

# 11 ЛЕКЦИЯ. Лабораторные и полевые методы показателей свойств грунтов. Основные инженерно-геологические показатели, определяющие несущую способность грунтов оснований зданий и сооружений.

Вспомним основные положения предыдущей лекции.

***В комплексе работ при инженерно-геологической разведке используются следующие их виды:***

***проходка горных выработок (шурфов, скважин, штолен и т.д.);***

***геофизические работы;***

***отбор, упаковка и транспортирование образцов грунтов и проб подземных вод;***

***определение показателей свойств грунтов лабораторными методами;***

***определение показателей свойств грунтов полевыми методами;***

***стационарные наблюдения за режимом подземных вод, развитием физико-геологических и инженерно-геологических процессов;***

***опытные полевые работы;***

***камеральные работы.***

Методы определения показателей свойств грунтов подразделяются на полевые и лабораторные.

***При выборе методов исходят из необходимой (установленной или заданной) точности выполнения того или иного вида работ, условий применимости каждого метода.***

Большинство показателей свойств грунтов может определяться как полевыми, так и лабораторными методами, часть показателей может быть определена только лабораторными методами. Для некоторых типов грунтов определение показателей их свойств можно произвести только полевыми методами.

***Выбор метода определения показателей свойств грунтов при инженерно-геологической разведке зависит от заданной (или установленной) точности этого определения, от инженерно-геологических условий участка проектируемого строительства, в первую очередь состава и состояния грунтов, от конструкции проектируемого сооружения, главным образом конструкции фундаментов и заглубляемой ниже поверхности земли части сооружения, а также режима его эксплуатации.***

При выборе методов определения показателей свойств грунтов следует учитывать также следующее. Полевые методы дают возможность изучения свойств грунтов в больших объемах и в условиях их естественного залегания. В то же время производство полевых определений требует относительно сложного оборудования и

значительных объемов подготовительных работ. Кроме того, в большинстве случаев полевые определения не позволяют моделировать условия работы грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружений, что осложняет прогнозную оценку поведения грунтов как среды или основания сооружения.

Лабораторные методы наряду с возможностью изучения свойств грунтов естественного сложения (из монолитов) позволяют изучать эти свойства в заданном режиме давлений, влажности и температуры, позволяют при проведении определений создать условия, в которых грунт может находиться как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации сооружений, т.е. существенно упростить инженерно-геологический прогноз. Сравнительная с полевыми методами простота лабораторных определений уменьшение трудовых и материальных затрат на одно определение позволяют увеличивать их количество и путем статистической обработки частных значений показателя повысить точность конечного результата. Поскольку полевые и лабораторные методы имеют свои преимущества и недостатки, их следует применять в комплексе.

Некоторые методы определения свойств грунтов стандартизованы и технология их проведения регламентирована. В случаях расхождения природных условий и режима эксплуатации сооружений с условиями государственных стандартов необходимо проводить опытно-экспериментальные работы с привлечением в качестве консультантов представителей научно-исследовательских организаций, а выбор метода или способа определения свойств грунтов обосновывать в программах работ.

Удельный вес грунта определяется лабораторным методом в соответствии с ГОСТ 5181-64 «Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса».

Объемный вес грунтов определяется лабораторными методами в соответствии с ГОСТ 5182-64 «Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса».

Объемный вес макропористых грунтов рекомендуется определять только методом режущего кольца.

Объемный вес крупнообломочных грунтов определяется в полевых условиях по методике А. И. Шеко путем взвешивания измеренного объема грунта.

Влажность грунта определяется лабораторными или полевыми методами. Лабораторный метод определения влажности грунта регламентирован ГОСТ 5179-64 «Грунты. Метод лабораторного определения влажности».

В настоящее время разработаны методы полевого определения плотности и влажности грунта в естественных условиях их залегания с помощью радиоизотопов. Однако недостаточный опыт использования радиоактивных методов на завершающем этапе изысканий, каким является инженерно-геологическая разведка, не позволяет рекомендовать использование этих методов без сочетания с лабораторными.

Показатели пластичности - пределы раскатывания и текучести - определяются в соответствии с ГОСТ 5183-64 «Грунты. Метод лабораторного определения границы раскатывания» и ГОСТ 5184-64 «Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести».

Пористость грунта определяется обычно расчетом по результатам определения

удельного и объемного весов грунта либо лабораторными методами путем прямого определения. Наиболее распространенным лабораторным методом определения пористости песчаных, скальных и полускальных грунтов является метод насыщения измеренного объема грунта жидкостью с известным удельным весом.

Гранулометрический состав грунтов определяется в лаборатории в соответствии с ГОСТ 12536-67 «Грунты. Метод лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава».

Если необходимо установить в глинистом грунте наличие и количество неустойчивых агрегатов, производят анализ двух образцов из одной пробы с подготовкой одного образца к анализу по ГОСТ 12536-67, а другого - с пирофосфатом натрия.

Водопроницаемость грунтов определяется коэффициентом фильтрации, коэффициентом общей проницаемости и удельным водопоглощением. В практике инженерно-геологических изысканий в подавляющем числе случаев определяется коэффициент фильтрации, реже используется удельное водопоглощение и только при изысканиях для строительства некоторых горных предприятий, подземных емкостей и др. может использоваться для различного рода расчетов коэффициент общей проницаемости.

Ниже, в таблице перечислены основные лабораторные и полевые методы определения коэффициента фильтрации и указаны границы их использования применительно к различным грунтам.

Выбор метода определения коэффициента фильтрации зависит от геологических (гидрогеологических) условий участка проектируемого строительства и задач, поставленных перед изысканиями. Так, в условиях близкого к поверхности залегания грунтовых вод и относительно высокой водопроницаемости грунтов следует применять метод опытных откачек. При очень высокой водопроницаемости грунтов, например валунно-галечниковых отложений, - методы нагнетания или налива воды в скважины. Если грунтовые воды находятся на глубине более 4-6 м, то коэффициент фильтрации зоны аэрации лучше определять методом налива воды в шурфы. Определение коэффициента фильтрации грунтов для проектирования водоотлива из котлованов следует проводить только методом опытных откачек. Общая оценка фильтрационных свойств грунтов участка проектируемого строительства может быть выполнена для песчаных грунтов методом расчета по гранулометрическому составу либо наблюдением за восстановлением уровня воды в скважинах. При необходимости оценки прогноза подтопления площадки, сложенной грунтами, наилучшие результаты определения коэффициента фильтрации могут быть получены при проведении опытов в компрессионно-фильтрационных приборах.

## *Лабораторные и полевые методы определения коэффициента фильтрации*

Лабораторные		Полевые		
Прямые	Косвенные	Виды грунтов	Прямые	Виды грунтов
Прибор Г. Н. Каменского	-	Песчаные и глинистые нарушенного и ненарушенного сложения	Опытные откачки из скважин и шурфов	Все виды, кроме глин и суглинков
Прибор Г. Тиме	-	Песчаные нарушенного сложения	Опытные наливов и шурфы	Песчаные и глинистые, кроме глин при глубоком залегании уровня грунтовых вод (4-6 м)
Трубка Г. Н. Каменского	-	Песчаные нарушенного сложения		Песчаные и глинистые, кроме глин при глубоком залегании уровня грунтовых вод (4-6 м)
Прибор КФЗ (трубка «Спецгео»)	-	Песчаные и глинистые нарушенного и ненарушенного сложения	Опытные нагнетания воды в скважину	Скальные, полускальные, трещиноватые и сухие гравийно-галечниковые
Прибор ПВ	-	Глинистые нарушенного и ненарушенного сложения		
-	По результатам гранулометрического анализа	Песчаные однородные	Наблюдения за восстановлением уровня воды в скважинах	Все виды
-	По результатам компрессионных испытаний	Глинистые нарушенного и ненарушенного сложения		

Показателями, характеризующими деформационные свойства грунтов, являются модуль упругости  $E$ , модуль общей деформации  $E_0$ , коэффициент бокового давления  $\mu$ , коэффициент сжимаемости  $a$  и коэффициент относительной сжимаемости  $a_0$ .

В практике инженерно-геологических изысканий наиболее часто определяется модуль общей деформации (или «модуль деформации») и коэффициент сжимаемости. Реже определяется коэффициент бокового давления, главным образом для расчета устойчивости стенок и кровли подземных горных выработок.

Модуль общей деформации грунтов может быть получен как по результатам лабораторных, так и полевых определений.

В лабораторных условиях применяются:

- а) для скальных и полускальных грунтов - метод одноосного сжатия;
- б) для песчаных и глинистых грунтов-метод компрессионных испытаний (этим же методом определяется коэффициент сжимаемости грунтов  $a$  и коэффициент относительной сжимаемости  $a_0$ ).

В полевых условиях для всех видов грунтов применяются методы статических нагрузок и прессиометрии.

Метод одноосного сжатия для определения модуля деформации грунтов не стандартизован. Определения  $E_0$  для скальных грунтов могут производиться как на образцах круглого сечения ( $d = 40-45$  мм), так и квадратного (со сторонами 40-45 мм). Высота образца должна быть в 2,5-3 раза больше диаметра круглого или стороны прямоугольного образца.

Для полускальных грунтов и глинистых грунтов твердой консистенции могут использоваться керн диаметром и высотой 40-45 мм или кубики размером 50'50'50 мм.

При подготовке образцов следует особо следить за качеством шлифовки рабочих поверхностей и их параллельностью, а при производстве опыта - за точностью измерения величины деформации по измерительным приборам и правильной центровкой образца, так как именно эти факторы являются главными источниками ошибок.

Технология проведения опытов по определению модуля деформации методом одноосного сжатия наиболее полно изложена в методическом руководстве В. Д. Ломтадзе (В. Д. Ломтадзе. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород. Л., «Недра», 1972.).

Метод компрессионных испытаний наиболее распространен для определения сжимаемости грунтов и последующего расчета модуля общей деформации.

Непосредственно по результатам компрессионных испытаний определяется коэффициент сжимаемости и коэффициент относительной сжимаемости.

Испытания образцов проводят либо по нормальной, либо по специальным схемам.

Нормальная схема дает возможность получить общую характеристику деформационных свойств и величины прочности структурных связей, коэффициента сжимаемости, коэффициента относительной сжимаемости, скорости уплотнения грунтов под заданной нагрузкой и т.д.

Специальные схемы применяются либо для изучения деформационных свойств грунтов в заданных условиях, исходя из конструктивных особенностей проектируемого сооружения и режима его строительства и эксплуатации, либо при изучении грунтов нарушенной структуры, определения просадочности лёссовых и набухаемости глинистых грунтов.

Метод компрессионных испытаний может быть использован для всех видов песчаных и глинистых грунтов естественного и нарушенного сложения, не содержащих грубообломочного материала.

Механические свойства горных пород определяют их поведение под воздействием внешних усилий – нагрузки. В песчаных и других обломочных и глинистых породах при этом происходит изменение внутреннего сложения и объема (уплотнение), т.е. уменьшение пористости и увеличение концентрации минеральных частиц в единице объема. Чем значительнее эти изменения пород под воздействием определенной нагрузки, тем большей деформируемостью они обладают. Когда под влиянием внешних усилий в породах возникают касательные силы, превышающие сопротивление сдвига, порода начинают разрушаться, наступает потеря прочности.

Следовательно, механические свойства песчаных и глинистых пород как и любых других, характеризуются их деформируемостью и прочностью. Их выражают деформационными и прочностными показателями: деформируемость – показателями сжимаемости (деформируемости), а прочность – сопротивлением сдвигу. Они позволяют прогнозировать осадки сооружений, определять устойчивость пород в их основании, а при конструировании фундаментов предельно использовать несущие способности грунтов.

Показателями, выражающие сопротивление пород сдвигу, дают возможность проектировать заложение откосов плотин, насыпей, дамб, бортов карьеров с минимальным объемом земляных работ, определять устойчивость склонов и оползней, определять рациональное сечение и устойчивость различных сооружений в т.ч. бетонных плотин. Поэтому изучению деформационных и прочностных свойств песчаных и глинистых пород необходимо уделять особенно большое внимание.

Сжимаемостью породы называют ее способность к уменьшению объема под воздействием нагрузки.

При сжатии породы вертикальной нагрузкой в условиях свободного бокового расширения при одноосном сжатии относительной деформацией ( $e$ ) называют отношение величины абсолютного уменьшения нагруженного образца ( $\Delta h$ ) к его начальной высоте ( $h_0$ )

$$e = \Delta h / h_0$$

Зависимость между напряжением ( $\delta$ ) и величиной относительной деформации ( $e$ ) при нагрузках меньше предела пропорциональности определяется выражением:

$$\delta = Ee, \text{ где } E - \text{модуль упругости.}$$

При сжатии образца вертикальной нагрузкой, происходит увеличение диаметра ( $d_0$ ) его поперечного сечения на абсолютную величину ( $\Delta d$ ). Отношение  $e_n = \Delta d / d_0$  - относительная деформация в поперечном направлении. Отношение  $e_n / e = M$  для исследуемой породы, является величиной постоянной и называется коэффициентом поперечной деформации – коэффициентом Пуассона.

**Основные схемы испытаний глинистых грунтов лабораторными методами при инженерно-геологических изысканиях**

Номенклатурный вид грунта и его физическое состояние	Компрессионные испытания		Соппротивление сдвигу	
	схема испытаний	область применения	схема испытаний	область применения
1	2	3	4	5
текучий $V > 1$ ; текучепластичный $0,75 < V < 1$	Под водой малыми ступенями нагрузок	Для слабых водонасыщенных грунтов и грунтов, залегающих ниже уровня грунтовых вод	1. Быстрый сдвиг в естественном состоянии (без предварительного уплотнения) малыми вертикальными нагрузками	Применяется для оценки прочности грунтов в начале строительного периода, когда отсутствует консолидация грунта под нагрузкой
мягкопластичный $0,5 < V \leq 0,75$ тугопластичный $0,25 < V \leq 0,5$	а) без заливки воды; б) с насыщением водой в условиях неизменного или ограниченного объема;	Для грунтов, залегающих выше и ниже уровня грунтовых вод Для грунтов, претерпевающих увлажнение в период строительства и эксплуатации сооружений	2. Медленный сдвиг с предварительным уплотнением (уплотнение производится малыми ступенями нагрузок)	Схема соответствует периоду строительства или эксплуатации сооружения, когда в условиях возможности дренирования происходит полная консолидация грунта под нагрузкой
полутвердый $0 < V \leq 0,25$ твердый $V < 0$	в) в условиях свободного набухания и последующего сжатия	Для оценки поведения грунта в котлованах, простоявших длительное время открытыми до возведения сооружений (толща грунта претерпевает разгрузки)	1. Быстрый или ускоренный сдвиг в естественном состоянии, без предварительного уплотнения	Схема соответствует началу строительного периода, когда нет консолидации грунта под нагрузкой
			2. Медленный сдвиг с предварительным уплотнением (без воды)	Схема применяется для оценки прочности грунтов после их полной консолидации под нагрузками от сооружения, без взаимодействия грунтов с водой (конец строительного периода и период эксплуатации)
			Медленный сдвиг без предварительного	Схема соответствует поведению грунта

уплотнения в основании сооружений при обычных нагрузках (без водонасыщения)

Набухающий	а) с насыщением водой в условиях неизменного или ограниченного объема б) в условиях свободного набухания и последующего сжатия	Для оценки свойств набухающих грунтов, испытывающих дополнительное водонасыщение в условиях строительства	1. Быстрый или ускоренный сдвиг после предварительного свободного набухания 2. Быстрый, ускоренный или медленный сдвиг после ограниченного набухания (под заданными нагрузками)	Применяется для оценки прочности набухающих грунтов в котлованах и откосах выемок Применяется для оценки прочности набухающих грунтов, взаимодействующих с водой, под нагрузками от сооружения
Просадочные	а) по методу двух кривых при ступенчатом нагружении  б) по методу одной кривой при ступенчатом нагружении под несколькими нагрузками  в) по методу одной кривой при ступенчатом нагружении при длительных компрессионных испытаниях с непрерывной фильтрацией	Для предварительной оценки величины просадочности  Для получения величины просадочности	1. Быстрый или медленный сдвиг грунтов в естественном состоянии (в зависимости от состояния и прочности грунтов) 2. Медленный сдвиг после уплотнения и водонасыщения	Применяется для оценки прочности в их естественном физическом состоянии до замачивания Применяется для оценки прочности в стадии послепросадочных деформаций (в условиях замачивания и длительной эксплуатации сооружения)
			<p><b>Примечание.</b> Для оценки сопротивления сдвигу грунтов в стадии просадочных деформаций рекомендуется проводить быстрый сдвиг под малыми вертикальными нагрузками после замачивания грунта.</p>	

Метод статических нагрузок имеет две модификации - пробные нагрузки в шурфах, котлованах, штольнях и пробные нагрузки в скважинах. Выбор модификации метода зависит главным образом от необходимости проведения испытания на определенной глубине.

Метод статических нагрузок может быть использован для определения модуля деформации всех без исключения грунтов. Однако ГОСТ 12374-66 «Грунты. Метод полевого испытания статическими нагрузками» распространяется только на крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты (кроме глинистых, просадочных и набухающих грунтов, а также глинистых грунтов текучей консистенции с НГУ Кафедра строительства и геомеханики, доц. Максимова Э.А. Курс лекций по дисциплине: «ИНЖЕНЕРНАЯ РАЗВЕДКА».. 8



коэффициентом пористости  $e^3 1,5$ ).

Для всех других грунтов (скальных, нескальных мерзлых, высокопористых глинистых текучей консистенции) схема испытаний статическими нагрузками и технология этих испытаний должны устанавливаться опытным путем с учетом условий работы грунта в основании сооружения или его среды.

Имеющиеся в практике изысканий установки для проведения статических нагрузок позволяют проводить испытания до глубины 10 м.

Обязательными условиями проведения опыта являются следующие:

- сохранность природного сложения грунтов под штампом;
- передача нагрузки на подошву штампа строго по его центру;
- постоянство режима температуры и влажности грунтов в зоне действия штампа в процессе опыта;
- строгое соблюдение режима нагрузок, определенного программой.

Проведение опыта статическими нагрузками должно предваряться бурением скважины на расстоянии 5-10 м (в зависимости от сложности строения геологического разреза) от точки проведения опыта с детальным послойным описанием состава грунтов. Глубина скважины должна определяться глубиной проведения опыта плюс 2 м (ориентировочная максимальная глубина влияния опыта).

При проведении опыта в шурфах с глубины установки подошвы штампа, в непосредственной близости от него, отбирается образец грунта ненарушенной структуры для определения комплекса физических и механических свойств в лаборатории.

Метод прессиометрии может быть использован для определения модуля деформации грунтов с поверхности и до глубины 25-50 м в зависимости от типа применяемого прибора.

Главное достоинство метода - возможность послойного определения модуля деформации. Ограничивающим фактором применения метода является мощность однородного по составу и состоянию слоя, которая должна быть больше длины рабочей камеры прессиометра. При резкой анизотропии свойств грунтов необходимо располагать количественными характеристиками анизотропии, которые можно получить только лабораторными методами испытанием в компрессионных приборах различно ориентированных образцов.

Модуль деформации определяется по линейному участку прессиометрической кривой, отвечающей стадии уплотнения грунта под приложенной нагрузкой.

При проведении опыта следует учитывать степень насыщенности грунта водой. В случае плотных и слабо влажных грунтов испытания проводятся по схеме быстрого деформирования (поровое давление воды можно не учитывать), в случае сильно влажных грунтов - по схеме медленного деформирования для создания возможности рассеивания порового давления.

Основными показателями прочностных свойств грунтов являются предел прочности на сжатие (временное сопротивление грунта при одноосном сжатии), величина сцепления и коэффициент внутреннего трения.

Предел прочности на сжатие в практике инженерно-геологических изысканий определяется лабораторными методами и этим показателем оцениваются в основном скальные и полускальные грунты. Кроме того, этот метод может быть рекомендован для сравнительной оценки прочности глинистых грунтов твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции. Величина сцепления и угол трения характеризуют прочность глинистых грунтов, а угол внутреннего трения - песчаных. Оба эти показателя могут быть определены как в полевых, так и в лабораторных условиях (прочность на растяжение и скалывание для скальных и полускальных грунтов, прочность на сжатие и растяжение для глинистых грунтов в практике инженерно-геологических изысканий определяются весьма редко по специальным заданиям).

Определение предела прочности на сжатие скальных грунтов проводится на том же оборудовании, что и определение модуля деформации. Отличие состоит в том, что увеличением нагрузок образец грунта доводят до разрушения. Основные требования к размеру образцов и их

обработке следующие:

для образца цилиндрической формы отношение диаметра к высоте должно быть близким к 1:1, с отклонением не более 5 %;

диаметр образца не может быть меньше 40 и больше 45 мм;

для образца кубической формы размер должен быть 50×50×50 мм;

точность измерения высоты образца не менее 0,1 мм;

торцы образцов должны быть тщательно шлифованы и проверены на строгую параллельность.

Прочность скальных грунтов определяется в двух состояниях - воздушно-сухом и водонасыщенном.

Определение прочности на сжатие полускальных и других видов грунтов с временным сопротивлением при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии менее 50 кгс/см<sup>2</sup> производится в соответствии с ГОСТ 17245-71 «Грунты. Метод лабораторного определения временного сопротивления при одноосном сжатии».

Основными источниками ошибок определения временного сопротивления грунта сжатию могут быть нарушения условий по подготовке и обработке образцов, а также нарушение скорости нагружения образца и точность фиксации момента начала его разрушения.

При изучении временного сопротивления грунта сжатию для обоснования устойчивости сооружений достаточной точностью определения этого показателя можно считать:

для глинистых грунтов - до единиц, кгс/см<sup>2</sup>;

для полускальных грунтов - до единиц, кгс/см<sup>2</sup>;

для скальных грунтов - до десятков или сотен, кгс/см<sup>2</sup>.

Изучение прочностных свойств глинистых и песчаных грунтов в лаборатории может проводиться на срезных приборах или приборах трехосного сжатия (стабилометрах) того типа, где образец в камере всегда может находиться под действием всестороннего давления, равного боковому (тип А).

Схемы испытаний на сдвиг различаются условиями предварительной подготовки образца, режимом и скоростью проведения опыта. Схемы опыта, сочетающие как определенный способ подготовки образца, так и режим его проведения, назначаются в каждом случае индивидуально и зависят от условий работы грунта во взаимодействии с проектируемым сооружением как в процессе его строительства, так и эксплуатации. Следует всегда помнить, что в зависимости от предварительной подготовки образца и режима проведения опыта параметры сопротивления сдвига для одного и того же грунта могут резко различаться. Для достоверного прогноза поведения грунта в основании сооружений необходимо стремиться к осуществлению подобия между режимом опыта и схемой подготовки образца с условиями будущей работы грунта.

Из всех режимов проведения сдвигового опыта стандартизован медленный сдвиг в условиях завершённой консолидации (ГОСТ 12248-66 «Грунты. Метод лабораторного определения сопротивления срезу песчаных и глинистых грунтов на срезных приборах в условиях завершённой консолидации»). Возможные схемы определения прочностных свойств грунтов на сдвиговых приборах приведены в следующей по тексту таблице.

При изучении прочностных свойств песчано-глинистых грунтов в стабилометрах (определение сопротивления сдвигу в условиях трехосного сжатия) получается более достоверная модель поведения грунта в массиве при приложении к нему нагрузки. Наибольшее распространение имеют две схемы проведения опытов:

недренированные испытания, моделирующие работу грунта, когда при затрудненном оттоке воды и быстром нагружении он находится долгое время в неконсолидированном состоянии;

дренированные испытания, моделирующие работу грунта при сравнительно медленном приложении нагрузки и хороших условиях дренирования.

При назначении лабораторных исследований следует выбирать одну из этих схем исходя из конкретных геологических условий, конкретных условий проекта организации строительных работ проектируемого сооружения и характера его эксплуатации.

Для определения прочности грунтов в полевых условиях разработан ряд методов. Стандарты на них не установлены. Одни из этих методов позволяют отдельно определять угол внутреннего трения и сцепления (сдвиг в заданной плоскости), другие - только обобщенные показатели сдвига (обрушение, выпирание, крыльчатое зондирование). Все эти методы незаменимы при испытании грунтов, из которых невозможно отобрать образцы ненарушенной структуры или для которых лабораторные определения по разным причинам могут быть недостоверны. К таким грунтам в первую очередь относятся глинисто-щебнистые или гравийно-песчаные грунты, тонкослоистые песчано-глинистые и слабоглинистые грунты.

### **Области применения основных полевых методов изучения свойств грунтов**

<b>Метод испытаний</b>	<b>Схема разрушения, которую моделирует метод</b>	<b>Грунты, для исследования которых применяется метод</b>
Срез целиков грунта в шурфах	Плоский сдвиг по напластованию	Однородные неслоистые или слоистые (могут содержать мелкие включения)
Срез монолитов в полевых приборах	То же	Однородные неслоистые, песчано-глинистые, содержащие мелкие включения
Обрушение прислоненных призм грунта	Глубокий сдвиг	Щебнисто-дресвяные и щебнисто-глинистые, содержащие включения
Обрушение и сдвиг призм грунтов под действием одной нагрузки под углом к плоскости сдвига (метод ВНИМИ)	Глубокий сдвиг или плоский сдвиг в зависимости от ориентирования домкрата	Гравелистые, щебнисто-дресвяные и крупнообломочные - обрушение. Слоистые, связные и полускальные - сдвиг
Выпирание призм грунта в шурфах	Глубокий сдвиг	Щебнисто-дресвяные и щебнисто-глинистые
Раздавливание целиков грунта	То же	Преимущественно глинистые
Крыльчатое зондирование	Сдвиг по цилиндрической поверхности перпендикулярно напластованию	Однородные мягкопластичные и текучепластичные глинистые

В этой таблице приведены основные полевые методы определения прочности грунтов и области их применения (по Г. К. Бондарьку).

В последнее время к перечисленным в таблице методам добавился метод определения прочностных свойств грунта прессиомером, основанный на гипотезе существования связи между значениями критических давлений, фиксируемых на прессиометрической кривой, и значениями величин угла внутреннего трения и сцепления. Этот метод является весьма перспективным, но требует дальнейшей экспериментальной и производственной проверки.

Просадочность грунтов характеризуется относительной просадочностью и начальным просадочным давлением, определяемым в лабораторных условиях методом компрессионных испытаний. При назначении этих определений следует обязательно указывать величину предполагаемого давления на основание из просадочных грунтов и глубину залегания испытываемого слоя для примерной оценки величины бытового давления.

В отдельных случаях при проектировании сооружений на просадочных грунтах следует также изучать зависимость относительной деформации грунта от давления. С этой целью ведут параллельное испытание двух проб, взятых из одного монолита, причем одну испытывают на компрессию при естественной влажности, а вторую с искусственным замачиванием начиная с малого давления (0,25 или 0,5 кгс/см<sup>2</sup>). По результатам строят на одном графике две кривых компрессии и с графика получают характеристику изменения относительной деформации (просадочности) от

нагрузки.

Набухаемость грунтов характеризуется относительной величиной свободного набухания, давлением набухания и влажностью набухания. Для прогноза процесса набухания при увлажнении набухающих грунтов необходимо также знать величину относительного набухания под нагрузками, равными проектным нагрузкам от сооружения.

Все эти показатели могут быть получены при лабораторных испытаниях набухающих грунтов на приборах А. М. Васильева, ПНЗ-2, компрессионных приборах или в стабилOMETрах. Методика определений не стандартизована, но следует учитывать необходимость проведения испытаний проб, отобранных с одного объекта, на одних и тех же приборах и по одной и той же методике.

При инженерно-геологической разведке, стационарные наблюдения за режимом подземных вод, режимом изменения температуры многолетнемерзлых пород, режимом хода развития физико-геологических и инженерно-геологических процессов проводятся только в особо обоснованных случаях и, как правило, являются продолжением наблюдений, начатых на более ранних этапах изысканий. Каких-либо особенностей в методике их проведения не имеется, лишь в отдельных случаях изменяется срочность наблюдений либо повышается их точность за счет использования более точной аппаратуры.

В особо ответственных случаях, а также при проектировании строительства в очень сложных инженерно-геологических условиях, в процессе проведения инженерно-геологической разведки возникает необходимость выполнения опытных полевых работ - испытания свай статическими нагрузками, строительство опытных котлованов, наблюдения за осадкой опытных фундаментов, замачивание котлованов на площадях распространения просадочных грунтов, опытные понижения уровня грунтовых вод и т.д.

Все эти работы проводятся после специального обоснования и по специальной программе, составленной для конкретных инженерно-геологических условий и для решения конкретной задачи.

Единственным методом полевых испытаний, регламентированным государственным стандартом, является метод испытаний свай (ГОСТ 5686-69 «Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний».)

Следует подчеркнуть трудоемкость опытных работ, их длительность и высокую стоимость, что требует тщательного анализа накопленного опыта проведения этих работ для решения конкретных задач. Кроме того, методика их проведения отработана недостаточно, а поэтому в некоторых случаях (например, при опытном замачивании котлованов в лёссовых грунтах) можно получить результаты, не сопоставимые с результатами, полученными другими методами.