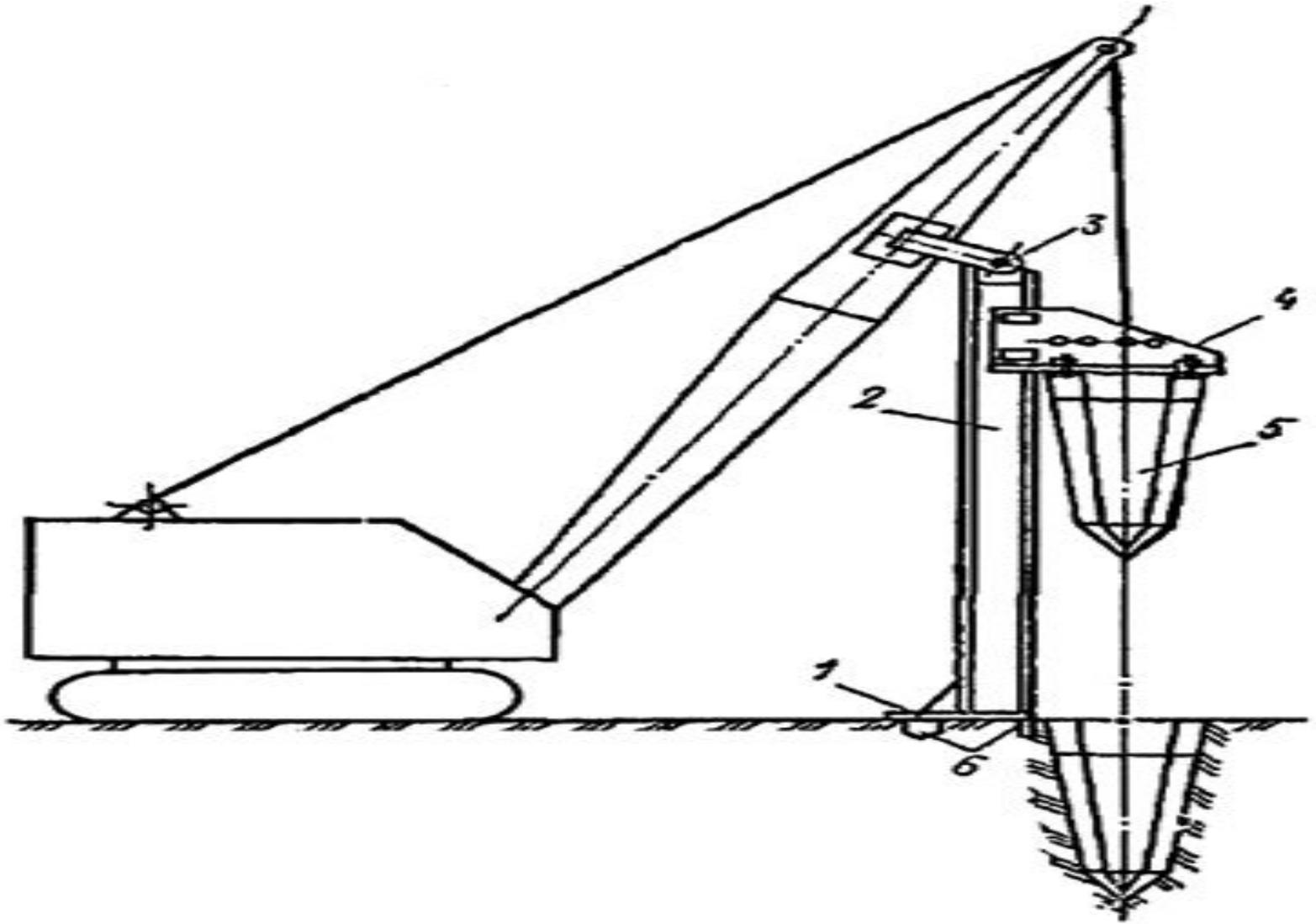




ВЫТРАМБОВЫВАНИЕ КОТЛОВАНОВ

- Вытрамбовывание котлованов осуществляют с помощью тяжелых трамбовок, подвешенных на стреле крана. Этот способ менее сложен, чем способ грунтовых подушек, поскольку не требует замены грунта основания.





УПЛОТНЕНИЕ КОТЛОВАНОВ

- Уплотнение котлованов значительных размеров может осуществляться гладкими или кулачковыми катками, трамбующими машинами, виброкатками и виброплитами.





АРМИРОВАНИЕ ГРУНТОВ

- Армирование грунтовых массивов — усиление грунтовых массивов другим материалом.



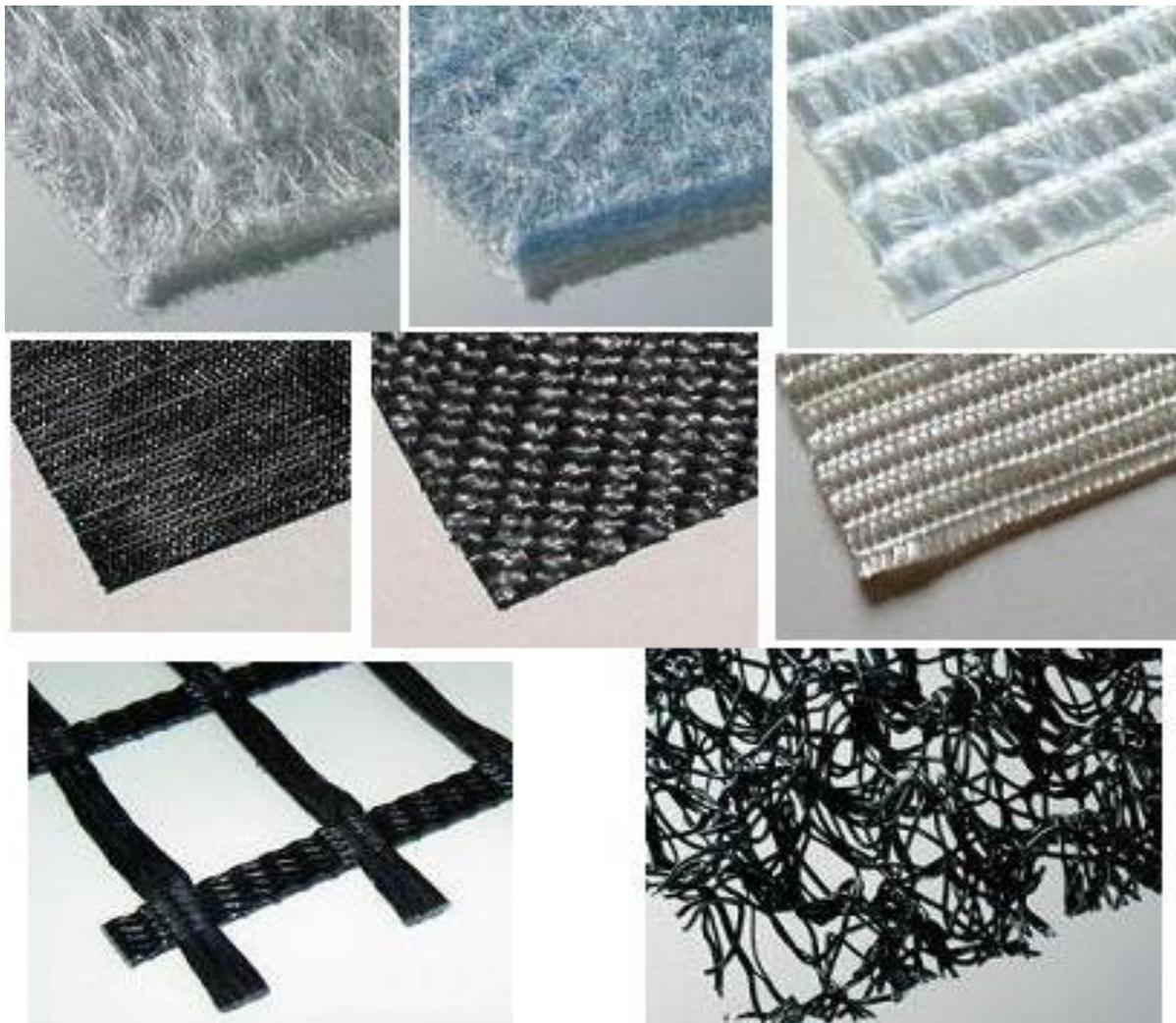


СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- В настоящее время синтетические материалы (геосинтетика) – быстроразвивающееся семейство материалов, используемых в геотехническом строительстве. На мировом рынке выпускается большое разнообразие видов и типов геосинтетических материалов. Они почти исключительно изготавливаются из полимеров. Наиболее часто применяются геосинтетики из полиэфира, полипропилена и полиамида, но в специальных случаях могут применяться полиэтилен и полиарамид. В основные полимеры обычно вводят стабилизирующие добавки
- Основные типы геосинтетических материалов:
 - геотекстильные материалы;
 - георешетки;
 - геосетки;
 - геомембраны;
 - геокомпозиты.



СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ



Тип	Выполняемые функции				
	Разделение	Армирование	Фильтрация	Дренаж	Гидроизоляция
Геотекстиль	Основная и дополн.	Основная и дополн.	Основная и дополн.	Основная и дополн.	Не применяется
Георешетки	Дополнительная	Основная	Не применяется	Не применяется	Не применяется
Геосетки	Дополнительная	Не применяется	Не применяется	Основная	Не применяется
Геомембраны	Дополнительная	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Основная
Геокомпозиты	Основная и дополн.	Основная и дополн.	Основная и дополн.	Основная и дополн.	Основная и дополн.

□ Спасибо за внимание