

Техника и технологии инженерно-геологических изысканий

СХЕМА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

ВИДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ	ИНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ			
	РЕКОГНОСИ-РОВОЧНЫЕ	ПРЕДВАРИ-ТЕЛЬНЫЕ	ДЕТАЛЬНЫЕ	ДОПОЛНИ-ТЕЛЬНЫЕ
КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ			▨	▨
ИНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА		▨	▨	
РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ	▨	▨	▨	▨
ПОЛЕВЫЕ ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ		▨	▨	▨
РЕЖИМНЫЕ - СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ		▨	▨	▨
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	▨	▨	▨	▨
ПАСПОРТИЗАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ			▨	
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬ-СКИЕ РАБОТЫ	▨	▨	▨	▨
ЭКСПЕРТИЗА			▨	
ОРГАНИЗАЦИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ РАБОТ				

Важнейшие в составе инженерно-геологических изысканий

**СПОСОБЫ И РАЗНОВИДНОСТИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН
ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ**

Способ бурения	Разновидность способа бурения	Диаметр бурения (по диаметру обсадных труб), мм	Условия применения (виды и характеристика грунтов)
Колонковый	С промывкой водой	34—146	Скальные неветрелые (монолитные) и слабоветрелые (трещиноватые)
	С промывкой глинистым раствором	73—146	Скальные слабоветрелые (трещиноватые); ветрелые и сильноветрелые (рухляки); крупнообломочные; песчаные; глинистые
	С продувкой воздухом (охлажденным при проходке мерзлых грунтов)	73—146	Скальные неветрелые (монолитные) и слабоветрелые (трещиноватые), необводненные, а также в мерзлом состоянии; дисперсные, твердомерзлые и пластичномерзлые
	С промывкой солевыми и охлажденными растворами	73—146	Все виды грунтов в мерзлом состоянии
	С призабойной циркуляцией промывочной жидкости	89—146	Скальные ветрелые и сильноветрелые (рухляки), обводненные, глинистые
	Всухую	89—219	Скальные ветрелые и сильноветрелые (рухляки), песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, твердомерзлые и пластичномерзлые
Ударно-канатный кольцевым забоем	Забивной	108—325	Песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, пластичномерзлые
	Клюющий	89—168	Глинистые слабообводненные
Ударно-канатный сплошным забоем	С применением долот и желонки	127—325	Крупнообломочные; песчаные обводненные и слабообводненные
Вибрационный	С применением вибратора или вибромолота	89—168	Песчаные и глинистые обводненные и слабообводненные
Шнековый	Рейсовое (кольцевым забоем)	146—273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные
	Поточное	108—273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные
<p>Примечание — Применение других способов бурения допускается при соответствующем обосновании в программе изысканий.</p>			

КОЛОНКОВОЕ БУРЕНИЕ

- *Данный способ характеризуется тем, что грунт разрушается по кругу, очерчивая контуры диаметра будущей скважины. Когда осуществляется бурение колонками, внутренняя часть отверстия остаётся целой. Этот керн в последующем извлекается на поверхность.*

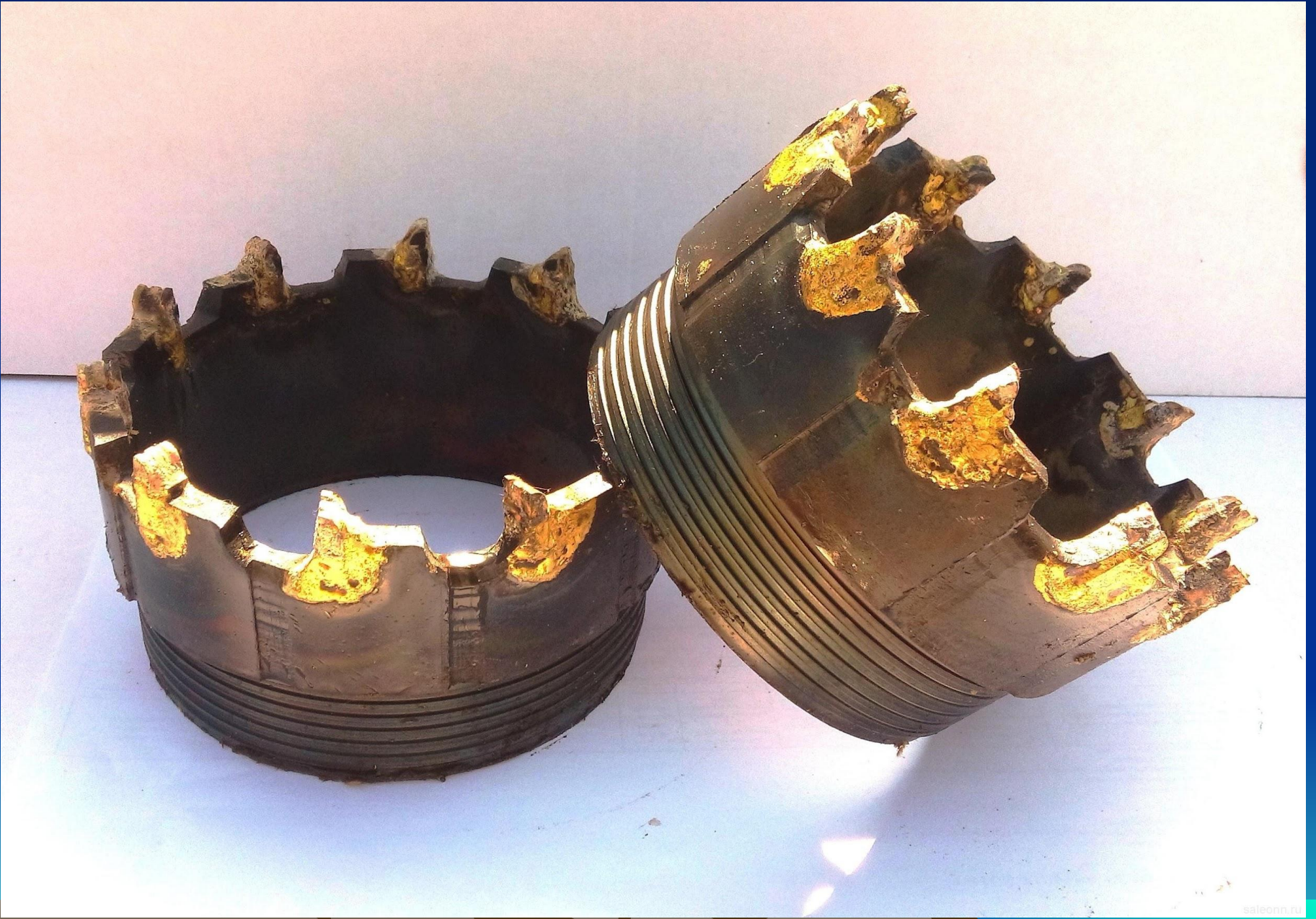
Особенности

- Буровые станки самоходные или передвижные.
- Коронки рассчитаны для разной степени твердости пород – алмазные и твердосплавные
- Большая глубина скважин и небольшой диаметр.
- Станки колонкового бурения имеют относительно небольшой вес, что обуславливает их маневренность.
- Буровые установки колонкового бурения рассчитаны на работу под различными углами к поверхности.





17.02.2010





Процесс бурения

- Подготовка поверхности, где будет производиться монтаж установки.
- Формирование ям в грунте в непосредственной близости от площадки для закачки промывочного раствора. После этих работ начинается процесс бурения скважин.
- Бурение, когда буровой снаряд вращается и проникает в почву. Параллельно с этим процессом в отверстие подаётся промывочная жидкость: вода или специальный раствор.
- Наполнение трубы керном. Периодически необходимо извлекать на поверхность буровую колонну и по керну определять геологический разрез.

Ударно-канатное бурение кольцевым и сплошным забоем



Вибрационное бурение

- Под **вибрационным бурением** понимается способ, при котором рабочее воздействие на забой скважины формируется путем передачи породоразрушающему инструменту (вибросонду) через колонну бурильных труб вибрационной (высокочастотной ударной) нагрузки от поверхностного вибратора.

- 1. Хорошо бурятся физически уплотняемые породы – сухие коры выветривания со щебнем, гравийно-галечниковые и т. д. Слабые непрочные скальные породы (угли, каменная соль, меловые отложения) абсолютно не поддаются вибробурению.
- 2. Плохо бурятся - пливуны — обильно-обводненные пески и близкие по строению к ним лессовидные породы, практически не имеющие механической прочности в свободном состоянии.
- 3. Вибрационное бурение имеет ограниченную глубину применения до 36 м. Так как с глубиной вибрация рассеивается по колонне труб.

Шнековое бурение

- Шнековое бурение относится к одному из видов вращательного бурения. Сам термин «шнековое» происходит от слова «Schnecke», что в переводе с немецкого означает винт, завиток, улитка.



Этот вид бурения существенно отличается от других видов, в частности, в том, что при этой работе выполняется удаление разрушенной породы и ее транспортирование по скважине не потоком очистного агента, а за счет вращения колонны.

Шнековое бурение очень широко распространено, является универсальным способом, используемым для проходки скважин небольшой глубины в мягких или рыхлых породах. Этот способ удобен для выполнения работ в галечных породах. Он также широко распространен в сейсморазведке, разработке взрывных скважин, при инженерных исследованиях гидрогеологической направленности, геологических съемках, поиске полезных ископаемых.

В инженерной геологии для целей исследования прочностных и деформационных свойств не применим. **Нам нужны образцы ненарушенного сложения!**

Современные отечественные буровые станки



ЗАО «Машиностроительный завод
им. В.В. Воровского»

Буровое оборудование:

УРБ-2А2
УРБ-2А2Д
УРБ-2Д3
АВБ-2М
УКБ-12/25

УКБ-12/25-02 (ПОМБУР)
МОТОБУР М-10 и КМ-10



620142, г. Екатеринбург, ул. Цвиллинга, д. 7
приемная: (343) 260-40-57, 220-82-50
факс: (343) 269-12-29, 210-11-31
e-mail: zhvv@sky.ru

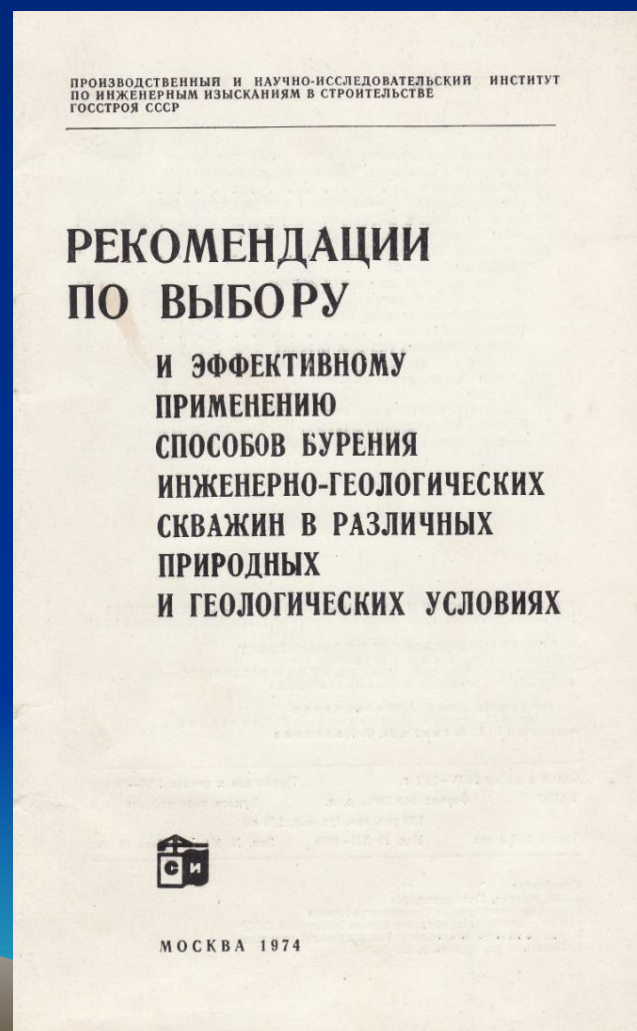
Отдел маркетинга и сбыта:
тел.: (343) 269-12-27, 257-90-59, 260-40-55
факс: (343) 269-12-26
e-mail: zhvsb@sky.ru
Адрес в Интернете: <http://www.zhv.ur.ru>



Основные проблемы инженерно-геологического бурения:

- необходимость пробоотбора неустойчивых водонасыщенных пород;
- необходимость бурения большими диаметрами;
- необходимость медленного бурения укороченными рейсами и без промывки;
- использование пробуренных скважин для полевых опытов;
- необходимость бурения в стеснённых условиях (проблема лёгких переносных станков)

Буровым работам при инженерно-геологических изысканиях посвящена обширная справочная и методическая литература



За рубежом в неустойчивых породах широко применяются способы бурения с непрерывной обсадкой (технология ODEX)

ODEX drilling step-by-step:



1 When drilling starts, the ODEX reamer swings out and reams the pilot-hole wide enough for the casing tube to slide down behind the drill bit assembly.

2 When the required depth is reached, rotation is reversed carefully, whereupon the reamer swings in, allowing the drill bit assembly to be pulled up through the casing.

3 Casing tubes that are to be left in the drill hole should be sealed at the bottom of the hole by means of cement grout or some other sealing agent.

4 Drilling continues to the desired depth in the bedrock using a conventional drillstring.

Applications

There is a wide range of applications for ODEX equipment. The most common applications are listed below:

	With top-hammer ODEX 76	With DTH-hammer				
		ODEX 90	ODEX 115	ODEX 140	ODEX 165	ODEX 190
Water well drilling			●	●	●	●
Installation of the tie-back anchors	●	●	●			
Pile installation			●	●	●	●
Soil investigation	●	●				
Grouting	●		●			
Exploration	●	●	●	●	●	●
Underwater drilling	○	○	○			
* Road embankment drilling	●	●	●	●	●	●

● = Ideal combination ○ = Possible application

Rock drill recommendations

All ODEX systems require drill rigs with independent, reversible rotation, with sufficient torque to match the hole diameter and depth requirements.

ODEX 76 can be used with any pneumatic or hydraulic top-hammer that meets the above requirements, i.e. minimum rotation torque of 700 Nm at 30-40 r/min using a R38 male shank adapter.

The Atlas Copco BBE 53/57 and COP 1238 ME-R38H10 rock drills are particularly well suited for use with ODEX.

The following ODEX dimensions are available for down-the-hole drilling:

ODEX 90 for 3" hammers,
ODEX 115 for 4" hammers,
ODEX 140 for 5" hammers,
ODEX 165 for 6" hammers,
ODEX 190 for 6" and 8" hammers.

Guide devices are available to fit all common hammer types.

Когда начинается бурение, расширитель ODEX выдвигается и разбуривает пилотную скважину диаметром, достаточным для непрерывного спуска обсадной колонны вслед за буровым наконечником.

Когда достигнута заданная глубина, меняется направление вращения, вследствие чего расширитель утапливается, позволяя буровому наконечнику убираться внутрь буровой колонны.

Если обсадная колонна оставлена на забое, буровая скважина может быть заполнена цементным раствором.

Цементная пробка разбуривается, и проходка скважины продолжается до заданной отметки.

Отбор керна, монолитов и образцов, документация керна, транспортировка и хранение образцов и монолитов определяют культуру производства изысканий и достоверность информации. Указанные моменты закреплены ГОСТ 12071 – 2000.



Одна из самых сложных проблем – отбор проб водонасыщенных песков

УДК 624.131.565

ГРУНТОНОС ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПЕСКОВ

Применяемый в настоящее время вдавливаемый грунтонос ГВ-5 из серии грунтоносов нормального ряда, разработанный ПНИИИУ, не обладает герметичностью.

Предлагаемый забивной грунтонос, как показали испытания, надежен и герметичен, что достигается перекрытием входного отверстия специальным пневматическим устройством, управляемым с поверхности.

Заправка сжатого воздуха в пневмосистему грунтоноса осуществляется от пневмосистемы базового автомобиля буровой установки. Возможна заправка от ручного или ножного автомобильных пневмоцилиндров.

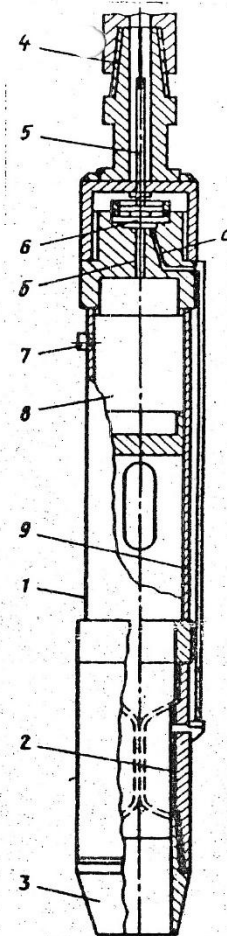
Техническая характеристика

Объем отбираемой пробы, дм^3	6
Глубина внедрения, м	1,2
Давление воздуха в ресивере, МПа	0,3...3,2
Давление воздуха в пневмосистеме при закрытом затворе, МПа	1,6...1,7
Внутренний диаметр керноприемника, мм	100
Угол заточки башмака, град	7
Рекомендуемая базовая буровая установка, марка	АЗБ-2М
Габаритные размеры:	
длина, мм	2150
ширина, мм	127
Масса, кг	36

Схема грунтоноса представлена на рисунке.

Грунтонос навинчивается на буровые штанги 4 базового станка. В комплект поставки входит воздухоподводящий шланг, оборудованный предохранительным клапаном 6.

Закачивают воздух в ресивер 8 от пневмосистемы буровой установки с заданным давлением. Опускают грунтонос на забой,



отбирают пробу. Поворачивают штанги вручную на 1 оборот по часовой стрелке. При этом открывается клапан 7 и воздух по трубке 9 попадает в затвор 2 и эластичный рукав, наполняясь воздухом, перекрывает входное отверстие.

Грунтонос извлекают на поверхность, выпускают воздух из системы, выливают пробу.

Ориентировочный годовой эффект от применения грунтоноса составляет 5000 р.

С 1989 г. намечен серийный выпуск.

Отличительной особенностью является то, что грунтонос позволяет отбирать водонасыщенные пески ненарушенной структуры. Потребность отрасли - 700 штук.

Разработчик - СОИЗИ института "Совзгипроводхоз"

Автор: М.Е.Воловик

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)

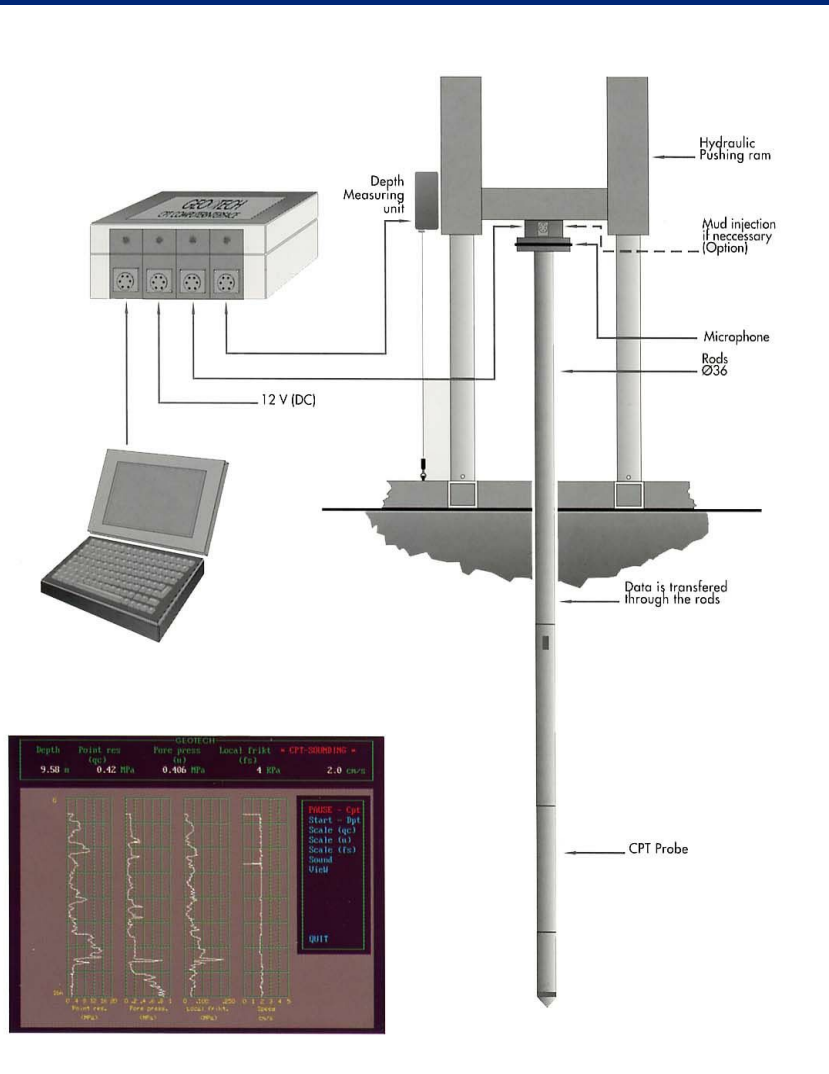
**ЦЕЛИ И МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОЙСТВ ГРУНТОВ
ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ**

Методы полевых исследований свойств грунтов	Цели полевых исследований свойств грунтов							Исследуемые грунты			Обозначение государственного стандарта метода исследований
	Расчленение геологического разреза и выделение ИГЭ	Определение показателей				Оценка пространственной изменчивости свойств грунтов	Оценка возможности погружения свай в грунты и несущей способности	Крупнообломочные	Песчаные	Глинистые	
		Физических свойств грунтов	деформационных свойств грунтов	прочностных свойств грунтов	сопротивления грунтов основания свай						
1 Статическое зондирование	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	ГОСТ 20069
2 Динамическое зондирование	+	+	+	+	—	+	+	—	+	+	ГОСТ 19912
3 Испытание штампом	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	ГОСТ 20276
4 Испытание прессиометром	—	—	+	—	—	+	—	—	+	+	ГОСТ 20276
5 Испытание на срез целиков грунта	—	—	—	+	—	—	—	+	+	+	ГОСТ 23741
6 Вращательный срез	+	—	—	+	—	+	—	—	—	+	ГОСТ 21719
7 Поступательный срез	+	—	—	+	—	+	—	—	+	+	ГОСТ 21719
8 Испытание эталонной свай	—	—	—	—	+	—	+	+	+	+	ГОСТ 5686
9 Испытание натуральных свай	—	—	—	—	+	—	+	+	+	+	ГОСТ 5686

Обозначения: «+» — исследования выполняются;
«—» — исследования не выполняются.

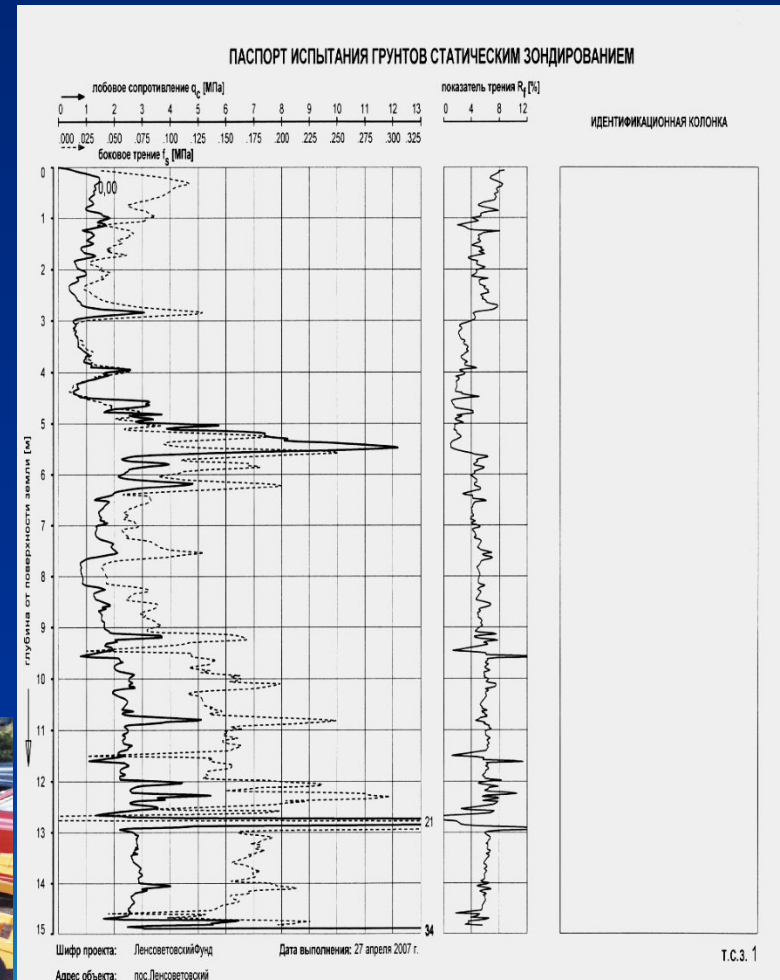
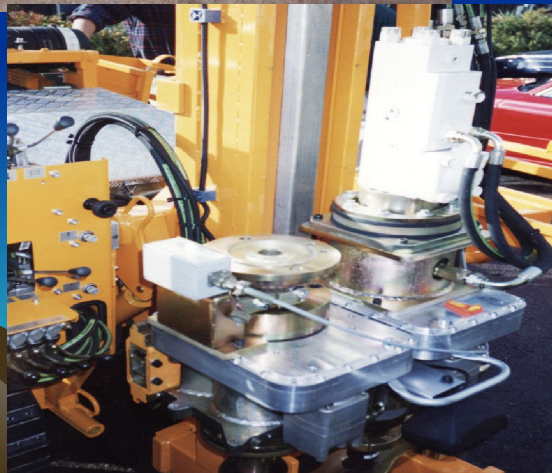
Примечание — Применение полевых методов для исследования скальных грунтов следует устанавливать в программе изысканий в зависимости от их состава, состояния на основании технического задания заказчика.

Схема статического зондирования грунта по методу CPT (Cone Penetration Test)



1. Полевой компьютер;
2. Глубинный синхронизатор;
3. Зонд и кольца измерения порового давления;
4. Интерфейс-коммутатор;
5. Микрофон;
6. Трехканальный зонд с инклинометром, аккумулятором и генератором цифрового сигнала

Многоцелевые пенетрационно - буровые установки – реализация новейших технологий в инженерных изысканиях

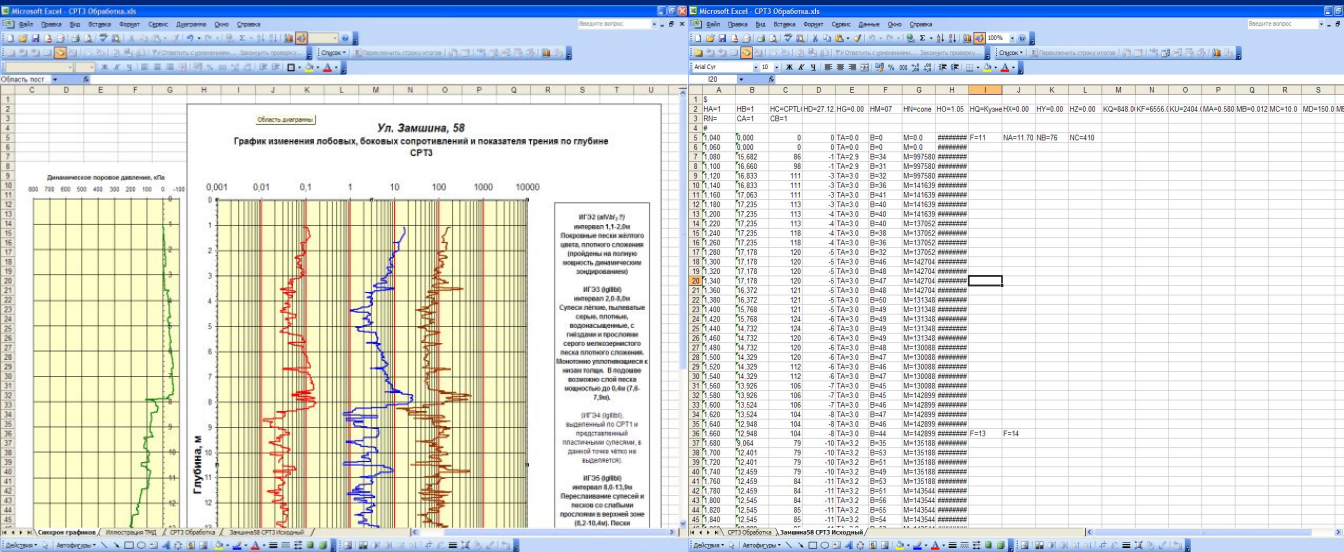


Сердце пенетрационно-буровой
установки Geotech 605D

Расширенная процедура интерпретации данных зондирования.

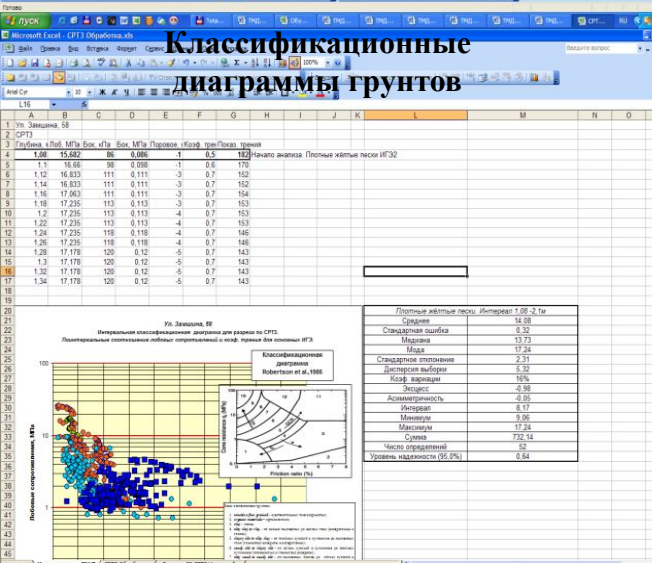
Совмещённые графики зондирования

Начальный цифровой файл

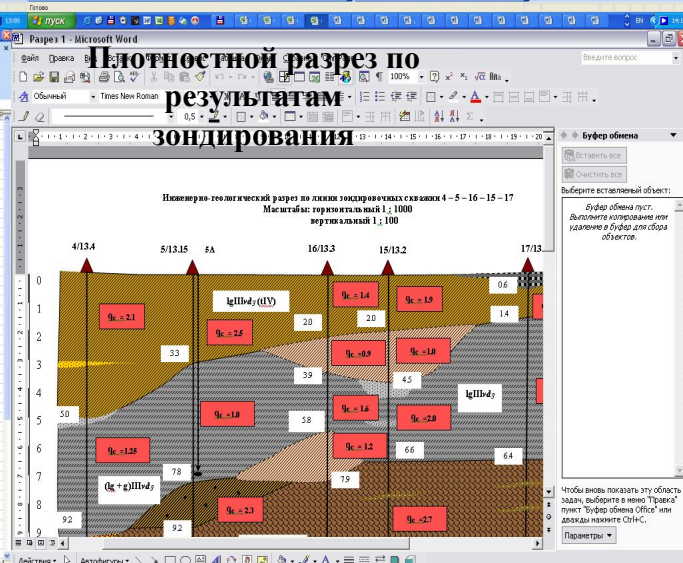


Большая частота и точность замеров при статическом зондировании позволяют не только детально расчленять геологический разрез, но и оценивать физическое состояние и свойства грунтов.

Классификационные диаграммы грунтов



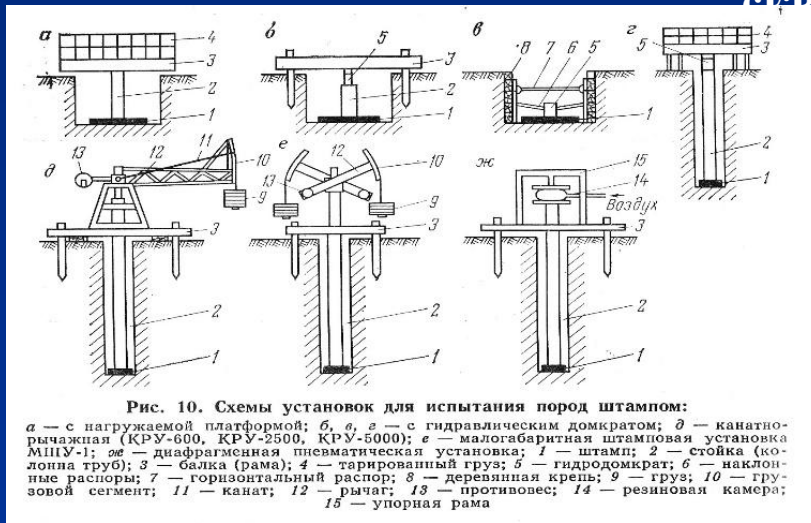
Плотностной разрез по результатам зондирования



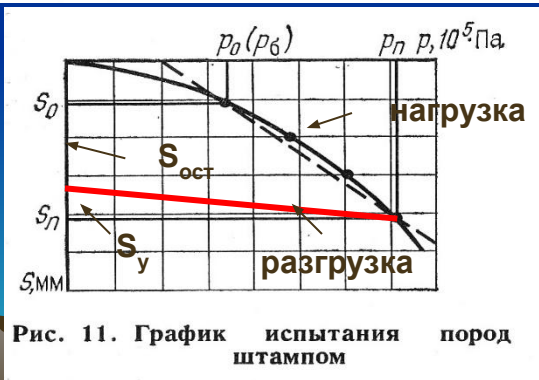
Это особенно важно при проектировании свайных оснований.

В инженерно-геологических изысканиях применяются различные технические средства и технологии

- Наиболее достоверную информацию о деформационных свойствах горных пород дают пробные нагрузки на штампы в шурфах и скважинах



Площадь, см ²	Диаметр, см	Конструкция	Породы
10 000	112,2	Жесткий, плоский со подошвой	Глинистые текучей консистенции
5000	79,8	Жесткий, круглый, сплошной То же	Крупнообломочные, пески рыхлые, глины и суглинки тугопластичные и мягкопластичные, пластичные супеси, песчаные и глинистые породы с примесью органических веществ, просадочные образования
2500	56,2	»	Пески плотные и средней плотности, глины и суглинки твердые и полутвердые, супеси твердые
1000	35,6	То же, с кольцевой пригрузкой грунта по площади, дополняющей площадь штампа до 5000 см ²	Пески, глины и суглинки твердые, полутвердые, тугопластичные, мягкопластичные и текуче-пластичные, супеси твердые и пластичные
600	27,7	Жесткий, круглый, плоский со сплошной подошвой Жесткий, круглый, плоский с фильтрующей подошвой	Песчаные, глины и суглинки твердые и полутвердые, супеси твердые, залегающие на уровне грунтовых вод и выше Глины и суглинки тугопластичные, мягкопластичные, текуче-пластичные, текучие, супеси пластичные и текучие, песчаные и глинистые породы с примесью органических веществ, в том числе с примесью органических веществ, залегающие ниже уровня грунтовых вод



$$E_0 = (1-\mu)wd \Delta P / \Delta S$$

μ - коэффициент Пуассона

d - диаметр штампа

ΔP - диапазон нагрузки

ΔS - диапазон осадки



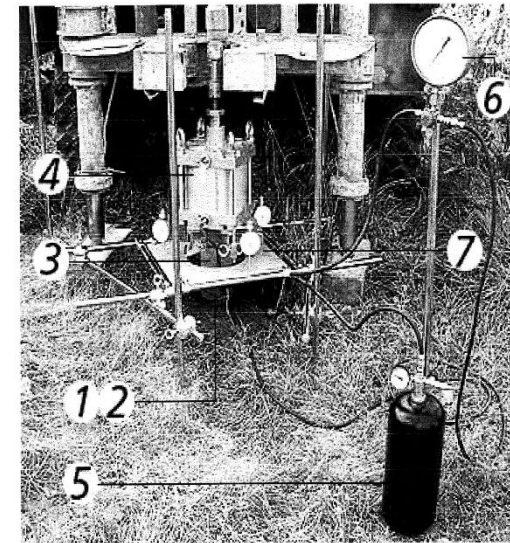
В скважинах глубиной до 20 м наиболее технологичным является винтовой штамп

- Винтовой штамп ШВ60 предназначен для определения в полевых условиях модуля общей деформации E_0 песчаных, глинистых, органо-минеральных и органических грунтов (ГОСТ 20276-99. Методы полевого определения характеристик

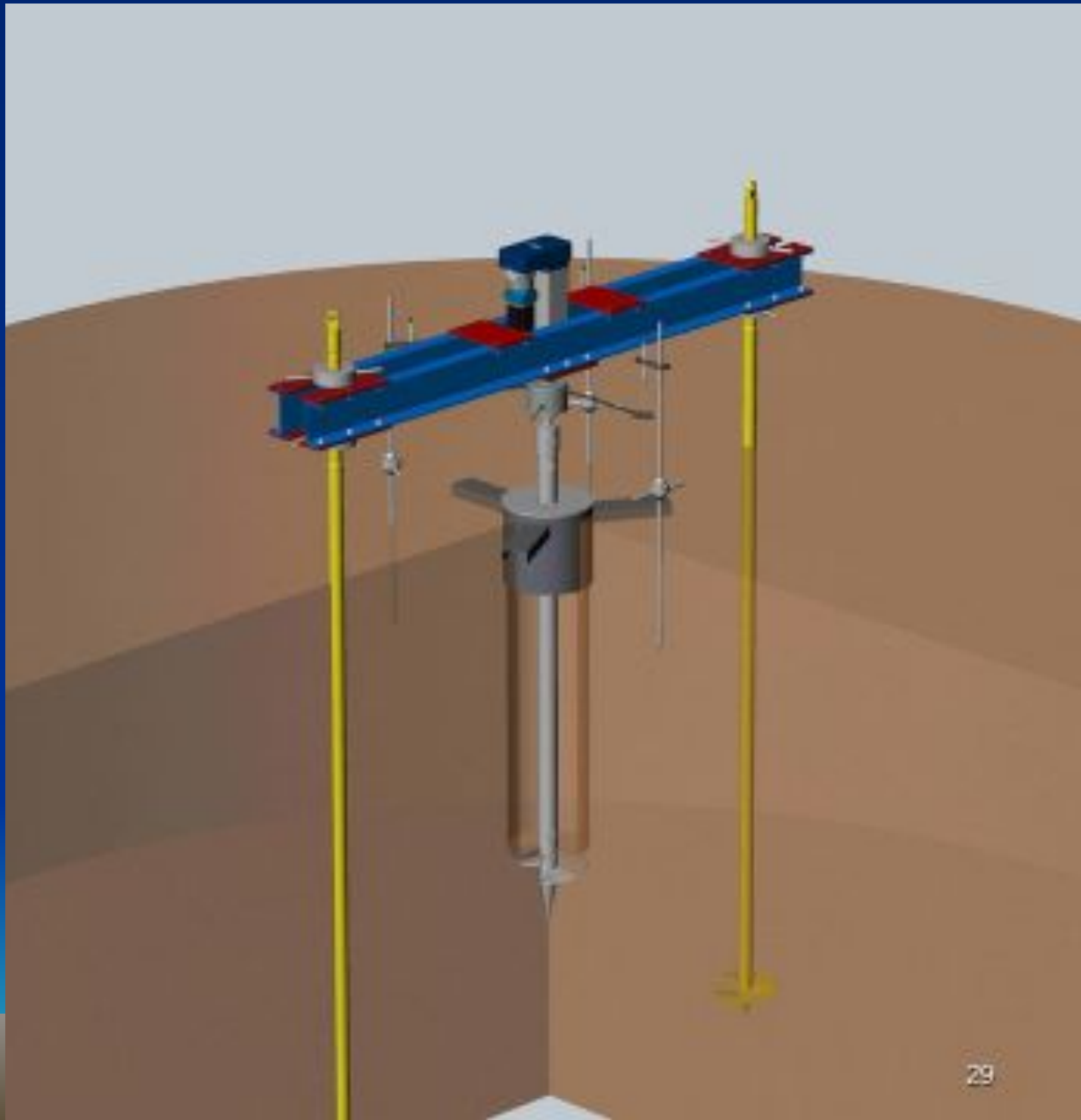
2.ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- диаметр штампа , мм - 277
- шаг лопасти, мм - 50
- диаметр ствола лопасти, мм - 89
- толщина лопасти, мм - 10
- диаметр ствола штампа, мм - 127
- максимальное давление на грунт, кПа - 750
- максимальная глубина испытаний, м - 20
- диаметр опытной скважины, мм - 325
- нагрузочная система - пневматическая
- максимальное давление в нагрузочной системе, МПа - 1,0
- точность измерения перемещений, не менее, мм - 0,1
- манометр кл. точности 0.4, кПа - до 1600
- температурный диапазон - от -10 до 30 С
- общая масса оборудования, кг - 120

Основные узлы штампа ШВ60 показаны на рисунке:



1 - лопастная лопасть со стволом;
2 - ствол штампа (обсадные трубы диаметром 127 мм с ниппельным соединением);
3 - грузочный стол с индикаторами ИЧ-50;
4 - пневмоцилиндр;
5 - сифер с манометром и пневмомагистралью;
6 - манометрическая головка с редукционным клапаном, манометром и нагрузочной пневмомагистралью;
7 - пневматическая система.



В определённых условиях штамповые испытания могут быть заменены прессиометрическими опытами

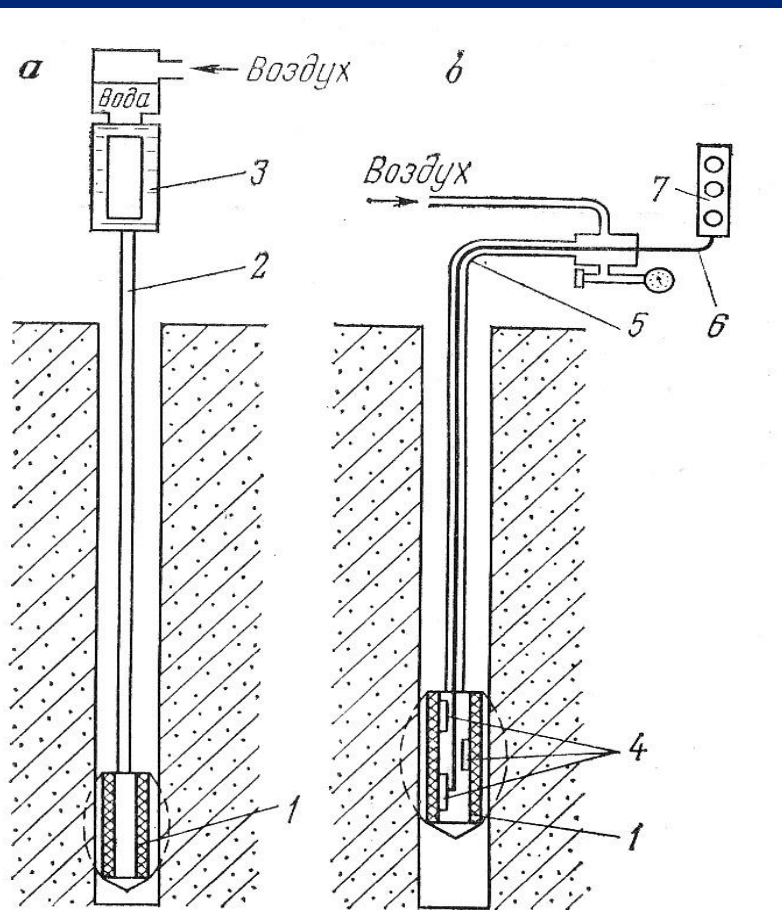


Рис. 13. Схема прессиометров:

а — гидравлический; *б* — пневмоэлектрический; *1* — резиновая оболочка зонда; *2* — колонна соединительных труб; *3* — водоизмерительные трубки; *4* — измерительные трубки; *5* — датчик; *6* — датчик; *7* — воздушный ввод.



Рис. 14. График прессиометрических испытаний:

I — тарировочная кривая; *II* — кривая испытаний

$$E_0 = k r_0 \Delta P / \Delta r$$

r_0 — начальный радиус скважины, соответствующий значениям P_n и Δr_n

ΔP — приращение величины давления на стенке скважины на участке 2 - 3

Δr — приращение перемещения стенки скважины (по радиусу) на участке 2 - 3

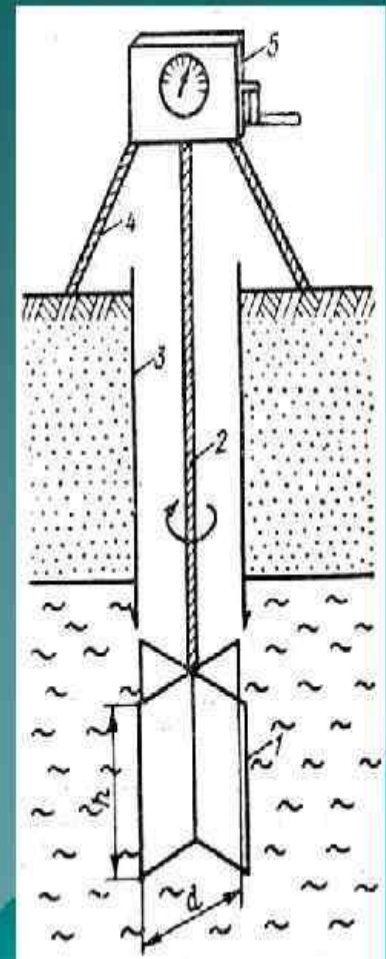
k — корректирующий коэффициент



Большое внимание при инженерно-геологических изысканиях уделяется изучению прочностных свойств пород

Прочностные характеристики (общее сопротивление сдвигу, угол внутреннего трения и удельное сцепление) могут быть получены с помощью вращательного среза или поступательного среза в скважинах

Вид прибора для вращательного среза



Рекомендуемые параметры оборудования для испытаний на срез в буровых скважинах

Параметры	Вращательный срез	Кольцевой срез	Поступательный срез
Крыльчатка (малая, средняя, большая): высота h , мм ширина (диаметр) d , мм толщина лопасти, мм постоянная крыльчатки B , см ³ $B = \frac{\pi d^2}{2} \left(h + \frac{d}{3} \right)$	120; 150; 200 60; 75; 100 2; 2,5; 3 790; 1545; 3660	— — — —	— — — —
Максимальное нормальное давление, 10 ⁵ Па	—	6	6
Максимальный крутящий момент, не менее 10 ⁴ , Н·см	1,8	10	—
Максимальное усилие среза, 10 ⁴ Н	—	—	4
Точность измерения деформаций породы, мм	—	0,2	0,2
Точность измерения крутящего момента, не менее, Н·см	0,2; 0,1; 0,1	0,2	—
Точность измерения сопротивления породы срезу, Н	0,1	0,1—0,2	0,2

Таблица 182

Проведение испытаний на срез и обработка результатов

Метод	Порядок проведения испытаний	Схема обработки результатов
Вращательный срез	<p>1. При испытании с земной поверхности определяют крутящий момент $M_0 = nl_0$, соответствующий преодолению трения штанг и стержня крыльчатки, путем вращения штанг со стержнем крыльчатки (без лопастей) в 0,5—1,0 м от точки испытания на той же глубине</p> <p>2. При испытании с поверхности крыльчатку вдавливают на заданную глубину, при испытании в скважине— на 0,1—0,5 м ниже забоя</p> <p>3. Крыльчатку проворачивают и определяют максимальный крутящий момент $M_{\max} = nl_{\max}$, соответствующий природной прочности породы</p> <p>4. Крыльчатку продолжают медленно вращать (2—3 оборота) и определяют установившийся момент $M_{\text{уст}} = nl_{\text{уст}}$, соответствующий прочности породы после нарушения в ней структурных связей</p>	<p>1. Вычисляют сопротивление породы сдвигу: для ненарушенного сложения</p> $\tau_{\max} = (M_{\max} - M_0) / B,$ <p>для нарушенного сложения</p> $\tau_{\text{уст}} = (M_{\text{уст}} - M_0) / B$ <p>2. Определяют показатель структурной прочности породы</p> $\Pi_c = \tau_{\max} / \tau_{\text{уст}}$

В последнее время стали применяться комплексные технологии, основанные на использовании лопастных прессиометров, которые позволяют в одном интервале определить сжимаемость и прочность пород



Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3



Фигура 4



Фигура 5

ЛОПАСТНЫЕ ПРЕССИОМЕТРЫ-СДВИГОМЕТРЫ ЛПМ-2-19 И ЛПМ-2-24

BLADE PRESSURE/SHEAR METERS, MODELS LPM-2-19 AND LPM-2-24

ЗАБУРИВАЮЩИЙСЯ ЛОПАСТНОЙ ПРЕССИОМЕТР-СДВИГОМЕТР ЛМП-2-25

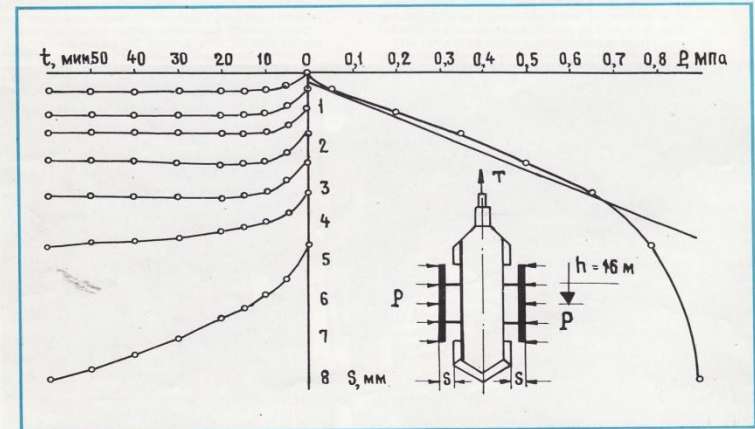
Основное назначение прибора — испытание водонасыщенных песков на деформацию и поступательный срез непосредственно в грунтовом массиве, ниже забоя скважины. Погружение прибора в массив осуществляется путем забуривания с помощью шнекового бурового инструмента, обеспечивающего экскавацию и транспортирование песка в специальный накопитель.

PRE-BORED BLADE PRESSURE/SHEAR METER, MODEL LPM-2-25

The instrument is primarily intended for strain and shear testing of water saturated sands directly in solid, below the face of bore-hole. The instrument is submerged into solid with the help of an auger drill which assures excavation and transport of sand into a special accumulator.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

INTERPRETATION OF TEST RESULTS



Фигура 9

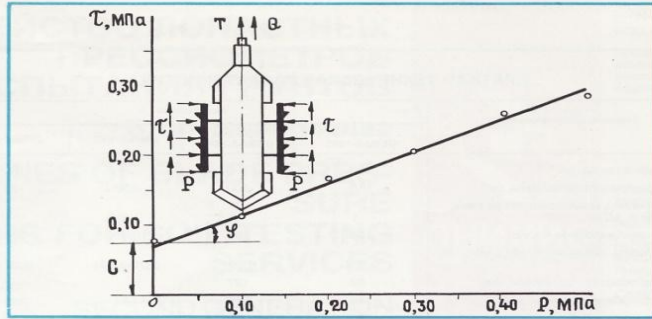
Испытания на деформацию (фиг. 9) направлены на установление связи между приращениями деформаций ΔS и ступенями нормальных давлений ΔP , что позволяет на участке прямо пропорциональной зависимости $S = f(P)$ с учетом формы ω и ширины штампа b , а также коэффициента Пуассона μ рассчитывать по формуле Шлейхера величину модуля деформации грунта:

$$E = (1 - \mu^2) \omega b \frac{P}{S}$$

Soil strain tests (fig. 9) are called to establish relations between strain increments ΔS and stages of normal pressure ΔP which will make it possible to calculate, via the direct ratio function $S = f(P)$ — bearing in mind the shape „ ω ” and width „ b ” of the plate — and the Poisson factor, the value of the modulus of soil deformation using the Schleicher equation:

$$E = (1 - \mu^2) \omega b \frac{P}{S}$$

Лопастные прессиометры могут работать в сложных геологических условиях и на различной глубине



Фигура 10

Стабилизация деформаций грунта устанавливается по графику $S_s=f(t)$ при заданной степени давления P_s . По результатам испытания грунта методом поступательного среза (фиг. 10) устанавливают зависимость предельного сопротивления сдвигу τ от нормального давления P , что позволяет по уравнению Кулона установить значения угла внутреннего трения φ и удельного сцепления C .

$$\tau = P \operatorname{tg} \varphi + C$$

Soil strain stabilization is established from the function of $S_s=f(t)$ at the given pressure stage P_s . The results of soil shear tests (fig. 10) make it possible to establish the function of shear resistance τ as normal pressure P , so that using the Coulon equation we can assess the value of the angle of inner friction and specific cohesion.

$$\tau = P \operatorname{tg} \varphi + C.$$

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Многочисленными экспериментальными исследованиями установлено, что влияние анизотропии на показатели деформируемости и прочности грунтов не существенно и им можно пренебречь на практике. Экспериментально также обоснованы формы и размеры штампов-лопастей и срезных пластин, приведенные в таблице. Методика испытаний, конструктивные и технологические параметры лопастных прессиометров-сдвигомеров регламентированы государственными стандартами СССР.

Установлено, что по сравнению с традиционными методами испытаний грунтов на деформации и поступательный срез лопастная прессиометрия повышает производительность трудоемких полевых опытов в 3—4 раза.

География использования лопастной прессиометрии обширна и охватывает практически все регионы СССР, включая акватории морей и рек, обеспечивая успешное решение полевых инженерно-геологических задач во всех областях строительства.

Приборы второго поколения хорошо зарекомендовали себя при инженерных изысканиях на территориях Болгарии, ГДР, Кубы, Монголии и Чехословакии.

Серийный выпуск приборов ЛПМ-2-19, ЛПМ-2-19С и ЛПМ-2-24, а также изготовление экспериментальных образцов ЛМП-2-25 осуществляет СКБ с опытным производством НПО «Стройзискания» (г. Рязань).

RECOMMENDATIONS ON EXPERIMENTAL TEST RESULTS

Comprehensive experimental research established that the effects of anisotropy on soil strain and strength characteristics are negligent and can be ignored in practical work. Also, the experiments helped optimize the shape and size of bearing and shearing plates, cited in the below. The test methods, the design and functional parameters of blade-type pressure/shear meters are all governed by the provisions of relevant USSR State Standards.

It is also established that, compared with the traditional soil strain and shear test methods, the blade pressure metering technique will raise by 3—4 times the labour productivity of field investigations.

The geography of the blade pressure metering technique is rather broad and extends practically to all regions in the USSR, including off-shore testing at sea and in rivers, thereby contributing to successful solution of geo-engineering problems in all spheres of construction.

The instruments of the second generation have proved their worth in geo-engineering surveys in Bulgaria, GDR, Cuba, Mongolia and Czechoslovakia.

Quantity production of the LPM-2-19, LPM-2-19S, LPM-2-24 instruments, and pilot production of the LPM-2-25 instruments, is set up at the pilot works in the city of Ryazan (USSR) by the Research & Production Association NPO «STROIIZYSKANIYA», jointly with a special design & engineering bureau — SKB.

КРАТКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Наименование параметра	Тип прибора			
	ЛПМ-2-19 (ЛПМ-2-19К)	ЛПМ-2-24 (ЛПМ-2-24К)	ЛМП-2-19С	ЛПМ-2-25
Площадь штампа, см ²	150	300	—	150
Площадь срезной пластины, см ²	150	300	100	150
Давление под штампом или срезной пластиной, МПа	1	0,5	0,5	1
Общее передаточное число	100	100	10/100	100
Погрешность измерения хода штампа, мм	0,001	0,001	0,01/0,001	0,001
Диаметр опытной скважины, мм	92	127	—	—
Диаметр обсадной трубы, мм	146	219	146	168
Глубина испытаний, м	80	10	30	30
Масса рабочего наконечника, кг	15,7	41,3	21	137
Радиус овального штампа, мм	64	74	—	—
Масса нагрузочного устройства, кг	8	8	10	8
Область применения	Испытания плотных грунтов на деформацию в буровой скважине и слабых водонасыщенных грунтов в массиве. Испытания грунтов на прочность в скважинах с устойчивыми стенками		Испытания слабых водонасыщенных грунтов на прочность в массиве и в скважине при медленном режиме	Испытания водонасыщенных грунтов на деформацию и прочность в массиве, ниже забоя скважины

BRIEF TECHNICAL PARTICULARS

Parameters	Types of instruments			
	LPM-2-19 (LPM-2-19K)	LPM-2-24 (LPM-2-24K)	LMP-2-19S	LPM-2-25
Bearing plate area, cm ²	150	300	—	150
Shearing plate area, cm ²	150	300	100	150
Pressure under bearing of shearing plate, MPa	1	0.5	0.5	1
Total gear ratio	100	100	10/100	100
Error in bearing plate travel measurements, mm	0,001	0,001	0,01/0,001	0,001
Test bore-hole diameter, mm	92	127	—	—
Casing diameter, mm	146	219	146	168
Testing depth, m	80	10	30	30
Mass of headpiece, kg	15,7	41,3	21	137
Radius of oval bearing plate, mm	64	74	—	—
Mass of loading weight, kg	8	8	10	8
Areas of application	Soil strain testing of dense soils in bore-holes and of weak soils in solid. Strength soil testing in bore-holes with stable walls		Strength testing of weak water saturated soils in solid and in bore holes at a slow pace	Strain and strength testing of water saturated sands in solid below the face of bore-holes

Художник В. М. Веселов
Ответственный за выпуск Л. П. Михайлова
РПО Упролполиграфиздат
г. Калинин, пр. Чаковского, 26
1990 г.

БЭА0325. Подписано в печать 14.06.90. Формат 60×84¹/₂. Печать офсетная. Усл. л. 0,93. Тираж 1500 экз. Изд. № 482. Заказ № 5336. Бесплатно.
Сдана в печать 14.06.90. Калининский полиграфкомбинат Государственного комитета СССР по печати, г. Калинин, проспект Ленина, 5.

Специальное программное обеспечение позволяет всесторонне анализировать материалы зондирования и сопутствующих исследований

CPT-pro - Powerful CPT graphing and interpretation software for Geotechnical Engineers

CPT-pro is a multi-module program designed for complex analysis, interpretation and presentation of CPT soundings, and also for elaborating geotechnical documentation.

Methods of CPT sounding interpretation along with formulae and graphs have mostly been extracted, with the knowledge and consent of the authors, directly from the monograph of:

Lunne, T., Robertson P.K. and Powell J.J.M.

Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice.

Published by Blackie Academic & Professional. 1997.

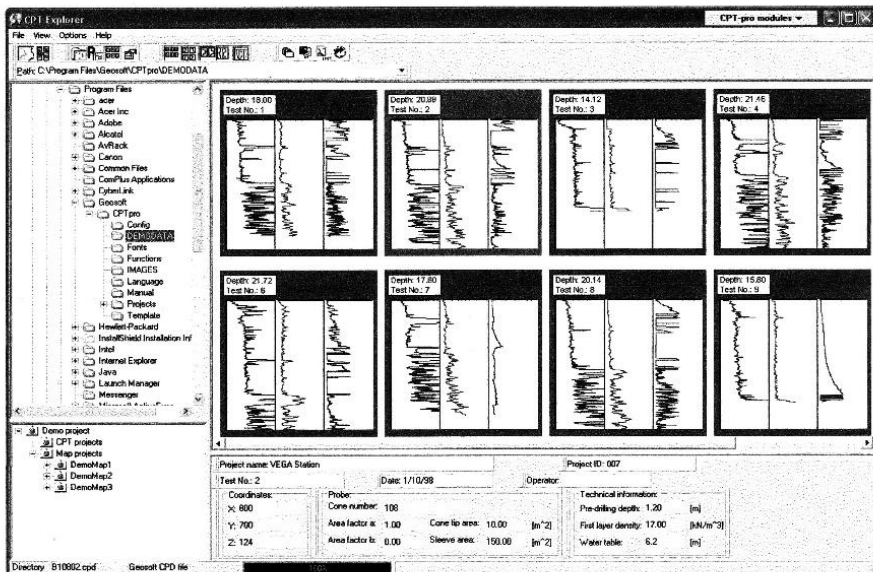
PROGRAM STRUCTURE AND FUNCTIONS

CPT-pro consists of six modules:

1. [CPT Explorer]

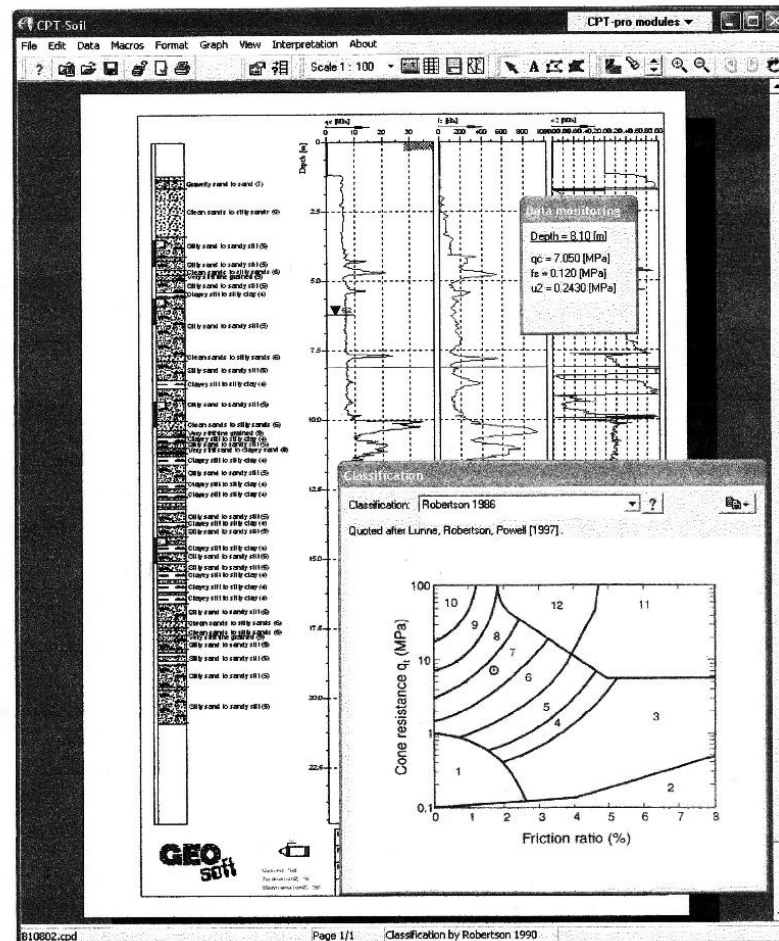
for managing CPT data, containing:

- Browser with directory tree
- Map Project structure (tools and tree)
- Thumbnails with charts of selected parameter
- Header info with full selection of text
- Quick zoom



CPT Explorer window

2. [Interpretation] module:



Sounding log with result of classification on Robertson's chart.

Для исследования песчано-гравийных разрезов широко применяется динамическое зондирование

Самоходная установка динамического зондирования
(производство компании «Фугро»)
(глубина зондирования до 20 м)



Технология динамического зондирования весьма разнообразна и может применяться для различных грунтов

Таблица 3.3

Части зондов	Основные параметры зондов	
	ударного	ударно-вибрационного
Конус:		
угол при вершине конуса, град	60	60
диаметр основания конуса, мм	74,0	100,0
Штанги зондов:		
наружный диаметр, мм	42,0	62,5
длина звеньев, м, не менее	1,0	1,5

кого сопротивления p_d (см. ниже) установки динамического зондирования согласно ГОСТ 19912-2001 применяются трех типов: легкие — $A_3 = 280$ Н/см, $p_d \leq 0,7$ МПа; средние — $A_3 = 1120$ Н/см, $0,7 < p_d \leq 17,5$ МПа и тяжелые — $A_3 = 2800$ Н/см, $p_d > 17,5$ МПа. Ударное устройство для погружения зонда (молот, вибромолот) в основание должно отвечать требованиям, приведенным в табл. 3.4.

Динамическое зондирование выполняется непрерывной забивкой зонда в грунт свободно падающим молотом или вибромолотом. Перерывы в забивке допускаются только для наращивания штанг зонда.

Таблица 3.4

Характеристика оборудования	Ударное зондирование установки			Ударно-вибрационное зондирование
	легкой	средней	тяжелой	
Масса молота (вибромолота), кг	30	60	120	350
Высота падения молота, см	40	80	100	-
Максимальный ход ударной части, см	-	-	-	13,5
Момент массы дебалансов, кг·см	-	-	-	200
Частота ударов, уд/мин	20-50	15-30	15-30	300-1200

При ударном зондировании фиксируют глубину погружения зонда h от определенного числа ударов молота (определенное число ударов называют залогом), а при ударно-вибрационном зондировании производят автоматическую запись скорости V погружения зонда. Число ударов в залеге при ударном зондировании рекомендуется принимать в зависимости от вида и состояния грунтов в пределах 120 ударов, исходя из величины погружения за залог $h = 10-15$ см. По специальному заданию допускается фиксировать число ударов при погружении зонда на определенное значение h (например, на $h = 10$ см). Испытание заканчивается при достижении заданной глубины погружения зонда или в случае резкого уменьшения скорости погружения зонда — $h < 2-3$ см за 10 ударов или $V < 1$ см/с.

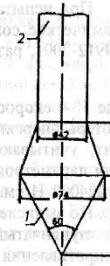


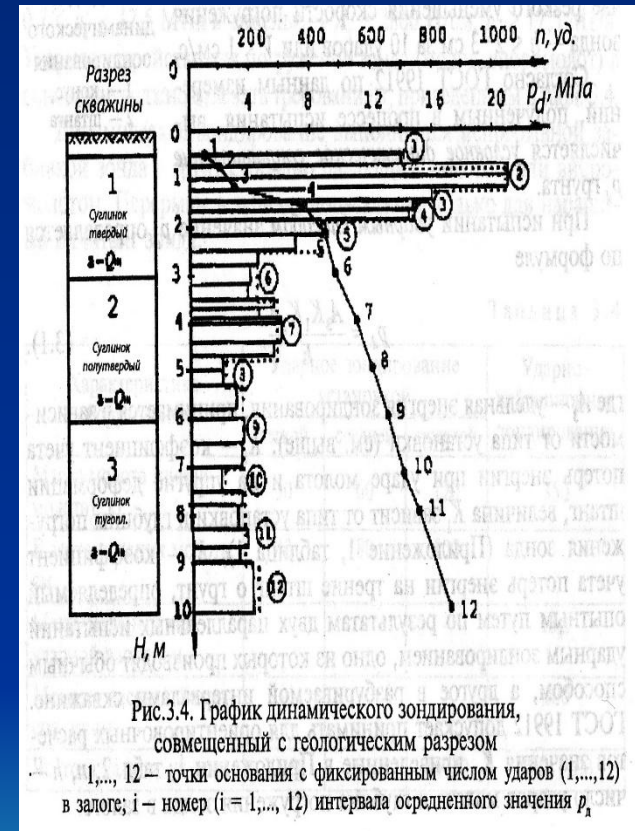
Рис.3.3. Схема зонда для динамического зондирования
1 — конус, 2 — штанга

Согласно ГОСТ 19912 по данным измерений, полученным в процессе испытания, вычисляется условное динамическое сопротивление p_d грунта.

При испытании ударным способом значение p_d определяется по формуле

$$p_d = \frac{A_3 K_1 K_2 n}{h} \quad (3.1)$$

где A_3 — удельная энергия зондирования, принимается в зависимости от типа установки (см. выше); K_1 — коэффициент учета потерь энергии при ударе молота и на упругие деформации штанг, величина K_1 зависит от типа установки и глубины погружения зонда (Приложение 1, таблица 1); K_2 — коэффициент учета потерь энергии на трение штанг о грунт, определяемый опытным путем по результатам двух параллельных испытаний ударным зондированием, одно из которых производят обычным способом, а другое в разбуриваемой интервалами скважине. ГОСТ 19912 допускает принимать для ориентировочных расчетов значения K_2 , приведенные в Приложении 1, табл. 2; n , h — число ударов молота и глубина погружения зонда в залеге.



Интерпретация результатов зондирования носит эмпирический характер и закреплена в табличной форме в нормативных документах

Таблица 3

Значения коэффициента K_1 , учитывающего потери энергии при ударно-вибрационном зондировании

Глубина погружения зонда, м	Коэффициент K_1
Св. 0,5 до 1,5 включит.	0,74
" 1,5 " 4,0 "	0,72
" 4,0 " 8,0 "	0,70
" 8,0 " 12,0 "	0,68
" 12,0 " 16,0 "	0,65
" 16,0 " 20,0 "	0,62

Приложение 2

Зависимость характеристик прочности грунтов от показателей зондировочных испытаний [9]

Таблица 1

Значения угла внутреннего трения ϕ песков по результатам статического зондирования

Пески	Глубина зондирования, м	ϕ , град при q_c , МПа						
		1	2	4	7	12	20	30
Крупные	2	28	30	32	34	36	38	40
Средней крупности и мелкие	5 и более	25	28	30	32	34	36	38

Таблица 2

Значения угла внутреннего трения ϕ песков по результатам динамического зондирования

R_d , МПа	ϕ , град			
	крупные и средней крупности		мелкие	пылеватые
2,0	30		28	26
3,5	33		30	28
7,0	36		33	30
11,0	39		35	32
14,0	40		37	34
17,5	41		38	35

Таблица 3

Значения ϕ и c глинистых грунтов по результатам статического зондирования

q_c , МПа	ϕ , град	c , МПа	q_c , МПа	ϕ , град	c , МПа
0,5	16	0,018	3,5	23	0,053
1,0	17	0,024	4,0	24	0,058
1,5	18	0,030	4,5	25	0,064
2,0	19	0,036	5,0	26	0,070
2,5	20	0,041	5,5	27	0,076
3,0	22	0,047	6,0	28	0,082

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Значения величин, применяемых при определении условного динамического сопротивления грунта (ГОСТ 19912-2001)

Таблица 1

Глубина погружения зонда, м	Коэффициент K_1 при установившемся		
	легкой	средней	тяжелой
Св. 0,5 до 1,5 включит.	0,49	0,62	0,72
" 1,5 " 4,0 "	0,43	0,56	0,64
" 4,0 " 8,0 "	0,37	0,48	0,57
" 8,0 " 12,0 "	0,32	0,42	0,51
" 12,0 " 16,0 "	0,28	0,37	0,46
" 16,0 " 20,0 "	0,25	0,34	0,42

Таблица 2

Значения коэффициента K_2 , учитывающего потери энергии на трение штанг о грунт

Глубина погружения зонда, м	Коэффициент K_2 для грунтов	
	песчаных	глинистых
Св. 0,5 до 1,5 включит.	1,00	1,00
" 1,5 " 4,0 "	0,92	0,83
" 4,0 " 8,0 "	0,84	0,75
" 8,0 " 12,0 "	0,76	0,67
" 12,0 " 16,0 "	0,68	0,59
" 16,0 " 20,0 "	0,60	0,50

Приложение 3

Зависимость состояния грунтов от показателей зондировочных испытаний [9]

Таблица 1

Пески	q_c , МПа	Плотность
Крупные и средней крупности любой влажности	>15	плотные
	5-15	средней плотности
Мелкие, любой влажности	<5	рыхлые
	>12	плотные
Пылеватые маловлажные и влажные	4-12	средней плотности
	<4	рыхлые
	>10	плотные
Пылеватые водонасыщенные	3-10	средней плотности
	<3	рыхлые
	>7	плотные
	3-7	средней плотности
	<3	рыхлые

Таблица 2

Пески	R_d , МПа	Плотность
Крупные и средней крупности любой влажности	>12,5	плотные
	3,5-12,5	средней плотности
Мелкие маловлажные	<3,5	рыхлые
	>10	плотные
Пылеватые маловлажные и мелкие водонасыщенные	3-10	средней плотности
	<3	рыхлые
	>8,5	плотные
	2,5-8,5	средней плотности
	<2	рыхлые

Таблица 3

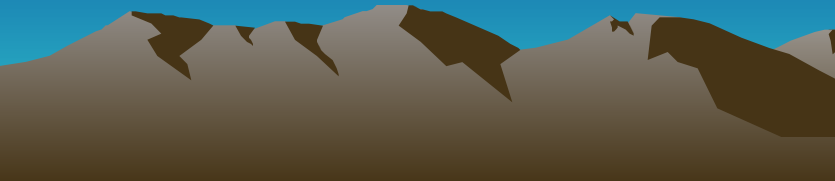
Консистенция глинистых грунтов по результатам статического зондирования

q_c , МПа	Консистенция
>5	твердая
3-5	полутвердая
1-3	тугопластичная
<1	мягко- или текучепластичная

Приложение 4

Список ГОСТ на методы полевых испытаний грунтов

- 3.0672-99 Грунты. Полевые испытания. Общие положения.
- 2.0276-99 Грунты. Методы полевой определения характеристик прочности и деформируемости.
- 1.9912-2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.
- 4.5686-94 Грунты. Методы полевых испытаний сваями.
- 5.23278-78 (86) Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости.
- 6.20522-96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.



Лабораторные исследования состава, состояния и свойств грунтов – важнейшая часть инженерных изысканий

Лабораторные исследования грунтов

Вид характеристики	Определяемая характеристика	Грунт				ГОСТ
		скальный	крупно-обломочный (для заполнителя)	песчаный	глинистый	
Физическая	Природная влажность	С	+	+	+	5180–84
	Влажность гигроскопическая	-	С	+	С	
	Плотность частиц грунта	С	-	+	+	
	Плотность грунта	+	С	+	+	
	Границы текучести и раскатывания	-	С	-	+	
Деформационная	Гранулометрический состав	-	С	+	С	12536–79
	Сжимаемость	-	С	С	+	23908–79
Прочностная	Прочность при одноосном сжатии	+	-	-	С	17245–79
	Сопротивление срезу	-	С	С	+	12248–78

Условные обозначения: + — выполняются обязательно
С — по специальному заданию

Классификация грунтов

1. Песчаные грунты

а) по плотности

Таблица 7.7

Вид песка	Плотность при е		
	Плотные	Средней плотности	Рыхлые
Крупный и средней крупности	<0,55	0,55...0,7	>0,7
Мелкий	<0,6	0,6...0,75	>0,75
Пылеватый	<0,6	0,6...0,8	>0,8

б) по степени влажности

Таблица 7.8

Степень водонасыщения	S_r
Маловлажные	<0,5
Влажные	0,5...0,8
Водонасыщенные	>0,8

2. Глинистые грунты

а) по числу пластичности

Таблица 7.9.

Вид глинистого грунта	При I_p
Супесь	<0,07
Суглинок	0,07–0,17
Глина	>0,17

б) по показателю текучести

Таблица 7.10.

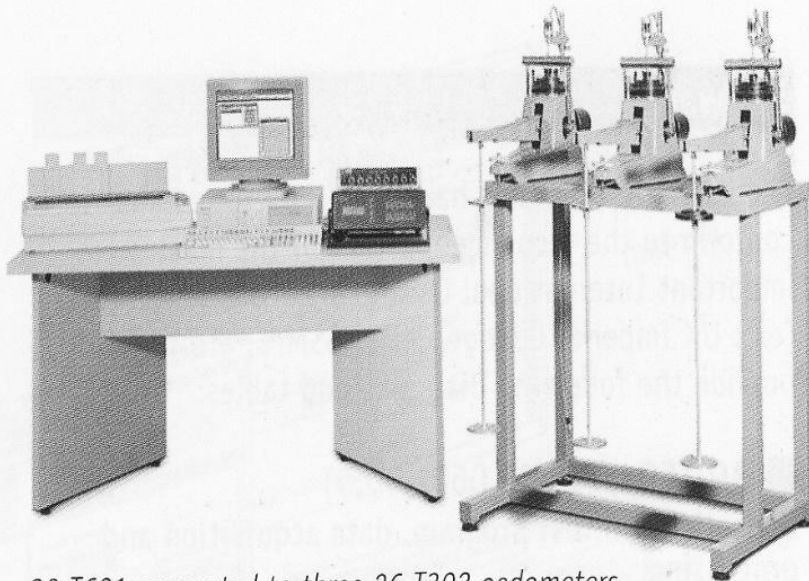
Вид и состояние пылевато-глинистых грунтов		при I_L
Супеси	Твердые	< 0
	Пластичные	0–1,0
	Текучие	>1,0
Суглинки и глины	Твердые	<0,0
	Полутвердые	0–0,25
	Тугопластичные	0,25–0,5
	Мягкопластичные	0,5–0,75
	Текучепластичные	0,75–1,0
Текучие	>1,0	

Современная инженерно-геологическая лаборатория оснащена различными компьютеризированными приборами (одеметры, приборы прямого среза, стабилметры).

Geotechnical soil testing 30

ELECTRONIC INSTRUMENTATION

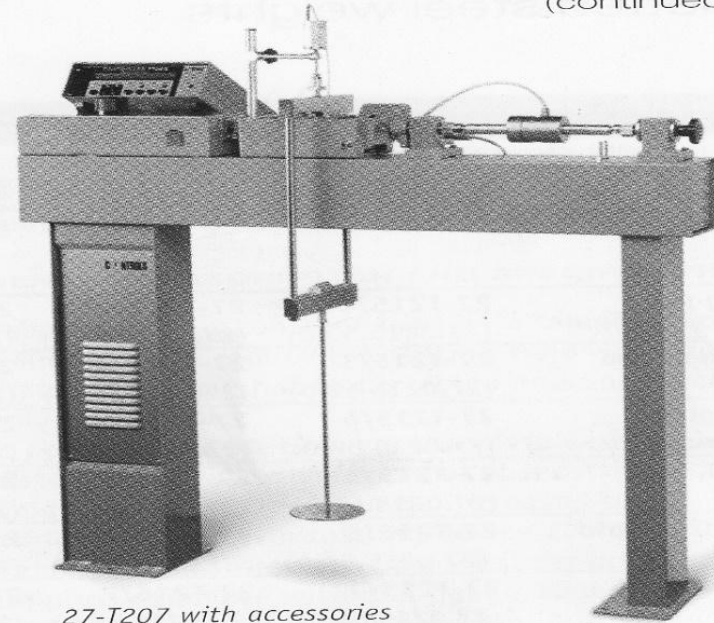
Acquisition and processing system
(continued)



30-T601 connected to three 26-T302 oedometers

Geotechnical: Direct shear 27

Machine / Shear box assemblies
(continued)



27-T207 with accessories

- ✓ Infinitely variable speed drive from 0.00001 to 2 mm/min
- ✓ Compact ergonomic design
- ✓ Serial port RS 232 C for data transmission to PC in real time

В одометрах моделируется компрессионное сжатие породы в условиях невозможности бокового расширения

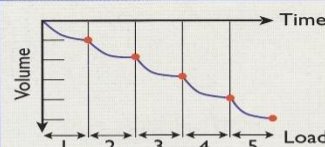
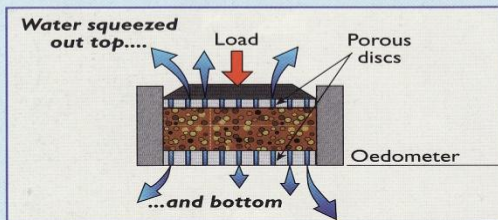
Consolidation

The problems associated with long-term consolidation of clays and other compressible soils have been known for many years. When a load such as that imposed by a structural foundation is placed on the ground, some settlement will occur even if the applied pressure is well within the safe bearing capacity of the soil.

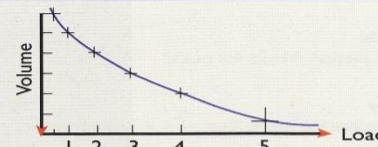
Traditionally consolidation has been measured in an oedometer and is generally known as the one-dimensional consolidation test. Developments in test techniques and apparatus have led to the use of hydraulic consolidation tests. ELE offers a range of apparatus designed to comply with the requirements of these various test procedures.



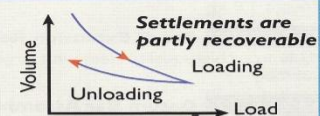
The Theory of Consolidation



Consolidation is time dependent:
coarse grain soil - fast
fine grain soil - slow



Soil gets stiffer with increasing load



Settlements are partly recoverable



Трёхосные испытания грунтов позволяют наиболее точно моделировать напряжённое состояние грунтов и прогнозировать их деформационное поведение.

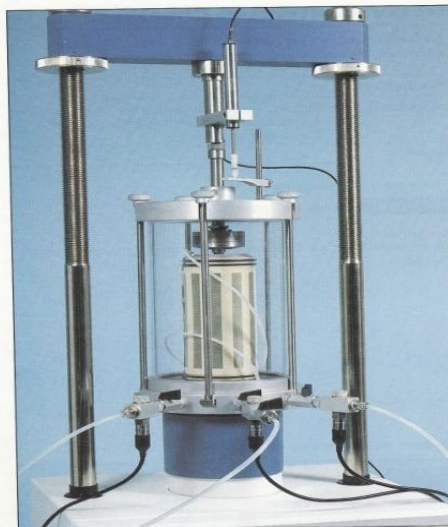


Effective Stress

Effective Stress = Total Stress - Pore Water Pressure
Effective Stress is drainage dependent (time and permeability dependent)



Strength depends on Effective Stress NOT Total Stress



Soil Strength (Triaxial)

The measurement of total stress or effective stress requires the use of different procedures and therefore different accessories and equipment.

Total stresses are normally measured in a triaxial cell where the sample is subjected to an all round confining pressure (σ_3). A load is then applied (σ_1) through a piston onto a pressure pad. The sample is confined in a rubber membrane and no drainage in to or out of the specimen is allowed. Pore water pressures are not normally measured and the undrained test is often referred to as the QU-TXL test. An extension of the QU test is the unconsolidated undrained test (UU), this is similar to the QU test but is run at a slower rate in order to measure pore water pressure.

Effective stresses when measured in a triaxial cell are more complex in their nature. Numerous parameters may be measured including back pressure, pore water pressure and volume change. From these values various engineering properties can be calculated.

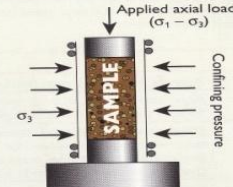
Effective stress tests are usually referred to as consolidated drained (CD) or consolidated undrained (CU). Generally the CD test is applicable to sands and either the CU or CD test is applicable to clays. There are many special test variations within these basic test groupings.

ELE's range of triaxial cells and accessories used in conjunction with other equipment such as load frames, pressure sources and measurement devices etc, are particularly suited to meet the wide ranging requirements of a modern soil mechanics laboratory.

Types of Test

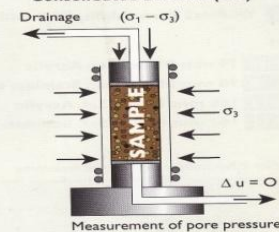
Total Stress Measurement

Quick undrained (QU) and Unconsolidated Undrained (UU)

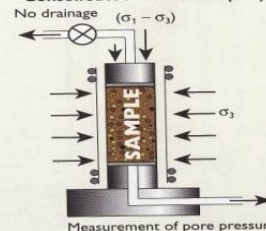


Effective Stress Measurement

Consolidated Drained (CD)



Consolidated Undrained (CU)



Среди полевых методов инженерно-геологических изысканий особое место занимают геофизические методы, позволяющие решать широкий круг разведочных задач.

- В настоящее время геофизические методы могут привлекаться для решения разнообразных геологических, гидрогеологических и специальных задач: от изучения строения массива до контроля качества выполнения буронабивных свай. Рекомендуемые виды и объёмы геофизических работ приведены в Приложениях 3 и 4 (по СП 11-105). Среди всего разнообразия геофизических методов для инженерно-геологических исследований, прежде всего, следует выделить:
 - **электроразведку,**
 - **сейсморазведку,**
 - **ядерные методы.**

Различные модификации электроразведки основаны на наблюдениях за особенностями распространения естественных или искусственных электромагнитных полей в горных породах.

- Эти особенности зависят, прежде всего, от способности горных пород проводить постоянный или переменный электрический ток.
- Одним из важнейших параметров, характеризующих электрические свойства грунтов, является их удельное электрическое сопротивление, измеряемое **в омах на кубический метр**.
- Для горных пород эта величина варьирует от долей до сотен тысяч ом . метров. Зависит она от литологического состава пород, их структуры, пористости и трещиноватости, степени водонасыщения и минерализации поровой влаги.

Для чего применяем?

- расчленение разреза на литологические слои;
- определение глубины залегания кровли скальных грунтов;
- картирование погребенных речных долин;
- картирование вечномерзлых грунтов;
- выявление и оконтуривание закарстованных зон;
- установление и прослеживание тектонических нарушений и зон трещиноватости;
- определение положения уровня грунтовых вод;
- определение направления и скорости движения подземных вод;
- определение коррозионной активности грунтов и наличия блуждающих токов.

Большая группа сейсмических методов привлекается для решения двух групп задач: изучения геологического строения (условий залегания различных пород) и изучения физического состояния и физико-механических свойств пород.

Общий вид аппаратуры для сейсмического профилирования

(томографическое просвечивание)

- Все сейсмические методы базируются на наблюдениях за распространением в массиве упругих колебаний, вызванных ударным воздействием. В зависимости от используемых диапазонов частот упругих волн различают методы:
- сейсмические (менее 200 – 300 герц),
- акустические (от 200 – 300 до 10 000 – 20 000 герц)
- ультразвуковые (более 10 000 – 20 000 герц).



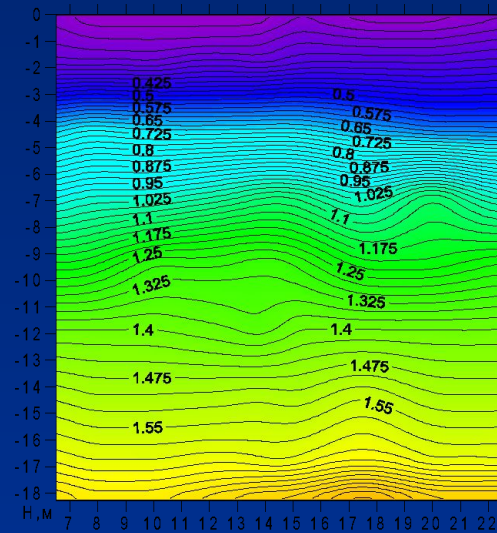
Современные сейсмические зонды (геофоны или акселерометры) позволяют фиксировать весь спектр упругих волн в грунтах, при этом могут быть отфильтрованы паразитические шумы, сняты эффекты смазывания, искажения и смещения фаз.

Соответственно разработан математический аппарат, позволяющий отфильтровывать ошибочные или аномальные данные и определять скорости продольных и поперечных волн с достаточно высокой точностью и с учётом физического состояния и свойств грунтов.

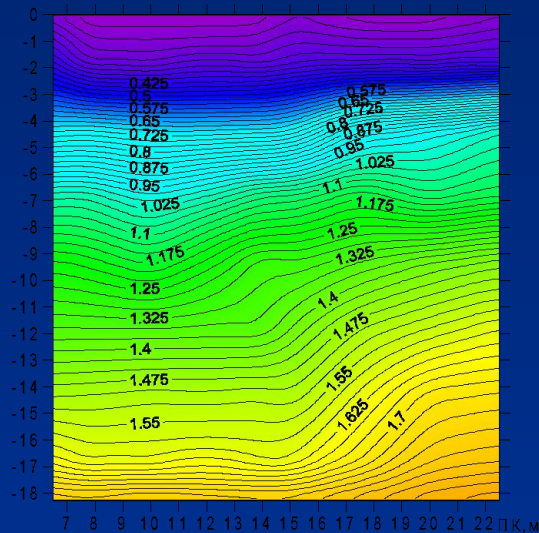
В рамках статического анализа упругой среды могут быть получены важнейшие характеристики скальных и полускальных грунтов:

- коэффициент Пуассона μ ,
- модуль сдвига G_0 ,
- модуль Юнга E ,
- модуль объёмной деформации B :

Сейсмическая томография позволяет получить представление о неоднородности состава и свойств грунтового массива



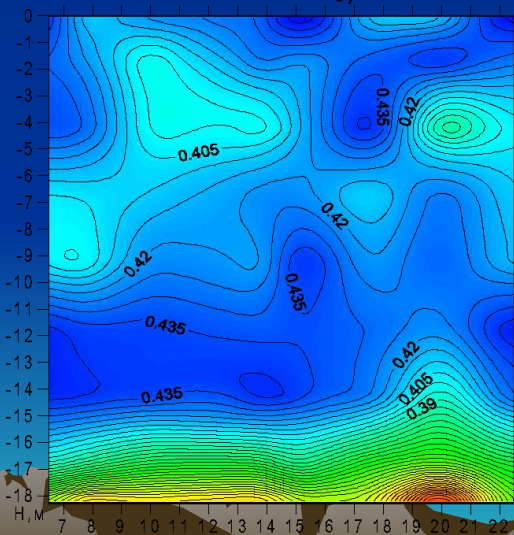
а)



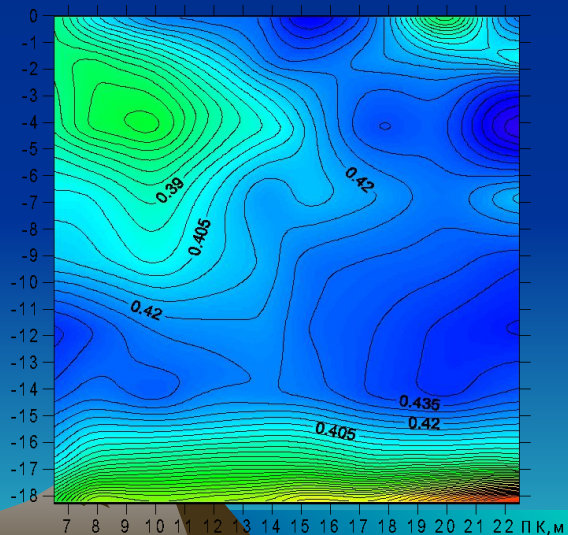
б)

Обычный скоростной разрез -
слоистая градиентная среда

Распределение
коэффициента Пуассона
иллюстрирует
дискретно-очаговую
неоднородность массива



а)



б)

Общая характеристика ядерных методов, применяемых при инженерно-геологических исследованиях

Ядерные методы подразделяются на две группы:

- методы, основанные на замере естественной радиоактивности горных пород, подземных вод и воздуха;
- методы, использующие искусственное облучение горных пород нейтронами или гамма – излучением.

Основные модификации ядерных методов, применяемых в инженерно-геологических исследованиях

Название метода	Сущность метода	Определяемые характеристики горных пород
Гамма-метод	Измерение интенсивности гамма-излучения	Изучение и корреляция различных слоёв геологического разреза
Нейтронный метод	Измерение интенсивности вторичного гамма-излучения, вызванного воздействием быстрых нейтронов на горную породу	Изучение геологического разреза и определение влажности и плотности пород
Нейтрон - нейтронный метод	Измерение интенсивности излучения тепловых нейтронов, прошедших через горную породу	Изучение геологического разреза и определение влажности пород
Гамма-гамма метод	Изучение интенсивности рассеянного гамма-излучения, прошедшего через породу	Определение плотности горных пород
Гамма-гамма метод	Измерение интенсивности гамма-гамма излучения, поглощенного породами	Определение плотности пород

Большим преимуществом ядерных методов является возможность исследовать горные породы и определять их плотность и влажность в условиях естественного залегания непрерывно по всему разрезу, не прибегая к трудоёмким операциям по отбору проб.

Soil testing NUCLEAR DENSITY GAUGES 29

Nuclear Density Gauges

Nuclear density gauges provide a rapid on-site determination of both wet and/or dry density. They are used for many applications including compaction control of fill asphalt paving layers and the testing of moisture in structures.

These methods are fast, accurate and simpler with immediate, on-site results, permitting maximum quality control.

Mode of Operation

Moisture density gauges operate by penetration from a safety-sealed rad source inside the gauge unit. The natural source is caesium-137 which emits gamma rays, enabling measurement of density, and americium-241 which emits neutrons.

Determination

A safety-sealed caesium-137 source emits gamma rays into the test material. If there is a low density a large amount of radiation will pass through and be detected by the Geiger-Muller detector also in the gauge. A material of low density will give a high meter reading for a long period of time. A material of high density will give a low meter reading for a short period of time, as the high density material absorbs the gamma rays. This effect acts as a radioactive density using the MC-3.

Working and Safety

It is a comprehensive training manual for all UK customers who purchase a nuclear gauge from E.E. Customers should note that this is a nuclear gauge, they should advise with regard to local regulations from any relevant local authority.

Mode of operation using backscatter and direct transmission methods

Backscatter - AC Position
The source is flush with the test surface giving a shallower reading to 50 mm on thin lift materials.

Backscatter - BS Position
A small hole is pre-drilled in the test material and the nuclear gauge is placed on the surface over the hole. Using the source rod the radioactive source is lowered in increments of 50 mm or 25 mm, into the hole to a depth of up to approximately 200 mm or 300 mm.

Direct Transmission
A small hole is pre-drilled in the test material and the nuclear gauge is placed on the surface over the hole. Using the source rod the radioactive source is lowered in increments of 50 mm or 25 mm, into the hole to a depth of up to approximately 200 mm or 300 mm.




29 Soil testing NUCLEAR DENSITY GAUGES

MC-1DR Portaprobe® Moisture/Density Gauge

BS 1377, 1924: ASTM D2922, D2950, D3017

- Direct readings
- Automatic depth sensing
- High contrast LED
- Simple 3 button keypad

A direct-readout, portable gauge for fast, accurate measurements of density and moisture content of construction materials for compaction control.

The MC-1DR can be used to measure both moisture and density in fills, embankments, bases and asphalt. Four alternative gauges are available providing a range of probe depths of 200 or 300 mm in increments of 25 or 50 mm.

All gauges are easy to use and eliminate the time-consuming laboratory work associated with other test methods. Readings are given on a liquid-crystal display which is easily read in bright sunlight.

Audible warnings are given during both operation and on completion of a reading being taken. At the end of a count cycle the MC-1DR automatically shuts off and the readings are statistically averaged, converted into engineering units and displayed directly on the LCD.

The gauges are constructed of strong, rigid, lightweight cast aluminium, incorporating heavy shielding for maximum operator safety. The radioactive sources are double encapsulated within the gauge and source rod. A spring mounted tungsten carbide shutter opens and closes when the source rod is moved.

The unit is supplied complete with a moulded plastic shipping case, reference standard, guide plates, drill pin, manual, alkaline batteries, wipe test kit, wipe certificate and calibration chart.

Specification
Gauge dimensions (Depth x width x height)
200 mm probe 229 x 356 x 584 mm
300 mm probe 229 x 356 x 686 mm
Gauge dimensions (Depth x width x height)
200 mm probe 381 x 432 x 662 mm
300 mm probe 381 x 432 x 762 mm
Radioactive source
10 mCi Cs-137
50 mCi Am-241 (Se)
Range
Density 1.12 to 2.73 Mg/m ³
Moisture 0 to 64%
Units
Mg/m ³ , t/m ³ and count
Count time
Fixed one minute
Display
LCD two line 16 characters
Power
6 D size Hi-Temp alkaline batteries
Gauge weight
15 kg
Shipping weight
33 kg



EL29-4525 MC-1DR-42 Portaprobe® Moisture/Density Gauge, for measuring 100 depth in increments of 50 mm. As per BS 1377.

EL29-4526 MC-1DR-42 Portaprobe® Moisture/Density Gauge, for measuring 100 depth in increments of 50 mm. As per BS 1377.

EL29-4545 MC-1DR-41 Portaprobe® Moisture/Density Gauge, for measuring 100 depth in increments of 25 mm. As per BS 1377.

EL29-4555 MC-1DR-122 Portaprobe® Moisture/Density Gauge, for measuring 100 depth in increments of 25 mm. As per BS 1377.

EL29-4585 MC-1DR-121 Portaprobe® Moisture/Density Gauge, for measuring 100 depth in increments of 25 mm. As per BS 1377.

◀ The clear display of the MC-1DR Portaprobe

Soil testing RADIOLOGICAL SAFETY

Portable Gamma Radiation Monitor

EL29-7000

A dose equivalent monitor to measure the neutron dose rate which would be received by a person occupying the same position as the instrument. The unit is sealed in lead, has high sensitivity with excellent gamma rejection and seven values of dose are indicated. The unit also has recorder and alarm sockets.

A dose equivalent monitor to measure the neutron dose rate which would be received by a person occupying the same position as the instrument. The unit is sealed in lead, has high sensitivity with excellent gamma rejection and seven values of dose are indicated. The unit also has recorder and alarm sockets.

The portable monitor has a large, ergonomically sealed meter, with an open scale on the lower end to show background radiation, which disappears 'high level' without switching. An alarm can be set to trip at any level on the scale and in operation a speaker gives an audible estimate of radiation intensity. An internal compact re-charge unit is included when using rechargeable batteries.

Specification
Dimensions (Depth x width x height)
107 x 163 x 168 mm
Range
0.5 to 5000 Sv/h
0.05 to 500 Sv/h
Response
As fast as 1/325 sec
Batteries
4 type AA cells, alkaline (IEC Major manufacturers (IEC R41/S15))

EL29-7010 Neutron Dose Equivalent Monitor, complete with GM tube, alkaline batteries and operating instructions concerning safety and correct response to threat.

General Safety Equipment

EL29-7100 Personal Radiation Warning Alarm

A small, lightweight unit of rugged construction designed to warn both you and your vehicle of any radiation level in the immediate vicinity.

Specification
Dimensions (Depth x width x height)
125 x 100 x 100 mm
Dose rate range
0.05 to 3.0 Sv/h
Energy range
0.025 Sv/h to 1.5 Sv/h
Measurement range
0.025 Sv/h to 300 Sv/h
Response accuracy
approximately 360 cps per Sv/h
Display
Analog
Alarms
Moving and meter with 100 dB horn, 100 dB
Dimensions (Depth x width x height)
107 x 163 x 168 mm
Approximate dose rate
0.025 Sv/h to 1.5 Sv/h
Sensitivity setting
0.025 Sv/h
Weight
40 g (incl. battery)

EL29-7020 Personal Radiation Warning Alarm

EL29-7100 Personal Radiation Warning Alarm

EL29-7110 Key Chain Sign

EL29-7120 Reflective Warning Sign

EL29-7130 Vehicle Notice

EL29-7140 White Vehicle

EL29-7150 White Vehicle


EL29-7160 Radiation Bar

EL29-7170 Radiation Bar

EL29-7180 Radiation Bar

EL29-7190 Radiation Bar

EL29-7200 Neutron Dose Equivalent



В инженерно-геологических исследованиях в шурфах и котлованах успешно применяются глубинные плотномеры, в которых интенсивность ионизирующего излучения сопоставлена с плотностью грунта в условиях естественного залегания

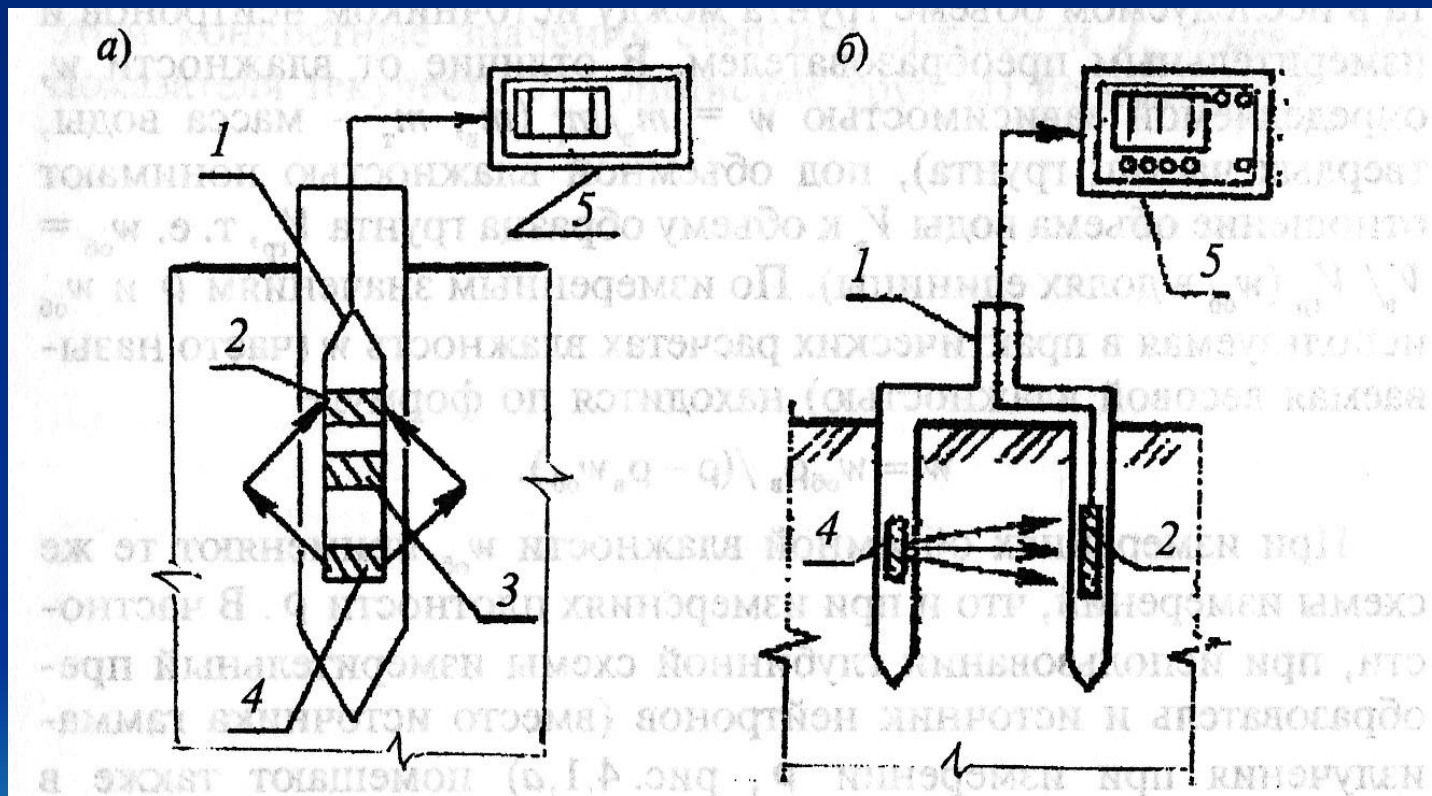


Рис.4.1. Глубинная схема измерения плотности грунта методом альbedo (а) и абсорбционным методом (б)

**1 — измерительный преобразователь, 2 — детектор, 3 — защитный экран;
4 — радиоизотопный источник, 5 — измерительный прибор**

Комплексные инженерно-геологические исследования в настоящее время обрабатываются и анализируются с помощью модульных компьютерных программ, например, GeODin Kompakt Edition

НИП-ИНФОРМАТИКА

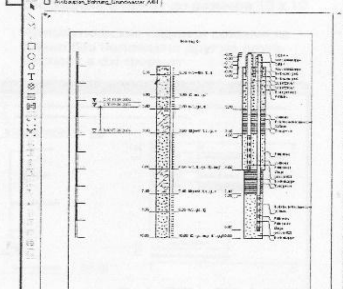
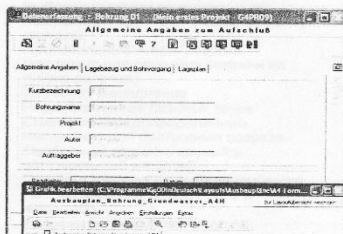
ЛИФЕРОВА Ольга Львовна
 начальник отдела
 САПР гражданского строительства
 Россия, 196191, Санкт-Петербург
 Ново-Измайловский пр., 34, корп. 3
 телефон +7 (812) 370-1825, 718-6211, 718-6212
 тел./факс +7 (812) 375-7671
 e-mail: olga@nipinforspb.ru

www.nipinforspb.ru



вступительные шаги в комплекс GeODin

Основными возможностями GeODin Kompakt являются ввод, хранение и обработка данных по бурению скважин, по лабораторным пробам грунтов и вод, по полевым испытаниям, графическое изображение и распечатка всех данных с помощью редактируемых шаблонов изображения.



dition

База геологических данных заполняется в процессе работы, и в дальнейшем, в последующих проектах, пользователь может повторно использовать данные по интересующим его выработкам совместно с новыми данными изысканий. В комплексе GeODin Kompakt входят многочисленные шаблоны изображений с гибким оформлением. Формы ввода данных и страница графики объединены в одном интерфейсе пользователя.

GeODin - Графический модуль .Net вы сможете по своему усмотрению сформировать все основные фрагменты чертежа, начиная от размера листа, рисуня элементарные графические формы (прямоугольник, линию, круг) и комплексные геологические объекты (колонок, схему бурения, диаграммы по результатам зондирования)

Любые вами созданные графики можно сохранить в форме шаблона и в будущем использовать их для изображения других объектов. Ассистент шаблонов поможет Вам сгруппировать готовые шаблоны по темам, автоматически связывать объекты и шаблоны.

Функции

- GeODin для КПК
- Графики колонок, схем бурения, диаграмм зондирования в цвете или черно-белые
- Создание отчетных таблиц
- Изображение уровня грунтовой воды, консистенции, проб
- Обработка и изображение полевых испытаний грунтов: статическое зондирование, динамическое зондирование, штамповые испытания, испытания прессиометром, испытания вращательным срезом, термокартаж.
- Графические экспортформаты: WMF, EMF, DXF, JPG, PNG
- Импорт данных полевых испытаний



Помимо частных программ обработки необходимы комплексные аналитические программы, позволяющие использовать разнородные текущие и архивные данные, например технология экспертного аналитического картирования (см. ниже).

Технология трехмерного экспертного картирования подземного пространства – инструмент его эффективного изучения и нормативного использования



Докладчик:

ООО НПФ «Водные ресурсы»
 Директор, кандидат геолого-минералогических наук
Ломакин Евгений Алексеевич

Авторы:

ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»
 Главный геолог-технолог
Нагорный Станислав Янович

Санкт-Петербургское общество геодезии и картографии
 Председатель правления

Комитет по градостроительству и архитектуре
 Начальник геолого-геодезической службы, кандидат технических наук
Богданов Анатолий Станиславович

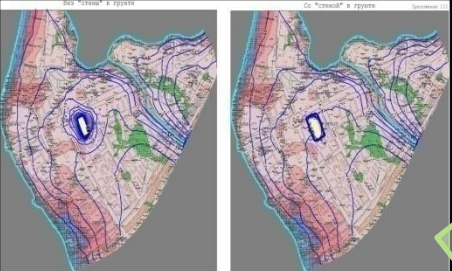
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
 Санкт-Петербургское Отделение Института геоэкологии
 Директор Отделения, доктор геолого-минералогических наук
 Член-корреспондент РАН
Румынин Вячеслав Геневич

ООО «Си-Блюз»
 Директор
Козлов Михаил Иванович

Доктор геолого-минералогических наук
 Профессор кафедры гидрогеологии МГУ
Лехов Алексей Владимирович

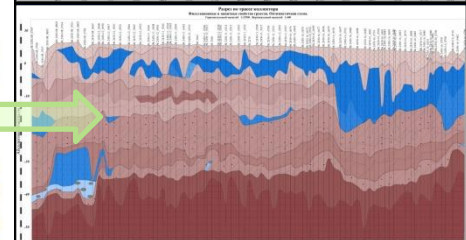
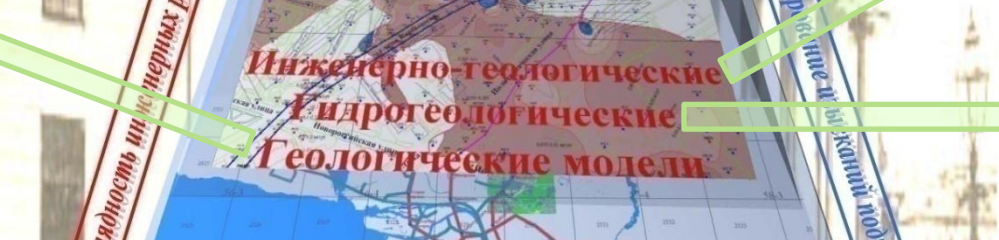
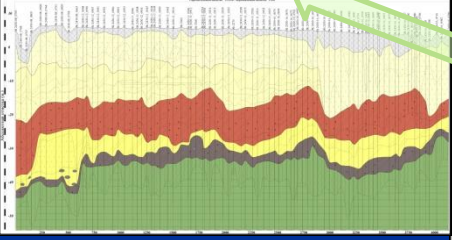
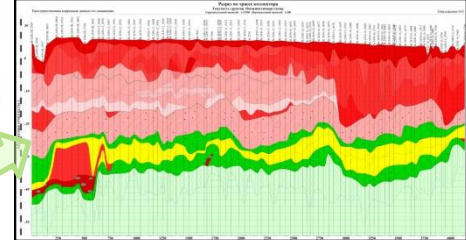
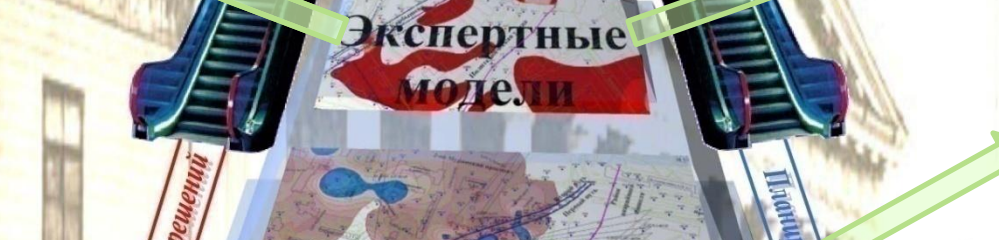
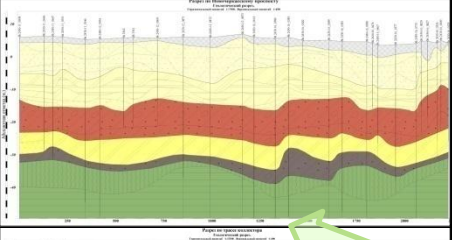
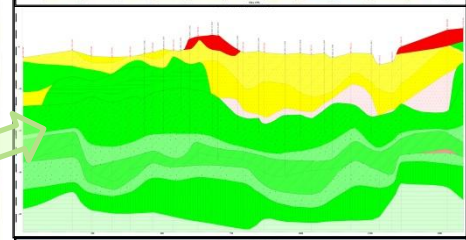
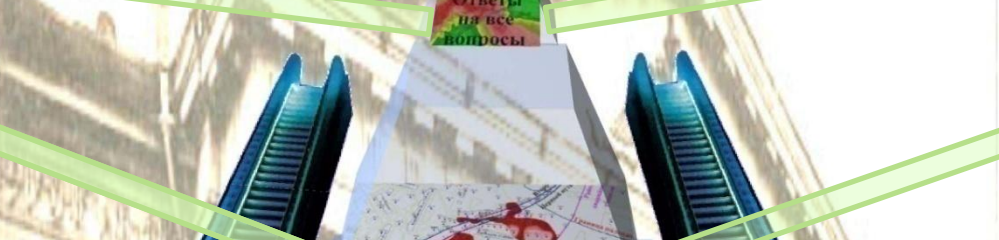
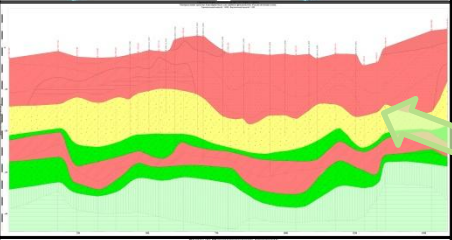
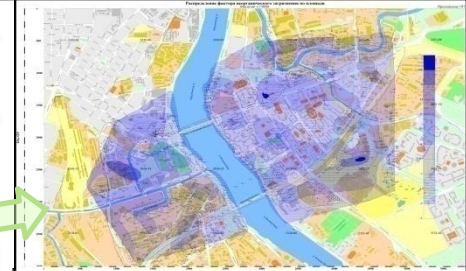
ЗАО ПСК «МетроКонтракт»
 Генеральный директор
Смоленцев Владимир Георгиевич





SIF "Water resources" Ltd
 ООО "Водные ресурсы"
 НПФ "Водные ресурсы" ООО

Приложение 1. Схема работы технологии экспертного картирования подземного пространства.
Пирамида знаний – иллюстрация принципов работы технологии экспертного картирования подземного пространства



Горизонт	№	Половое описание грунтов		глубина	отметка	Уклон, %
		глубина	отметка			
1	1	Рассыпчатый песок (А, С ₁)	1.90	4.27	1.90	
2	2	Глина тонкозернистая	5.0	1.17	5.10	
3	3	Глина мелкозернистая, пылеватая	8.50	-2.37	3.50	
4	4	Глина средней крупности, пылеватая	15.0	-8.85	6.85	

ИПЧ №1. БУРОВЫЕ СКВАЖИНЫ

по перекрестку № 7833 на расстоянии 1.2000 м от центра здания

Коды организации пробурена скважина 27827

Адрес скважины Инженерный пр. Кристальский д/п

Глубина скважины, м 25

Абсолютная отметка устья, м 6.4

Дата бурения 29.08.2003

Начальный диаметр скважины, мм

Водоносный горизонт	I		II		III	
	глубина, м	дата	глубина, м	дата	глубина, м	дата
Половое тело	1.0	5.4	29.08.03	9.2	-2.8	29.08.03
Среднепородный уровень	1.0	8.4	8.0	-1.8		

№ скважины	Глубина отбора проб, м	Влажность, дождь		Число колебаний температуры	Плотность, г/см ³	Коэфф. пористости	Коэфф. фильтрации	Плотность минерализации, мг/дм ³	Плотность минерализации, мг/дм ³	Плотность минерализации, мг/дм ³
		W ₁	W ₂							
418	0.16	0.22	0.16	0.06	1.60	2.67	2.017	0.36		
20.0	0.16	0.20	0.15	0.05	2.12	2.80	0.407	0.97	0.33	0.13
21.0	0.16	0.20	0.15	0.05	2.17	2.89	0.438	0.86	0.20	0.07



Название скважины	Сам(-)	Сам(+)	Длина
КП-0.0.0.0	0	4	4
КП-0.00.0.72	4	5	6
КП-0.02.0.78	6	9	9
КП-0.70.0.06	9	16	22
КП-0.06.0.50	16	22	30
КП-0.50.1.0	22	30	38
КП-1.0.1.1	30	38	46
КП-1.1.1.2	38	46	54
КП-1.1.1.4	46	54	62
КП-1.4.1.5	62	70	80
КП-1.5.1.6	70	80	90
КП-1.1.1.7	80	90	95
КП-1.2.1.8	90	95	98
КП-1.1.1.3	95	98	100
КП-1.5.2.0			

№ скважины	Глубина отбора проб, м	Мин. влажность	Макс. влажность	Мин. плотность	Макс. плотность
105	9705 мВ	5	19	1.25	1.5
106	104 мВ	10	15	1.25	1.5
104	9704 мВ	15	20	1.25	1.5
9704	103 мВ	20	25	1.25	1.5
103	9703 мВ	25	30	1.25	1.5
9703	0.87 мВ	30	35	1.25	1.5
825	0.87 мВ	35	40	1.25	1.5
825	0.1 мВ	40	45	1.25	1.5
825	0.1 мВ	45	50	1.25	1.5
825	0.1 мВ	50	55	1.25	1.5
825	0.1 мВ	55	60	1.25	1.5
825	0.1 мВ	60	65	1.25	1.5
825	0.1 мВ	65	70	1.25	1.5
825	0.1 мВ	70	75	1.25	1.5
825	0.1 мВ	75	80	1.25	1.5
825	0.1 мВ	80	85	1.25	1.5
825	0.1 мВ	85	90	1.25	1.5
825	0.1 мВ	90	95	1.25	1.5
825	0.1 мВ	95	100	1.25	1.5

Состав и содержание инженерно-геологических отчетов

- а) ситуационный план площадки с нанесением инженерно- геологических выработок (скважин, шурфов, точек зонд. и т.п.);
- б) техническое задание проектной организации;
- в) геоморфология (рельеф) площадки;
- г) подробное освещение напластования грунтов сверху вниз, в виде колонок, разрезов, характеристик слоев грунтов;
- д) режим подземных вод;
- е) фактически материалы по определению характеристик грунтов;
- ж) заключение и рекомендации.

Колонка буровой скважины

Скважина №3

Абс. отм. устья скважины 5,72 м

Начата 22.02.85

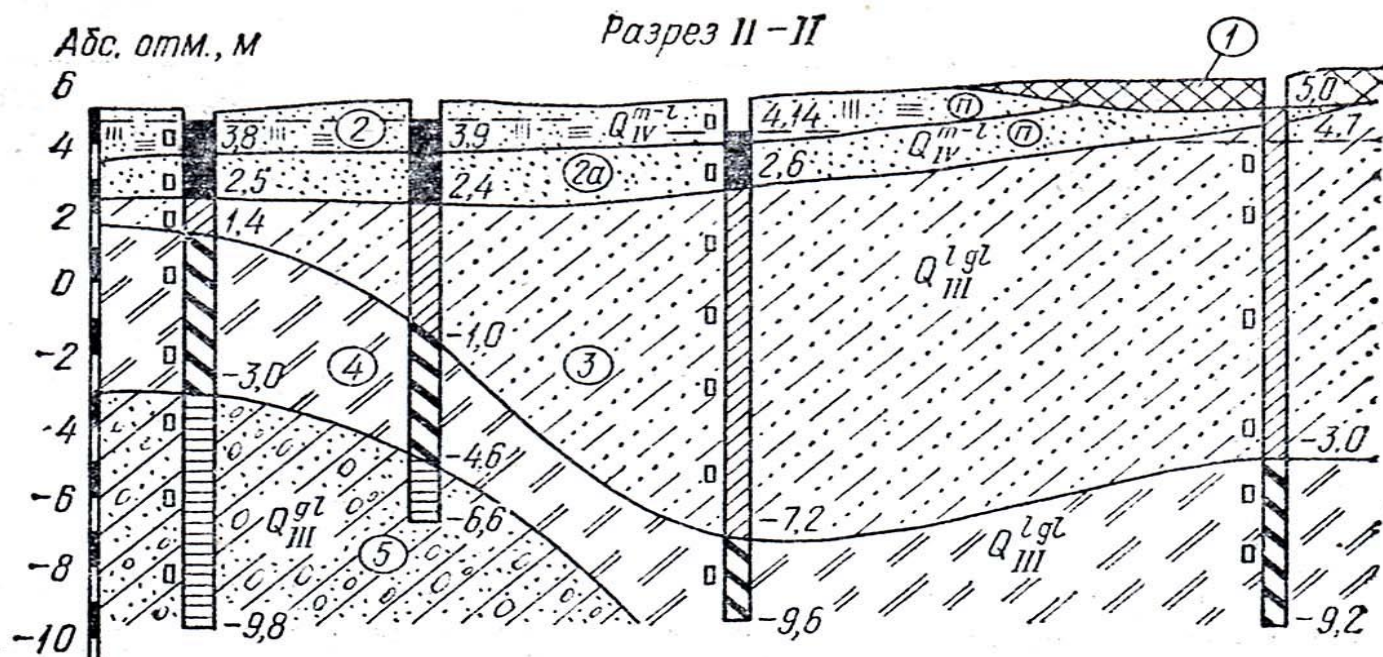
Абс. отм. уровня подземных вод 4,12 м

Окончена 22.02.85

Геологический индекс	№ слоя	Глубина, м	Мощность слоя	Отметка подслоя	Условные обозначения	Краткое описание грунтов	Глубина появления воды	Устойчивый уровень воды
	1	1,00	1,00	4,72		Насыпной слой, супесь перекопанная		
Q ^{m-l} _{IV}	2	1,80	0,80	3,92		Песок пылеватый, коричневый, малозаторфованный, насыщенный водой	1,70	1,60
Q ^{lgz} _{III}	3	3,50	1,70	2,22		Супесь пылеватая, серая, до глубины 2,5 м ожелезненная, пластичная		8.03.85
	4	5,50	2,00	0,22		Суглинок пылеватый, ленточный, коричневый, текучепластичный		
	5	6,50	1,00	-0,78		Суглинок пылеватый, серый, слоистый, текучепластичный		
Q ^{gz} _{III}	6	12,00	5,50			Супесь пылеватая, серая, с редким гравием и галькой, пластичная, с глубины 8,5 м, полутвердая (морена)		

Колонка буровой скважины

Геолого-литологический разрез



№ скважины	5	10	6	7
Абс. отм. устья	5,2	5,4	5,4	5,8
Абс. отм. уровня подземных вод	4,8	4,7	4,3	4,0
Расстояния, м	25	35	59	

1 2 2a 3 4 5 6 7

Геолого-литологический разрез по буровым скважинам

1 — насыпной грунт; 2 — песок пылеватый заторфованный; 2a — песок пылеватый; 3 — супесь пылеватая; 4 — суглинок пылеватый ленточный; 5 — суглинок с включениями гравия и гальки (морена); 6 — места взятия монолитов; 7 — установившийся уровень воды; Q — геологические индексы (четвертичные отложения).

Таблица нормативных и расчетных характеристик грунтов

НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Геологический индекс	Номенклатурное наименование грунтов	№ № инжен.-геол. элем.	Характеристика	Прир. влажность w	Плотность грунта, $\rho, \text{т/м}^3$	Кэф. пористости e	Показатели консистенции		Показатели прочности		Модуль деформации $E, \text{кг/см}^2$
							I_L	C_B	$\varphi, \text{град.}$	$c, \text{кг/см}^2$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
tg IV	Техногенные отложения насыпные грунты	1	X_n X_I X_{II}	Расчетное сопротивление $R_0 = 0.8 \text{ кг/см}^2$							
lg III b	Суглинки легкие пылеватые полутвердые (по ГОСТ 25100-95 полутвердые)	2	X_n X_I X_{II}	0.23	2.02	0.656	0.10	0.00	24	0.23	135
lg III b	Суглинки тяжелые пылеватые ленточные тугопластичные (по ГОСТ 25100-95 мягкопластичные)	3	X_n X_I X_{II}	0.35	1.87 1.87 ± 0.12 1.87 ± 0.06	0.972	0.66	0.22	13	0.14	65
lg III b	Суглинки тяжелые пылеватые слоистые мягкопластичные (по ГОСТ 25100-95 текучепластичные)	4	X_n X_I X_{II}	0.38	1.84 1.84 ± 0.04 1.84 ± 0.02	1.055	0.95	0.41	9	0.10	60
lg III lz	Суглинки легкие пылеватые мягкопластичные (по ГОСТ 25100-95 текучепластичные)	5	X_n X_I X_{II}	0.31	1.93 1.93 ± 0.03 1.93 ± 0.02	0.850	0.90	0.46	15	0.10	75
lg III lz	Пески пылеватые плотные насыщенные водой	6	X_n X_I X_{II}		2.07 2.07 ± 0.1 2.07	0.550			30	0.04	180
									26	0.03	
									30	0.04	



X_n - нормативное значение

X_I - для расчетов по несущей способности

X_{II} - для расчетов по деформации

Нормативная литература - не более и не менее чем обобщение опыта строительства и инженерных изысканий!

СПИСОК ОСНОВНЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

1. ГОСТ 12536-79. Методы лабораторного определения гранулометрического и микроагрегатного состава.
2. ГОСТ 23740-79. Методы лабораторного определения содержания органических веществ.
3. ГОСТ 12071-2000. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
4. ГОСТ 5180-84. Методы лабораторного определения физических характеристик.
5. ГОСТ 9.602-05. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
6. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.
7. ГОСТ 30416-96. Лабораторные испытания. Общие положения.
8. ГОСТ 21.302-96. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям.
9. Пособие к СНиП II-9-78 Пособие по составлению и оформлению документов инженерных изысканий для строительства.
10. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. Редакция  05.08.1996г.
11.  СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
12. СНиП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства.
13. СП 11-108-98 Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод.

Нормативная литература (продолжение)

- 14. ГОСТ 12248-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости».
- 15. ASTM D 5311-92. Standard Test Method for Load Controlled Cyclic Triaxial Strength of Soil.
- 16. ASTM D 3999-91 Standard Test Method for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soil Using the Cyclic Triaxial Apparatus.
- См. система ISO в Республике Беларусь.