

**Негосударственное частное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Национальный открытый институт, г. Санкт-Петербург»**

**М.С. Захаров**

**Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания**

Рекомендовано в качестве учебного пособия  
для студентов, осваивающих образовательную программу бакалавров  
по направлениям 120700.62 «Землеустройство и кадастры»  
и 120100.62 «Геодезия и дистанционное зондирование»

Санкт-Петербург  
2014

Захаров М.С. Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания: Учебное пособие. СПб, 2014. - 103 с.

Рассматриваются основные виды инженерных изысканий для строительства. Описывается порядок и состав изысканий. Дается характеристика основных видов работ в составе предварительных изысканий и инженерно-геологической разведки. Описываются методические особенности производства работ. Особое внимание уделяется комплексному анализу инженерно-геологической обстановки по результатам изысканий. Подчеркивается неразрывная связь инженерных изысканий с вопросами рационального использования и охраны геологической среды.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Геодезия и дистанционное зондирование», «Землеустройство и кадастры».

*ISBN ?*

©М. С. Захаров, 2014  
© Национальный открытый институт,  
г. Санкт-Петербург, 2014

## Оглавление

Предисловие .....	5
Введение .....	9
1.1 Состав инженерных изысканий .....	19
1.2. Инвестиционно - строительный цикл .....	20
1.3. Цели инженерно-геологических изысканий .....	21
1.4. Принципы взаимодействия строителей и изыскателей.....	23
2. Этапы, задачи и состав инженерно-геологических изысканий.....	26
2.1. Связь проектирования и инженерных изысканий .....	26
2.2. Состав работ при инженерно-геологических изысканиях.....	27
2.3. Предпроектные изыскания и инженерно-геологическая разведка. Инженерно-геотехнические и специальные виды изысканий в строительстве.....	29
3. Предпроектные инженерно-геологические изыскания.....	31
3.1. Сбор и анализ материалов изысканий и исследований прошлых лет .....	31
3.2. Дешифрирование материалов аэро - и космических фотосъемок и рекогносцировочные маршрутные обследования.....	32
3.3. Геофизические исследования в составе предпроектных изысканий .....	34
3.4. Инженерно-геологическая съёмка и инженерно-геологическое картирование .....	35
3.4.1. Содержание инженерно-геологической съёмки .....	35
3.4.2. Масштабы съёмочных работ.....	36
3.4.3. Обоснование сети наблюдений при инженерно-геологических съёмках .....	37
3.4.4. Инженерно-геологические карты .....	37
3.4.5. Грунтовые карты - разновидность синтетических инженерно-геологических карт .....	40
4. Инженерно-геологическая разведка.....	42
4.1. Задачи и особенности методики инженерно-геологической разведки.....	42
4.2. Обоснование сети наблюдений при инженерно-геологической разведке. Вопросы комплексирования и оптимизации разведочных работ.....	44
5. Основной состав и краткая характеристика работ при инженерно-геологической разведке.....	47
5.1. Особенности проходки и документации горных выработок .....	48
5.2. Отбор проб и монолитов .....	51
5.3. Опытные полевые работы. Общие требования к организации .....	56
5.4. Геофизические разведочные работы и исследования .....	57
5.4.1. Электроразведка.....	58
5.4.2. Сейсморазведка.....	60
5.4.3. Ядерно-физические методы .....	62
5.5. Опытно-фильтрационные работы .....	64
5.6. Полевые определения деформационных и прочностных свойств пород/грунтов .....	68
5.6.1. Пробные нагрузки в шурфах и скважинах .....	69
5.6.2. Прессиометрия .....	73
5.6.3. Дилатометрия .....	77
5.6.4. Определение сопротивления горных пород сдвигу с применением лопастных приборов .....	79
5.6.5. Срезы целиков пород .....	85
5.6.6. Статическое зондирование – метод комплексного исследования и анализа структуры грунтового массива и физико-механических свойств пород/грунтов .....	85
5.6.7. Динамическое зондирование .....	94
5.7. Лабораторные исследования пород/грунтов .....	97
5.8. Стационарные наблюдения.....	101
5.9. Обследование технического состояния зданий, сооружений и грунтов их основания .....	102

5.10. Камеральная обработка материалов изысканий .....	103
6. Вопросы представления и рационального использования инженерно-геологической информации .....	105
7. Вопросы охраны и рационального использования природной среды в инженерно-геологических изысканиях.....	109
Список рекомендуемой литературы .....	116
Руководящие документы и справочная литература .....	118
Интернет-ресурсы .....	120
Тесты для промежуточного контроля успеваемости.....	122
Алфавитный указатель .....	137
Словарь терминов .....	143

## ***Предисловие***

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования подготовки бакалавров по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование» в перечне дисциплин и курсов по выбору указана дисциплина Б.3.2.6.4 «Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания» в объёме 54 часов аудиторных занятий и 90 часов самостоятельной работы, заканчивающихся экзаменом в конце 6-го семестра. Освоение этой дисциплины даёт студенту 4 зачётных единицы. Данным курсом заканчивается геологическое образование студентов бакалавров на основе ранее пройденных дисциплин: «Геоморфология с основами геологии» (1 семестр) и «Почвоведение и инженерная геология (2 семестр). В указанном курсе студенты получают необходимые знания о том, как построена современная система инженерных изысканий, какие технологии и методы применяются для выполнения различных видов изыскательских работ, каким образом строится оценка инженерно-геологических условий строительства различных сооружений и производства инженерных работ.

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования подготовки бакалавров по направлению “Землеустройство и кадастры” в перечне дисциплин и курсов по выбору указана дисциплина Б.3.2.10.2 «Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания» в объёме 108 часов аудиторных занятий и 108 часов самостоятельной работы, заканчивающихся экзаменом в конце 4-го семестра. Освоение этой дисциплины даёт студенту 7 зачётных единиц. В отличие от рассмотренного выше учебного плана по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование» для указанного направления не предусматривается курс «Геоморфологии с основами геологии» в 1-ом семестре, что предполагает освещение общегеологических основ в курсе «Почвоведение и инженерная геология» и соответственно увеличение учебного времени для самостоятельной работы. Очевидно, определённое повторение геологических основ становится необходимым и в самом курсе, посвящённом

инженерным изысканиям. Непосредственно учебный материал по названной дисциплине преследует ту же цель, что и для направления «Геодезия и дистанционное зондирование», т. е. сформировать базовые знания о современной системе инженерных изысканий, о технологиях и методах, которые применяются для выполнения различных видов изыскательских работ, об алгоритме оценки инженерно-геологических условий строительства различных сооружений и производства инженерных работ.

Таким образом, цель изучения дисциплины «Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания» закрепить геологическое образование бакалавров геодезистов и кадастровых специалистов на уровне знаний о системе инженерных изысканий для строительства и производства инженерных работ, в которых названные специалисты принимают непосредственное участие.

Задачи дисциплины:

- сформировать знания об организационных основах системы инженерных изысканий в строительстве;
- ознакомить учащихся с задачами предпроектных инженерно-геологических исследований и задачами инженерно-геологической разведки для разработки проекта и рабочих чертежей различных зданий и сооружений;
- показать разнообразие технологий и методик в области инженерно-геологических исследований;
- ознакомить учащихся с принципами комплексной оценки инженерно-геологических условий для рационального использования и охраны геологической среды.

Большое значение в изучении дисциплин и курсов геологического содержания имеет самостоятельная работа учащихся. Она имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовку к предстоящим занятиям и экзамену по дисциплине, а также формирование

навыков умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний.

Для эффективной организации самостоятельной работы над учебным материалом целесообразно придерживаться следующих рекомендаций:

1. иметь в своём распоряжении персональный компьютер с возможностью выхода в Интернет и минимальный набор компьютерных программ для работы с текстами и графикой (Word, Excel, Surfer, AutoCad и т. п.);

2. по указанию преподавателя ввести в память своего персонального компьютера основные программы и приложения: текстовые редакторы, электронные таблицы, графические пакеты, библиографические и нормативные источники и т. п.;

3. иметь необходимый набор канцелярских принадлежностей, позволяющих вести систематические и структурированные записи;

4. желательно иметь и носить с собой на занятия планшет или ноутбук с подготовленным по указанию преподавателя учебным материалом;

5. ознакомиться с учебной литературой по курсу (учебниками и учебными пособиями):

— перелистать, познакомиться со структурой, запомнить рубрикацию разделов, приложений, определить к каким разделам дисциплины относится тот или иной фрагмент источника, выделить материал, не вошедший в структуру дисциплины;

— ознакомиться с введением и сформировать свое мнение о содержимом источника;

— полезным будет приобретение компьютерной Базы знаний по гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии – версия 5.10, содержащая пять основных модулей: «Библиотека», «Гидрогеологический калькулятор», «Карты», «Нормативно-методический модуль», «Словари и переводчики».

Ознакомиться с содержанием Базы знаний и условиями её приобретения для студентов можно на сайте <http://www.hge.pu.ru>.

6. При работе над конкретной темой дисциплины:

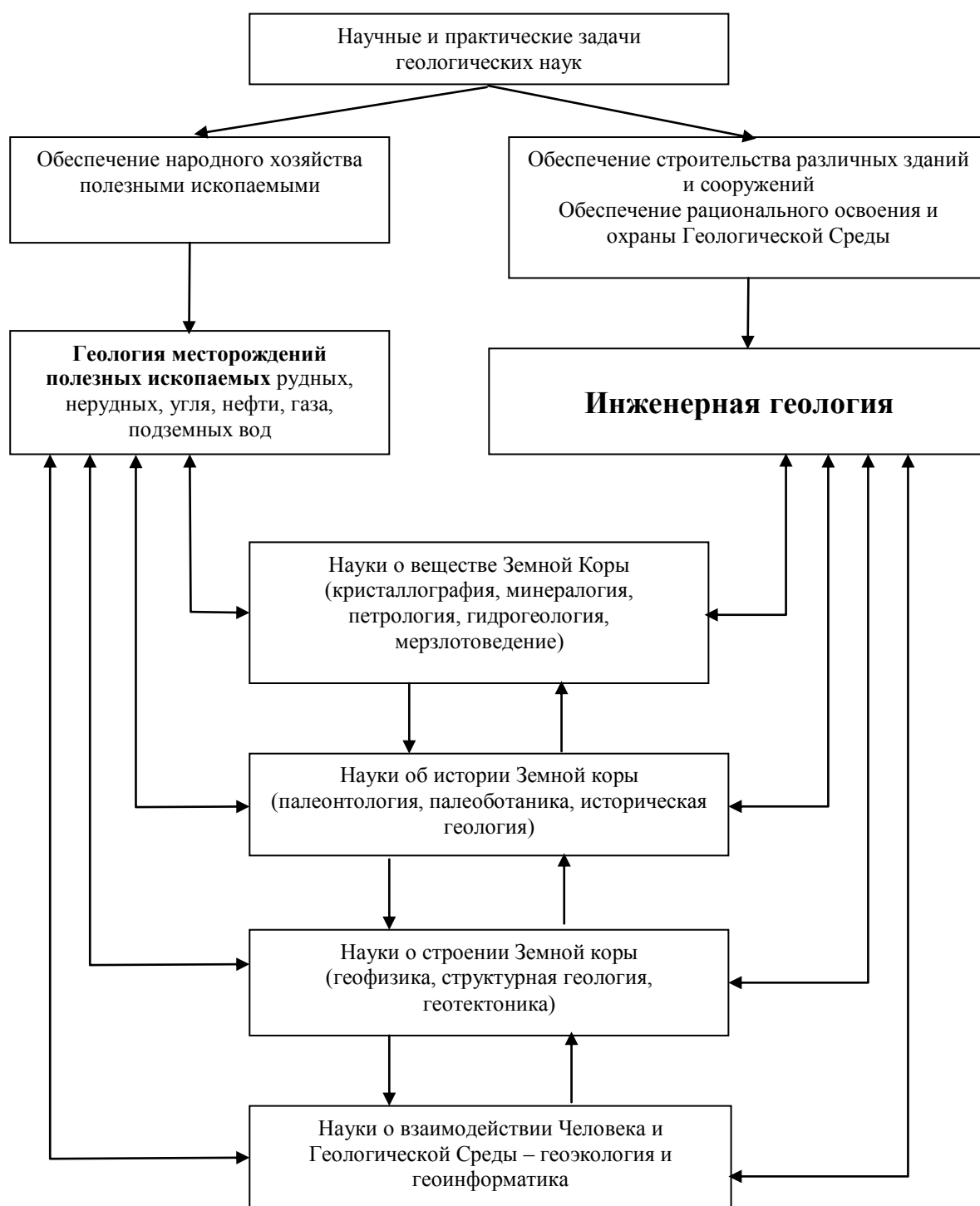
- проработать по учебникам и учебным пособиям нужный раздел и имеющиеся к нему приложения;
- постараться понять соответствующий учебный материал на концептуальном уровне;
- поработать с приложениями: предметным и именным указателями, указателем иностранных слов, толковым словарем;
- по указанию преподавателя ознакомиться с электронными материалами по дисциплине
- при возникновении неясностей в рассматриваемой теме – задать вопрос преподавателю при личной встрече или по Интернету.

7. По мере продвижения вперед не забывать регулярно "оглядываться назад", повторяя содержание пройденного материала, что позволит составить образное представление о структуре дисциплины, её логичной целостности. Не забывать, что данная учебная дисциплина тесно связана с предыдущими курсами геологического содержания, пройденными на первом курсе – «Геоморфология с основами геологии», «Почвоведение и инженерная геология»..



## **Введение.**

Сформулируем основную цель геологического образования специалиста в области геодезии, картографии и кадастра, как **формирование геологических знаний, необходимых и достаточных для успешного решения разнообразных задач при освоении Геологической Среды. Для строительства эти знания в настоящее время сосредоточены в специальном направлении геологической науки и практики, называемом Инженерной Геологией. Структура современного геологического знания представлена на схеме.**





Итак, в курсе «Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания» речь будет идти о таком разделе *инженерной геологии*, в котором сосредоточены систематизированные знания об организации процесса получения геологической информации, необходимой и достаточной для проектирования и строительства различных зданий и сооружений.

Эта информация охватывается понятием *об инженерно-геологических условиях* строительства и производства инженерных работ на конкретных территориях, при этом содержание информации неразрывно связано с формированием теоретических аспектов и практических навыков в области инженерной геологии в целом.

Инженерно-геологические изыскания дают геопространственную информацию для рационального выбора и оценки строительной площадки или трассы, типа основания и способа производства работ нулевого цикла, для построения прогноза изменения природной среды и оценки рисков, связанных со строительной деятельностью человека.

Из вышеприведённой схемы видно, что инженерная геология неразрывно связана с фундаментальными разделами геологического знания – кристаллографией, минералогией, петрологией, гидрогеологией, мерзлотоведением, исторической геологией, структурной геологией, геотектоникой и геофизикой, с которыми учащийся познакомился ранее (см. Предисловие).

В современную эпоху любой специалист, занятый в области получения геопространственной информации, должен уделять особое внимание связи инженерно-геологической и геоэкологической составляющим в оценке условий строительства и эксплуатации различных сооружений, что, в конечном счёте, определяет рациональное развитие всей техносферы в любой точке нашей планеты. В инженерных изысканиях эти два направления исследований должны развиваться параллельно, дополняя друг друга. И последнее...Эффективность использования комплексной геологической и геоэкологической информации зависит от того, каким образом эта информация включена в процессы

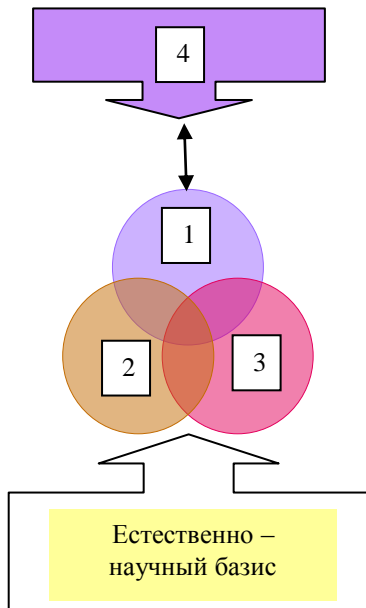
проектирования, строительства и эксплуатации различных зданий и сооружений, что предполагает широкое использование современных информационных технологий, позволяющих оценить полноту, достоверность и точность полученной информации.

В области инженерно-геологических изысканий широко используются современные техника, приборы и различные технологии. Виды инженерно-геологических исследований чрезвычайно разнообразны и включают в себя технологии использования архивной информации об объекте исследований, дистанционные и контактные технологии полевых и мониторинговых наблюдений и компьютерные технологии обработки и представления информации широкому кругу потребителей. Одну и ту же информацию можно получить с применением различных технологий, поэтому необходимо оптимизировать комплекс технологий по месту, по времени, по затратам труда и стоимости в зависимости от проектируемых сооружений, при этом оптимизация, с одной стороны, должна опираться на действующие нормативно-методические документы, а, с другой стороны, подобная оптимизация является делом сугубо творческим.

Инженерная геология как наука сложилась в результате практики массового строительства. В нашей стране она оформилась как самостоятельное направление в 30-ые годы прошлого столетия, когда были организованы профильные научные и учебные учреждения и вышли в свет капитальные работы по инженерной геологии и гидрогеологии Ф. П. Саваренского, Г. Н. Каменского, М. М. Филатова, В. В. Охотина, И. В. Попова, В. А. Приклонского, Н. В. Коломенского и др.

К настоящему моменту сложилась общепринятая структура инженерно-геологического знания, которая показана на рисунке.

## Структура инженерно-геологического знания



- 1 — Грунтоведение (инженерная петрология)
- 2 — Инженерная геодинамика
- 3 — Региональная инженерная геология
- (1- 2 - 3) — Общая инженерная геология
- 4 — Инженерно-геологические изыскания (специальная инженерная геология)

### Грунтоведение (синоним: инженерная петрология).

Учение о формировании горных пород, их состава, состояния и физико-механических свойств.



Основные постулаты (аксиомы) Грунтоведения

- Горные породы/грунты это многофазные системы – минеральные или органоминеральные составляющие, вода (в жидком, твёрдом и газообразном состоянии), природные газы.
- В строительстве порода/грунт может использоваться как основание, среда или как строительный материал.
- Породы/грунты - суть историко-генетические образования.
- В строительстве, как нигде, необходимо моделирование и расчёт деформационного поведения пород/грунтов и прогноз изменений состава и свойств пород/грунтов при взаимодействии с сооружениями в различных природных условиях.

Для строителя  
грунт = порода!

Специалист в области геодезии, работающий в инженерных изысканиях, должен иметь представление о:

- видах горных пород и их строительных свойствах, механизмах образования (генезисе) пород/грунтов, условиях их залегания и распространения в земной коре.;
- принципах классификации и оценки пород/грунтов для целей строительства;
- связи состава и свойств пород/грунтов с их прочностью, деформируемостью, устойчивостью и водопроницаемостью;
- роли воды в характеристике и оценке, как пород/грунтов, так и об инженерно-геологических условиях в целом;
- методах определения состава, состояния и свойств пород/грунтов.
- Способы представления и отображения пород/грунтов в расчётных задачах и схемах.

## Инженерная геодинамика.

Учение о способах и методах системного управления геодинамической обстановкой на основе исследования механизма геологических процессов, их парагенетических сочетаний с целью минимизации ущерба, снижения рисков и обеспечения безопасности различных сооружений и производства инженерных работ.



### Основные постулаты (аксиомы) Геодинамики.

- Геологические процессы проявляются в образовании и разрушении пород/грунтов, в изменении их физического состояния и условий залегания, в изменении природного рельефа, строении земной коры и внутренней структуры планеты в целом.
- Геологические процессы и явления связаны с эндогенными, экзогенными силами планеты и с инженерной деятельностью человека. В основе механизма любых геологических процессов лежит нарушение сложившихся природных равновесий под влиянием естественных или искусственных факторов.
- Важнейшей особенностью геологических процессов является неравномерность их проявления в пределах различных территорий, различающихся по комплексу ландшафтно-климатических и тектонических факторов.
- Геологические процессы оказывают решающее влияние на устойчивость местности и соответственно на устойчивость существующих и проектируемых сооружений.



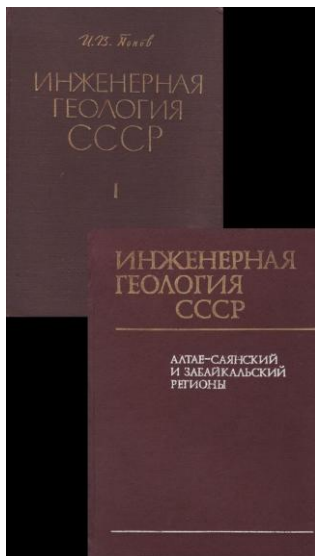
Специалист в области геодезии, работающий в инженерных изысканиях, должен иметь представление о:

- закономерностях распространения разнообразных геологических процессов и факторах, определяющих их развитие;
- связях геологических процессов с определёнными комплексами пород и подземными водами;
- роли хозяйственной и инженерной деятельности человека для развития геологических процессов;
- количественных и качественных методах оценки возможного влияния геологических процессов на устойчивость территорий и сооружений.

РИГ – это научный раздел Инженерной Геологии, исследующий и представляющий в различных модельных формах (текстуальных, графических, функциональных) структуру и организацию Геологической Среды для решения задач хозяйственного использования свободного пространства, строительства различных сооружений, производства инженерных работ и обеспечения безопасной жизнедеятельности человека

Это - учение о территориях как природном ресурсе свободного пространства для строительства и жизнедеятельности человека и о закономерностях

формирования инженерно-геологических условий строительства. Это уникальное обобщение опыта инженерно-геологических исследований на территории б. СССР. Основные положения регионального раздела инженерной геологии были созданы в советский период нашей истории.



Основные постулаты (аксиомы) Региональной Инженерной Геологии.

- Структура и организация дневной поверхности нашей планеты отражают универсальный блоково-ступенчатый принцип формирования Геологической Среды в целом, являясь интегральным показателем взаимодействия структурно-тектонических, ландшафтно-климатических и техногенных факторов. Это основной принцип выделения и типизации инженерно-геологических структур.
- Региональные инженерно-геологические исследования неразрывно связаны с производством съёмочных работ, инженерно-геологическим картированием и районированием различных территорий в разных масштабах.
- Материалы региональных исследований позволяют разрабатывать различные способы накопления, хранения и выдачи информации для решения задач рационального использования и охраны Геологической Среды.

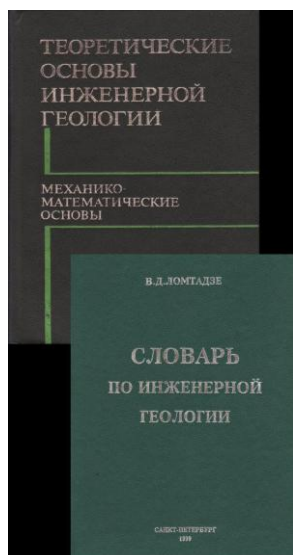


Специалист в области геодезии, работающий в инженерных изысканиях, должен иметь представление о:

- видах инженерно-геологических обстановок на территории России и закономерностях их формирования;
- возможностях использования архивных региональных материалов для разработки проектов строительства и инженерных работ;
- использовании строительной практике инженерно-геологических карты, разрезов и блок – диаграмм;
- создании и использовании инженерно-геологических информационных систем.

## Общая Инженерная Геология.

Это теоретический и методологический раздел, устанавливающий понятийную и терминологическую базу Инженерной Геологии, определяющий её историческое и системное содержание и методы использования в практике строительства и производства инженерных работ. Этот раздел определяет границы взаимодействия Инженерной Геологии с другими науками о Земле.



### Основные постулаты Общей Инженерной Геологии

- Объект инженерной геологии – территория... (абстракция первой ступени Геологическая Среда территорий).
- Предмет Инженерной Геологии – область создания и практического использования Знаний о формировании и изменении инженерно-геологических условий территорий, о геологических условиях строительства и эксплуатации сооружений, о рациональном использовании Геологической Среды для обеспечения безопасных и комфортных условий жизнедеятельности человека.
- Методология: использование исторического и системного подходов, многоаспектного, в том числе механико-математического, моделирования.
- Практика: создание системы инженерно-геологических изысканий на основе оптимального комплекса современных технологий полевых, лабораторных и других видов работ.
- Суть инженерно-геологических исследований - получение, обработка и выдача информации, необходимой и достаточной для строительства различных сооружений.

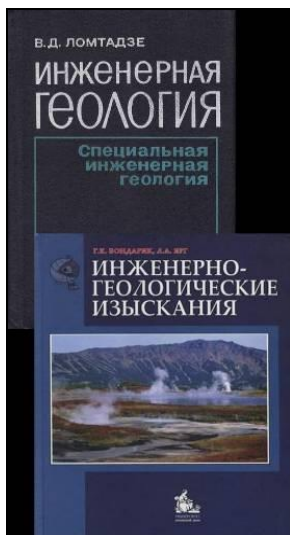


- Специалист в области геодезии, работающий в инженерных изысканиях, должен иметь представление о:
- основных понятиях и терминах Инженерной Геологии.
  - концепции перехода к понятию «Геологическая Среда» (вместо «земная кора, литосфера, недра, подземное пространство»);
  - связи теории Инженерной геологии и практики строительного дела.

## Специальная Инженерная Геология.

Это синтетический раздел Инженерной геологии, в котором аккумулируются все теоретические и практические знания о Геологической Среде, необходимые для проектирования, реализации проектов и эксплуатации любых зданий и сооружений и производства инженерных работ.





#### Основные постулаты Специальной Инженерной Геологии

- Основой профессионального формирования и роста строителя (геотехника) являются три положения: практическое знание геологии, механики горных пород и опыта строительства.
- Любое строительство и инженерные работы требуют обширных знаний об инженерно-геологических условиях – рельефа местности, геологического строения, состава, состояния и свойств грунтов/пород, гидрогеологических условий, структурно-тектонических особенностей территории, геодинамической обстановки.
- Получение информации об инженерно-геологических условиях должно быть организовано как непрерывный, но стадийный процесс по принципу движения от общего к частному.
- Сбор, обработка и выдача инженерно-геологической информации должны быть максимально оптимизированы в отношении техники, технологии, времени и финансовых затрат применительно к различным видам строительства.

Специалист в области геодезии, работающий в инженерных изысканиях, должен иметь представление о:

- составе инженерно-геологических исследований для строительства и производства инженерных работ;

- связи проектирования, строительства и инженерных изысканий;
- последовательности изучения инженерно-геологических условий;
- видах геологических работ на разных стадиях инженерных изысканий;
- современной технике и технологиях инженерно-геологических исследований;
- критериях оценки качества инженерно-геологической информации;
- способах обработки и представления инженерно-геологической информации.

Из выше изложенных положений должно быть ясно, что на Инженерную Геологию можно в полной мере опереться для формирования своих профессиональных знаний и возможностей при проектировании, строительстве, эксплуатации различных зданий и сооружений и для соблюдения принципов рационального использования и охраны Геологической Среды. При этом в каждом конкретном случае необходимы тщательный отбор и анализ необходимой инженерно-геологической информации, её оптимизация и рациональное включение в процесс проектирования и строительства.

Как будет показано ниже, выделение инженерно-геотехнических изысканий в отдельную категорию, не является достаточно аргументированным и необходимым моментом. Если инженерно-геологические изыскания выполнены в достаточном объёме и используют современные технологии, то надобность в такого рода исследованиях вообще отпадает. Это, конечно, не исключает решения специфических вопросов проектирования, строительства и

эксплуатации различных сооружений специалистами в области фундаментов, оснований и механики грунтов.

## 1. Основы организации инженерных изысканий в строительстве.

### 1.1 Состав инженерных изысканий.

Строительству любых инженерных сооружений всегда предшествует их проектирование, которое выполняется по материалам инженерных изысканий. Основания и фундаменты сооружений проектируются индивидуально для каждого объекта с учетом особенностей инженерно-геологических, гидрогеологических и климатических условий строительной площадки, конструктивных решений и эксплуатационных требований, предъявляемых к подземной части здания, обеспечения охраны окружающей среды и создания безопасных условий жизни населения. Разнообразие проблем, связанных со строительством, заставило разработать *систему инженерных изысканий* и закрепить её на законодательном уровне (Градостроительный Кодекс РФ). Эта система включает в себя *инженерно-геодезические, инженерно-гидрометеорологические, инженерно-гидрологические, инженерно-геологические, инженерно-экологические и инженерно-геотехнические исследования*. При реконструкции сооружений важным видом изысканий является *обследование строительных конструкций и фундаментов реконструируемого сооружения*. При этом в составе системы изысканий инженерно-геологические исследования занимают центральное место, как по важности, так и по материальным и временным затратам. При рассмотрении организации инженерных изысканий для любого вида строительства надо иметь в виду, что инженерные изыскания лишь часть строительного инвестиционного цикла, под которым понимают совокупность всех видов деятельности, обеспечивающих получение конкретной строительной продукции в виде построенных зданий и сооружений. С экономической точки зрения указанный цикл это период от начала финансирования строительства до момента, когда построенный объект сам способен приносить доход, который дальше можно расходовать на новые инвестиции в различные виды хозяйственной деятельности.

## 1.2. Инвестиционно - строительный цикл.

Приблизительный расклад времени и затрат на различные стадии инвестиционного строительного цикла показан в таблице 1.

Табл. 1

Стадии Затраты, %	Предпроектная стадия	Проектно-изыскательские работы (ПИР)		Строительно- монтажные работы	Пуско- наладочные работы
		Инженерные изыскания	Проектирование		
По времени	5...10	10...20		70...85	До 10
По затратам	< 1	2...10		85...95	2...3

Инвесторы, стремящиеся получить прибыль в максимально сжатые сроки, заинтересованы в том, чтобы продолжительность инвестиционного цикла была наименьшей. Ввод объекта в эксплуатацию означает начало возврата вложенных инвестиций. Учитывая, что срок *окупаемости* капитальных вложений в Российской Федерации составляет 7 – 8 лет, можно подсчитать, что ввод промышленного объекта на 1 – 2 месяца раньше намеченного срока равносителен удешевлению такого объекта примерно на 1%. Это означает, что инженерные изыскания необходимо выстраивать таким образом, чтобы удорожание проектно-изыскательского цикла за счёт инновационных технологий приводило к более высокому качеству работ, существенному ускорению работ и к общему снижению капитальных затрат. Таким образом, экономика строительства непосредственно связана с вопросами организации и производства инженерных изысканий.

Основной задачей инженерных изысканий является обеспечение строительных организаций (как проектных, так и производственных) информацией о комплексе природных условий, необходимых для обоснования геотехнических решений, связанных с взаимодействием *Геологической Среды* и возводимых объектов строительства.

### **1.3. Цели инженерно-геологических изысканий.**

Современные инженерно-геологические изыскания (ИГИ) представляют собой систему изучения инженерно-геологических условий больших и малых территорий, включающую в себя получение, обработку, хранение и передачу геологической информации, и основанную на принципах формирования нового знания от общего к частному, в связи с чем ИГИ предполагают выполнение необходимых научно-производственных исследований по заданному плану, в определённой последовательности в соответствии со стадиями проектирования сооружений [1,2,4,5,6,11,16].

Система ИГИ должна обеспечивать выбор оптимальных, технически целесообразных и экономически наиболее выгодных инженерных решений с учётом общих проблем рационального использования и охраны Геологической среды.

Теоретические основы ИГИ должны базироваться на закономерностях формирования инженерно-геологической структуры местности, её неоднородности и изменчивости, на знании причин, механизмов и динамики природных и техногенных геологических процессов [12].

Фактически в процессе проектирования используется непрерывный ряд графоаналитических инженерно-геологических моделей, связь которых представлена на схеме для гидротехнического объекта на скальном основании (рис. 1).

Рис. 1



#### 1.4. Принципы взаимодействия строителей и изыскателей.

В общем комплексе проектно-изыскательских работ взаимодействие специалистов в области строительства (инженер-строитель) и в области геологии (инженер - геолог) должно осуществляться практически на всех этапах строительного процесса. Характер взаимодействия показан в таблице 2.

Табл. 2

Этап строительства	Виды работ	Организации	Исполнитель
1	Обоснование инвестиций	(Инвестор) Заказчик	Заказчик или консалтингово-инжиниринговая фирма (КИФ)
2	Техническое задание на инженерно-геологические изыскания	Проектная или КИФ	Инженер-строитель
3	Инженерно-геологические изыскания	Изыскательская	Инженер-геолог
4	Проектирование	Проектная	Инженер-строитель при участии инженера-геолога
5	Строительство	Строительная	Инженер-строитель при участии инженера-геолога

Обычно инженерно-геологические изыскания начинаются после выдачи инженером - строителем технического задания на инженерно-геологические изыскания (ТЗ)<sup>1</sup>. Роль ТЗ для изыскателя трудно переоценить. Недостаточное

<sup>1</sup> Для зданий и сооружений II и III уровней ответственности в простых инженерно-геологических условиях допускается выполнение инженерно-геологических изысканий на основе предписания заказчика.

внимание к разработке и согласованию ТЗ лежит в основе многих издержек изысканий и конфликтов между изыскателями и строителями.

Для крупных и ответственных объектов особое значение имеют предпроектные проработки, которые часто выполняются специальными консалтингово - инжиниринговыми фирмами (КИФ), в составе которых участвуют наиболее опытные и квалифицированные кадры геологического и строительного профиля. КИФ подготавливает для Инвестора развёрнутую *спецификацию* по всем аспектам предполагаемого строительства и по всем видам необходимых для проектирования работ и исследований с указанием их стоимости. После согласования спецификации и необходимых объёмов финансирования Заказчик проводит *тендер* на изыскания, а Генеральный подрядчик, выигравший этот тендер, через КИФ получает развёрнутое Техническое задания на изыскания на основе спецификации, согласованной с Заказчиком. В ТЗ должны быть четко указаны не только конструктивные особенности проектируемых сооружений (предполагаемый тип фундаментов, нагрузки на колонну, на сваю, материал стенового заполнения и т.п.), но и изложены требования проектирующей организации к вопросам охраны природы и прогноза изменения природной обстановки в результате строительства. Кроме того, в ТЗ следует согласовывать применяемые технологий изыскательских работ, нормативные требования и специальные методики изыскательских работ, обеспечивающие наиболее высокое качество материалов изысканий. Развёрнутое и полномасштабное ТЗ ложится в основу Программы изысканий и в дальнейшем обеспечивает согласованную работу изыскателя, проектировщика и строителя на всех этапах строительного инвестиционного цикла, при этом финансирование всех изыскательских работ обеспечено в рамках ранее согласованной спецификации. Программа изысканий контролируется как самой изыскательской организацией, опирающейся на действующие нормативные документы и собственные стандарты (СТО), так и представителями КИФ, заранее согласовавшими



основные вопросы изысканий, как с Инвестором (Заказчиком), так и с исполнителями изысканий.

Рассмотренная организационная структура строительно-инвестиционного процесса, успешно применяемая в зарубежной практике, должна постепенно уступить место упрощённым схемам взаимодействия изыскателя и проектировщика (строителя), когда каждый участник строительного процесса заботится только о своих ведомственных интересах в ущерб общему делу.

В указанной схеме большое значение имеют репутация и рейтинг изыскательских организаций, на основе которых происходит выбор исполнителя по изысканиям. В контракте на изыскания обычно указывается ведущая и контролирующая роль представителя КИФ (в лице *главного инженера проекта - ГИП, главного архитектора проекта – ГАП*), который непосредственно согласовывает программу изысканий, а также участвует в изысканиях, часто фактически являясь их руководителем. Его указания по выполнению или корректировке конкретных работ являются для подрядчика по изысканиям обязательными для исполнения. В определённых случаях консалтингово - инжиниринговая компания может сама выпускать окончательный технический отчёт по изысканиям, на основе фактического материала, представленного изыскателем.

В составе инженерно-геологических изысканий ключевыми вопросами являются: изучение рельефа местности, геологического строения района (участка, площадки, трассы), состава и свойств грунтов, условий залегания и химизма подземных вод, геологических процессов и явлений. В целом ряде случаев в ходе инженерно-геологических изысканий производят поиски и разведку местных строительных материалов (пески, глины, галечно-щебенистая смесь, известняки и др.).

Инженерно-геологическим изысканиям сопутствуют инженерно-геодезические, инженерно-гидрометеорологические и инженерно-экологические исследования, выполняемые специализированными организациями. В настоящее время указанные исследования рассматриваются в

качестве самостоятельных видов инженерных изысканий, и их производство регламентируется отдельными нормативными документами. Это ещё раз подчёркивает комплексность инженерных изысканий для всесторонней характеристики и оценки природной среды при строительстве различных сооружений и производстве инженерных работ.

Инженерно-геологические изыскания, как правило, выполняются территориальными изыскательскими, а также специализированными изыскательскими или проектно-изыскательскими организациями.

2. Этапы, задачи и состав инженерно-геологических изысканий.

### **2.1. Связь проектирования и инженерных изысканий.**

Инженерно-геологические изыскания выполняются поэтапно и должны решать конкретные задачи проектирования. Выбор количества *этапов* и их привязка к *стадиям* проектирования осуществляется совместно проектной и изыскательской организациями, при этом может рассматриваться вопрос о необходимости выполнения отдельных видов инженерно-геологических работ, условий их сочетания и взаимозаменяемости с учетом стадийности проектирования, категории сложности инженерно-геологических условий, уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений. Связь проектирования и изысканий показана в табл.3

Табл. 3

1. Рекогносцировочный этап		
Объект изысканий	Основные задачи изысканий	Основные задачи проектирования

Территория намеченных вариантов расположения объекта строительства	Сравнительная оценка инженерно-геологических условий по намеченным вариантам, выявление изменений рельефа, гидрогеологических условий, техногенных воздействий	Выбор района (площадки, трассы) строительства
2. Инженерно-геологические изыскания для разработки предпроектной документации		
Территория (район, площадка, трасса) проектируемого строительства	Изучение и составление прогноза изменения инженерно-геологических условий в период строительства и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений	Принятие принципиальных решений по размещению объектов строительства, генеральных схем инженерной защиты, выбору направления трасс линейных сооружений, ситуационных планов с размещением объектов, генеральных планов объектов
3. Инженерно-геологические изыскания для разработки проекта		
Выбранная площадка (участок, трасса) проектируемого строительства	Комплексное изучение природных условий и составление прогноза изменения инженерно-геологических условий в период строительства и эксплуатации с детальностью, достаточной для разработки проектных решений	Обоснование компоновки зданий и сооружений, конструктивных и объемно-планировочных решений, составление генерального плана проектируемого объекта, разработка мероприятий по инженерной защите и охране геологической среды и созданию безопасных условий жизни населения, проекта организации строительства
4. Инженерно-геологические изыскания для разработки рабочей документации		
Конкретные участки размещения зданий и сооружений в соответствии с проектом	Конкретные участки размещения зданий и сооружений в соответствии с проектом окончательных проектных решений	Разработка окончательных объемно-планировочных решений, расчёты оснований, фундаментов и конструкций проектируемых зданий и сооружений, детализация проектных решений по инженерной защите и охране окружающей среды

## **2.2. Состав работ при инженерно-геологических изысканиях.**

Состав изысканий – это совокупность всех видов работ и исследований, отбираемых и комплексируемых в зависимости от целей проектирования

объектов строительства, рационального использования Геологической Среды и других факторов [5,6].

В соответствии с рекомендациями свода Правил «Инженерные изыскания для строительства. Общие положения» и «Инженерно-геологические изыскания для строительства» в составе инженерно-геологических изысканий должны выполняться следующие виды работ:

- сбор и анализ материалов изысканий и исследований прошлых лет;
- дешифрирование материалов аэро - космических фотосъемок;
- рекогносцировочное обследование, включая аэровизуальные и маршрутные наблюдения;
- инженерно-геологическая съёмка и инженерно-геологическое картирование;
- разведочные работы: проходка горных выработок и геофизические исследования;
- полевые исследования грунтов;
- гидрогеологические исследования;
- стационарные наблюдения;
- лабораторные исследования грунтов, подземных и поверхностных вод;
- обследование грунтов и оснований фундаментов существующих зданий и сооружений;
- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;
- текущая и окончательная камеральная обработка материалов и составление отчета.

Ниже приводится краткая характеристика основных видов инженерно-геологических исследований и работ в логической последовательности, позволяющей рассматривать инженерно-геологические изыскания как целенаправленный научно-производственный процесс получения, обработки, хранения и передачи геопространственной информации в проектирование и строительство.

### **2.3. Предпроектные изыскания и инженерно-геологическая разведка. Инженерно-геотехнические и специальные виды изысканий в строительстве.**

Этапы изысканий, указанные в табл. 3 разделим на два крупных цикла, последовательно сменяющих друг друга:

- предпроектные инженерно-геологические изыскания для обоснования инвестиций и разработки ТЭО (технико-экономическое обоснование);
- инженерно-геологическая разведка для разработки проекта и рабочих чертежей (М. А. Солодухин, И. В. Архангельский, 1982) [11].

В настоящее время делаются попытки заменить инженерно-геологическую разведку, полностью или частично, дополнительным видом инженерных изысканий под названием *инженерно-геотехнических исследований*. Такое организационно-техническое решение для проектирования и строительства нельзя признать правильным и рациональным, поскольку оно приводит к дублированию целого ряда работ, нарушает целостность и комплексность инженерно-геологических исследований, размывает границы ответственности инженер – геолога и инженера строителя (геотехника). Кроме того, фактически специалисты строительного комплекса, как правило, не готовы к выполнению всего комплекса работ по инженерно-геологической разведке в силу недостаточности базового образования в сфере современных видов техники и технологий инженерно-геологических работ. Поэтому ниже идёт рассмотрение состава и особенностей инженерно-геологической разведки таким образом, чтобы у учащихся возникло целостное представление об основном этапе инженерно-геологических исследований, как это принято в традиционном курсе по инженерной геологии.

Основной целью предпроектных изысканий является проработка архивных данных и при необходимости выполнение рекогносцировочных или съёмочных работ, т. е. сбор и анализ всей информации, необходимой для разработки технико-экономического обоснования проекта (ТЭО).

Инженерно-геологическая разведка нацелена на детальные исследования, определяющие расчленение разреза на инженерно-геологические элементы,

характеристику состава и свойств грунтов, возможность получения нормативных и расчётных показателей, т. е. получение того объёма информации, который необходим для разработки проекта и рабочей документации. Правильно и комплексно выполненная инженерно-геологическая разведка снимает всякую необходимость выполнения, так называемых, инженерно-геотехнических изысканий.

К отдельному виду инженерно-геологических изысканий относятся работы, выполняемые в период строительства, эксплуатации и ликвидации предприятий, зданий и сооружений.

В период строительства зданий и сооружений инженерно-геологические изыскания предусматриваются, как правило:

- в случаях строительства зданий и сооружений *I уровня ответственности*, а в сложных инженерно-геологических условиях и *II уровня ответственности*;
- при строительстве в условиях стесненной городской застройки;
- при непредвиденном осложнении хода строительства;
- при строительстве объектов в зонах повышенного риска;
- при длительных перерывах во времени между окончанием изысканий и началом строительства объектов;
- в случаях строительства рядом с объектами, которые могут пострадать в результате проведения строительных работ.

В период эксплуатации зданий и сооружений инженерно-геологические изыскания проводят при их расширении, реконструкции, техническом перевооружении, строительстве новых сооружений вблизи существующих (в пределах зоны влияния), а также в случае деформаций и аварий с целью получения данных для решения следующих задач:

- возможности надстройки или реконструкции с увеличением нагрузок на фундаменты;
- установления причин деформаций, разработки мер для предотвращения их дальнейшего развития, а также восстановления условий нормальной эксплуатации;

- определения состояния грунтов основания после длительной консервации;
- определения состояния мест примыкания зданий-пристроек к существующим и разработка мер по обеспечению их устойчивости;
- выяснения причин затопливания или подтапливания.

Инженерно-геологические изыскания в период ликвидации предприятий, зданий и сооружений должны обеспечить получение данных для обоснования проектных решений по санации (оздоровлению) и рекультивации (восстановлению почв, земель) с учетом результатов исследований по выявлению наличия загрязняющих веществ, оценке опасности и риска от ликвидации объекта.

3. Предпроектные инженерно-геологические изыскания.

### ***3.1. Сбор и анализ материалов изысканий и исследований прошлых лет.***

Сбору и обработке подлежат материалы инженерно-геологических изысканий прошлых лет, выполненных для обоснования проектирования и строительства объектов различного назначения, при этом обязательно рассматриваются результаты геолого-съёмочных работ наиболее крупных масштабов; результаты стационарных наблюдений за режимом подземных вод и различных геологических процессов; аэрокосмические материалы; материалы научно-исследовательских работ и научно-техническая литература, в которых даётся обобщение сведений о природных и техногенных факторах инженерно-геологических условий. Для конкретных площадок проверяется возможность археологических находок, анализируется возможное загрязнение подземных вод, наличие старых фундаментов и подземных коммуникаций. Часто происходит обследование фундаментов рядом расположенных зданий. Особенно тщательно анализируется опыт строительных работ и эксплуатации зданий и сооружений в аналогичных геологических условиях. По результатам сбора и обработки указанной информации в программе инженерно-геологических изысканий дается оценка степени изученности исследуемой территории, формулируется рабочая гипотеза об инженерно-геологических

условиях и устанавливается категория сложности этих условий. Это, прежде всего, связано с региональными особенностями инженерно-геологических условий и должно учитываться в Территориальных Строительных Нормах (ТСН), где следует более дифференцированно подходить к учёту ландшафтно-климатических и структурно-геологических особенностей каждого региона. В окончательном виде представление о сложности инженерно-геологических условий формируется после разработки научно обоснованной типизации (генерализации) всех факторов, влияющих на условия строительства, и закрепления её в виде карты (схемы) инженерно-геологического районирования.

### **3.2. Дешифрирование материалов аэро - и космических фотосъёмок и рекогносцировочные маршрутные обследования.**

*Дешифрование* аэро - космоматериалов и аэровизуальные наблюдения следует предусматривать при изучении и оценке инженерно-геологических условий значительных по площади (протяженности) территорий, а также при необходимости изучения изменения этих условий за определённый промежуток времени. Анализ аэро - и космоснимков, как правило, связан с рекогносцировочными обследованиями территорий и трасс проектируемых объектов. Такое обследование полезно проводить изыскателю и проектировщику совместно. С особенностями дешифрирования аэрофотоснимков и производства ландшафтно-индикационного картирования можно ознакомиться в «Методическом руководстве по инженерно-геологической съёмке масштаба 1:200 000 (1:100 000 — 1:500 000)» [9].

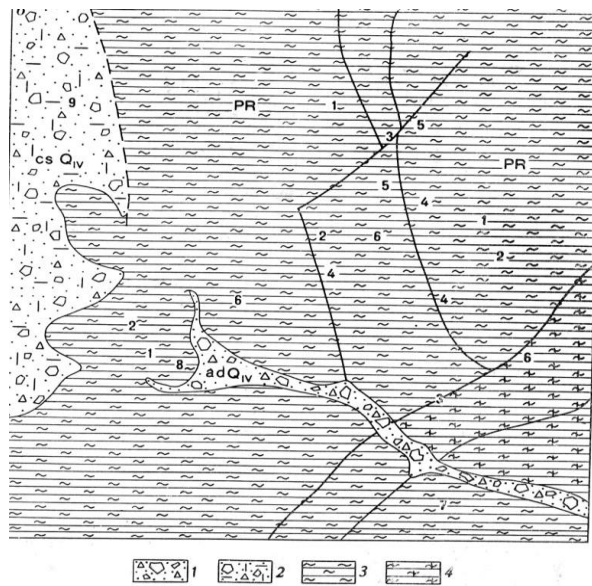
Пример дешифрирования аэрофотоснимка приведён на рис. 2.

Рис. 2





А



Б

А - плановый аэрофотоснимок среднего масштаба (абс. высоты 450 – 1200 м). Б – схема дешифрирования.

1 – галька, щебень, глыбы, песок; 2 – глыбы, щебень, суглинки; 3 – гнейсы; 4 – анортозиты.

В задачи *рекогносцировочных обследований и маршрутных наблюдений* входят:

- осмотр места изыскательских работ;
- визуальная оценка рельефа;
- описание имеющихся естественных и искусственных обнажений горных пород;
- описание водопроявлений, искусственных водных объектов (с замером уровней воды);
- описание проявлений геологических и инженерно-геологических процессов (включая описание геоботанических индикаторов, гидрогеологических и экологических условий);
- описание типов ландшафтов;
- описание внешних проявлений геодинамических процессов;
- опрос местного населения об имевших место чрезвычайных ситуациях.

В ходе рекогносцировочного обследования следует производить отбор контрольных образцов грунта и проб воды для лабораторных исследований, осуществлять предварительное планирование мест размещения ключевых

участков для комплексных исследований и уточнять результаты предварительного дешифрирования. Количество маршрутов, состав и объем сопутствующих работ следует устанавливать в зависимости от детальности изысканий, их назначения и сложности инженерно-геологических условий исследуемой территории. При прокладке маршрутов и ориентировании на местности, особенно в больших городах, полезно использовать в интерактивном режиме картографический пакет Google Maps.

### ***3.3. Геофизические исследования в составе предпроектных изысканий.***

Для разработки предпроектной документации при изысканиях на больших площадях (трассах значительной протяженности), в районах с развитием опасных инженерно-геологических процессов и в особых условиях (шельф, подрабатываемые и урбанизированные территории), а также при мониторинге возможных изменений геологической, геокриологической и экологической обстановки геофизические исследования рекомендуется выполнять в составе первоочередных работ [15].

Геофизические исследования обладают рядом особенностей, выделяющих их среди других видов инженерно-геологических исследований.

- Получаемая с их помощью информация носит интегральный характер, т.е. относится к определенному объёму пород (а не к «точке»); геофизические методы позволяют прослеживать геологические границы непрерывно.
- В ряде случаев информация о характеристиках массива может быть получена преимущественно с помощью геофизических методов (например, оценка неоднородности массива, определение динамических модулей упругости);
- Геофизические исследования в большинстве случаев проводятся без нарушения сплошности изучаемой геологической среды и могут выполняться многократно (с любой заданной периодичностью) без изменения условий наблюдения, что позволяет эффективно использовать

их для проверки получаемой информации и проведения мониторинга изменений геологической среды.

- Геофизические наблюдения позволяют оценивать состояние пород и локализовать участки прогнозируемого его изменения (например, напряжение, сплошность, влажность и пр.);
- Геофизические исследования позволяют производить дистанционные наблюдения, в том числе в процессе мониторинга;
- Геофизические исследования по стоимости и срокам выполнения во многих случаях предпочтительнее горнопроходческих, полевых опытных и других видов изысканий, особенно на стадии обоснования инвестиций.

Рекомендуемые виды и объёмы геофизических работ приведены в Приложениях 3 и 4 СП 11-105. Правила производства геофизических работ определены частью VI СП 11-105.

### ***3.4. Инженерно-геологическая съёмка и инженерно-геологическое картирование.***

#### **3.4.1. Содержание инженерно-геологической съёмки.**

Инженерно-геологическая съёмка это метод площадного исследования особенностей инженерно-геологических условий, сопровождающийся составлением различных инженерно-геологических карт. Съёмка включает в себя комплекс полевых наблюдений и работ, а также картографирование как способ графо - аналитического отображения и моделирования на плане местности различных параметров и обобщённых характеристик инженерно-геологических условий. Инженерно-геологическая съёмка – основной вид геологических исследований территории или трассы на начальном этапе инженерных изысканий. Задача съёмки - комплексное изучение инженерно-геологических условий территории или трассы, что предполагает исследование всех природных факторов, влияющих на оценку территории или трассы, планирование размещения различных видов строительства, выбор районов и мест расположения сооружений, условия их возведения, устойчивость и долговечность, характер производства различных инженерных работ.

Результатом инженерно-геологической съёмки являются не только инженерно-геологическая карта выбранного масштаба, но и пояснительная записка к ней, где даётся словесное описание, характеристика и оценка инженерно-геологических условий закартированной территории. Следует подчеркнуть, что карта должна составляться непосредственно в ходе съёмочных работ и окончательно уточняться и редактироваться в камеральный период [6].

### 3.4.2. Масштабы съёмочных работ.

Выбор масштаба инженерно-геологической съёмки осуществляется в зависимости от задач проектирования и характера проектируемых объектов, размеров исследуемой территории, сложности инженерно-геологических условий. Масштаб съёмки определяет детальность изучения и отображения на картах различных элементов инженерно-геологических условий (табл. 4).

Табл. 4

Назначение съёмки	Масштаб съёмки
Предпроектная документация генеральных схем развития и размещения производительных сил и промышленной инфраструктуры крупного региона. Выбор направления магистральных трубопроводов, транспортных и инженерных коммуникаций. Составление генеральных схем защиты территории от опасных геологических процессов.	1 : 100 000 ÷ 1 : 1 000 000
Разработка схем энергетического использования рек и водных ресурсов. Выбор створов плотин	1 : 25 000 ÷ 1 : 50 000 1 : 5 000 ÷ 1 : 2 000
Обоснование градостроительной документации: - проекты районной планировки; - генеральный план города; - проекты детальной планировки; - проекты планировки пригородной зоны	1 : 25 000 ÷ 1 : 50 000 1 : 5 000 ÷ 1 : 10 000 1 : 1 000 ÷ 1 : 2 000 1 : 25 000 ÷ 1 : 50 000

При выполнении инженерно-геологической разведки могут составляться инженерно-геологические карты детальных масштабов 1 : 10 000 и крупнее. В этом случае такие инженерно-геологические карты служат основой обобщения

всех полученных при детальном изыскании материалов. Чаще всего отдельные площадки картируются в масштабах 1 : 5 000 – 1 : 2 000, прирассовые полосы линейных сооружений – в масштабах 1 : 10 000 – 1 : 2 000. Для особо ответственных объектов в сложных инженерно-геологических условиях могут составляться карты и планы в масштабах 1 : 1 000 – 1 : 500.

### **3.4.3. Обоснование сети наблюдений при инженерно-геологических съёмках.**

Количество точек наблюдения (в том числе горных выработок) при производстве инженерно-геологических съёмок определяется в зависимости от категории сложности инженерно-геологических условий с учётом степени естественной обнажённости исследуемой территории и её отдельных частей. В настоящее время количество и вид точек наблюдения (естественные обнажения и искусственные выработки), глубина выработок, расположение точек на местности устанавливаются согласно рекомендациям п.п. 6.8...6.11; 7.4...7.12 по таблицам 6.1, 7.1... 7.2 СП 11-105. В методическом плане организация и производство инженерно-геологических съёмок регулируется обширной методической литературой, дифференцированно по масштабам выполняемых съёмок [9]. Если аналитические инженерно-геологические карты, обзорные и мелкомасштабные (от 1 : 500 000 и мельче), обычно составляются камеральным путём, то карты средне - крупномасштабные и детальные (1 : 200 000 и крупнее) должны составляться только в процессе выполнения инженерно-геологической съёмки, что гарантирует их достоверность. При этом существует «золотое правило» съёмочных работ: на 1 кв. см карты должна приходиться одна точка наблюдения вне зависимости от масштаба. С этой точки зрения рекомендации СП 11-105 явно недостаточны.

### **3.4.4. Инженерно-геологические карты.**

По назначению инженерно-геологические карты можно разделить на две большие группы: карты инженерно-геологических условий и карты инженерно-геологического районирования, по логическим и картографическим основаниям можно выделять карты аналитические и синтетические. На аналитических

картах обычно стремятся отобразить отдельно или по группам основные элементы инженерно-геологических условий: рельеф местности, горные породы, геологические процессы и явления, подземные воды, месторождения местных строительных материалов, уже построенные и эксплуатирующиеся объекты. Любая аналитическая инженерно-геологическая карта должна содержать несколько основных графоаналитических построений:

— Сводную инженерно-геологическую колонку, отображающую возраст, состав и классификационную принадлежность горных пород. Это по сути дела предварительная инженерно-геологическая оценка состава и свойств горных пород/грунтов в нормальной стратиграфической последовательности.

— Собственно инженерно-геологическую карту, отображающую реальное взаимоотношение на исследованной территории закартированных комплексов пород в двухкоординатной проекции (инженерно-геологическая структура местности).

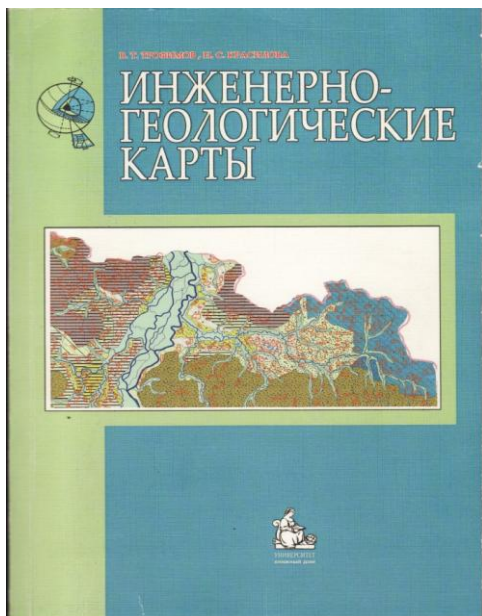
— Инженерно-геологические разрезы, показывающие строение территории на необходимую глубину.

— Условные обозначения, раскрывающие содержание и форму использованных изобразительных средств. Ясные и логично увязанные между собой условные обозначения обеспечивают образность карты и эффективность считывания информации.

Дополнительно на картах такого рода за рамочным оформлением карты могут показываться типовые геологические разрезы отдельных участков, приводиться таблицы с основными показателями состава, состояния и свойств пород/грунтов.

Синтетические инженерно-геологические карты – это карты инженерно-геологического районирования исследованной территории, отображающие те или иные обобщённые и типизированные характеристики или оценки инженерно-геологических условий. Составлению карт районирования предшествует постановка специальной оценочной задачи, связанной со

спецификой того или иного вида строительства или инженерных работ. Инженерно-геологическое районирование всегда строится на некоторой логической системе классификации или типизации, упорядочивающей определенные признаки, критерии, оценки. Так, например, при планировании городов или населённых пунктов, т. е. при массовом жилищном и промышленном строительстве, может производиться районирование территории по степени пригодности для определённого вида строительства, по видам и типам инженерной подготовки. При проектировании дороги её трассу полезно районировать по участкам с различной степенью сложности условий устройства земляного полотна. Таким образом, карты инженерно-геологического районирования являются полезным дополнением к аналитическим картам и имеют своё особое содержание. Они составляются, когда предварительно создана система классификационных критериев и оценок, связанных с решением определённых задач проектирования и строительства. Простейшая система таких оценок для категорий сложности инженерно-геологических условий местности приведена в Приложении Б СП 11-105. С образцами различных инженерно-геологических карт можно познакомиться в учебном пособии В. Т. Трофимова и Н. С. Красиловой «Инженерно-геологические карты» (2007) [13].

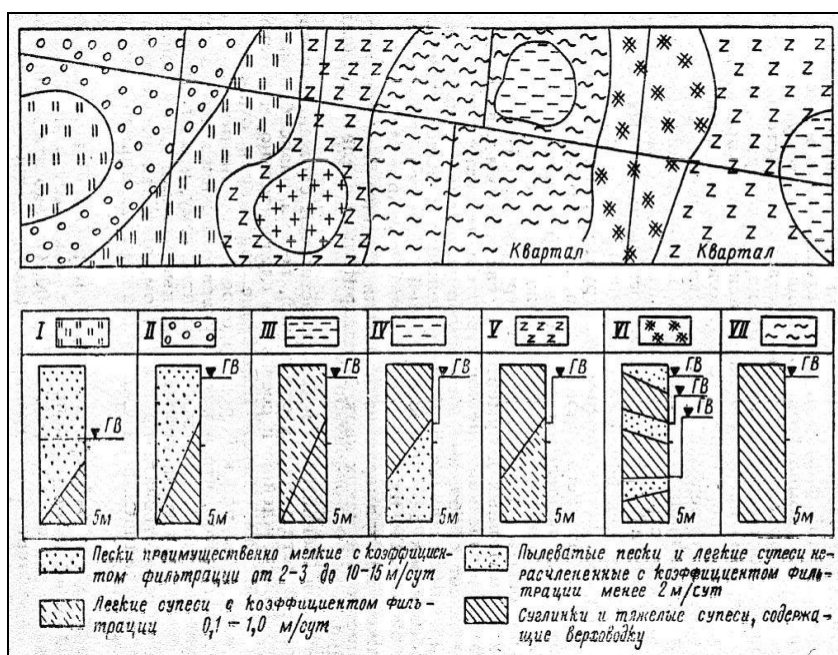


### **3.4.5. Грунтовые карты - разновидность синтетических инженерно-геологических карт.**

Строителями наиболее востребованы так называемые специальные грунтовые карты (разновидность синтетических карт) применительно к задачам промышленного и гражданского строительства (рис. 3). Такие карты создаются на основе типизации грунтовых толщ в отношении трёх практических задач проектирования: 1) для инженерной подготовки территории, 2) для проектирования оснований и фундаментов, 3) для производства земляных работ. При этом типизация грунтовых условий может производиться на основе разного комплекса признаков.

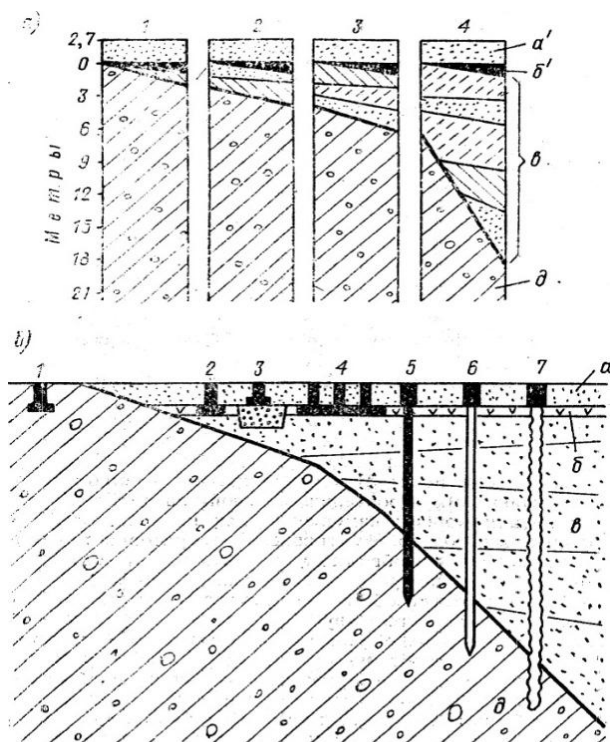


Фрагмент грунтовой карты масштаба 1: 5000 для инженерной подготовки территории (по Л. В. Иванову и Заварзину Л. Г., 1973)



На приведённом фрагменте показано распространение грунтовых комплексов (в условных обозначениях выделено 7 таких комплексов), различающихся по условиям обводнения (верховодка, грунтовые воды, межпластовые воды), что определяет направление дренажных мероприятий, составляющих сущность инженерной подготовки в данном конкретном случае.

На рис. 4. показана типизация грунтовых условий по одному из районов Санкт-Петербурга, определяющая различный выбор фундаментных решений (по Л. В. Иванову и Л. Г. Заварзину, 1973).



После детального картирования территории было выделено четыре типа геологических разрезов и соответственно произведено районирование территории, позволяющее производить выбор типа фундаментов, наиболее соответствующих грунтовым условиям, при этом рассматривались следующие типы оснований:

- 1 - ленточный на естественном основании;
- 2 - ленточный на естественном основании с прорезкой маломощного заторфованного слоя;
- 3 - на песчаной подушке;
- 4 - плитный на естественном основании;
- 5 - на сплошных сваях;
- 6 - на полых сваях-оболочках;
- 7 - на буронабивных сваях.

Для проектирования свайных оснований необходима карта мощностей грунтов, перекрывающих моренную толщу.

Следует подчеркнуть, что типизация как модель условий фундирования весьма наглядна, но на практике картирование по типовым разрезам требует очень плотной системы наблюдений (скважины, шурфы, точки зондирования и т. д.).

#### 4. Инженерно-геологическая разведка.

##### **4.1. Задачи и особенности методики инженерно-геологической разведки.**

Инженерно-геологическая разведка должна обеспечить получение детальной информации об инженерно-геологических условиях участка строительства после того, как становятся известными контуры проектируемых сооружений и их конструктивные решения.

В ходе разведки необходимо установить:

- условия залегания пород/грунтов и подземных вод;
- приуроченность и распространение геологических процессов;
- физико-механические свойства пород/грунтов;

— произвести расчленение разреза на однородные геологические тела на основе закономерностей пространственной изменчивости показателей свойств пород/грунтов.

Формально по результатам инженерно-геологической разведки, согласно требованиям ГОСТ 20522 – 2012, необходимо выделить инженерно-геологические элементы (ИГЭ), в качестве которых можно рассматривать любые выделенные в пространстве геологические тела с резкостными и/или условными границами (слой, прослой, линза и т. д.), для которых методами эмпирической статистики установлены *обобщённые показатели* состава и свойств слагающих его пород/грунтов. Полученные обобщённые показатели должны позволить проектировщику перейти к расчётным показателям свойств, удовлетворяющим принятым расчётным схемам взаимодействия сооружений с геологической средой. Поскольку изменчивость показателей свойств (физические характеристики, деформационные и прочностные показатели) зависит от выбранных критериев однородности пород/грунтов и самих статистических методов оценки (прежде всего от объёма и надёжности статистических выборок по различным показателям), выделение инженерно-геологических элементов часто страдает субъективизмом и неопределённостью. Для одного и того же геологического разреза можно выделить различные инженерно-геологические элементы в зависимости от выбранных критериев оценки однородности и постановки конструкторских задач. Ясно, что такого рода решения, как минимум, должны производиться совместно изыскателем и проектировщиком по согласованной программе. В наилучшем варианте определение обобщённых характеристик должно быть в руках изыскателя, а выбор и назначение расчётных показателей является прерогативой проектировщика или геотехника, решающего конкретные расчётные задачи.

На стадии разведки должна быть сформирована окончательная модель *неоднородности Геологической среды* и сформулированы закономерности изменчивости свойств в границах выделенных геологических тел. При этом, изыскатель должен руководствоваться основными положениями и

достижениями инженерной геологии, позволяющими применять всю сумму геологических методов для формирования такой модели на макроуровне (изучение организации геологического пространства и условий залегания геологических тел), на микроуровне при изучении состава, строения и свойств горных пород, на молекулярном уровне при изучении природы прочности и деформируемости. Знание закономерностей пространственной неоднородности горных пород имеет громадное научное и практическое значение, как для изыскателя, так и для строителя. Для инженер - геолога, ведущего изыскания, это будет определять всю методику и детальность инженерных изысканий, для инженера строителя – решение таких вопросов, как выбор мест расположения зданий и сооружений, компоновку сооружений на выбранном участке, глубину врезки сооружений в горные породы, организацию производства строительных работ и выбор расчётных схем и расчётных показателей свойств горных пород/грунтов [2,4.5.6].

#### ***4.2. Обоснование сети наблюдений при инженерно-геологической разведке. Вопросы комплексирования и оптимизации разведочных работ.***

Главный методический вопрос инженерно-геологической разведки – это состав и последовательность различных методов, способов и приёмов создания сети точек наблюдения и схем опробования. Успешность решения задач разведки определяется, прежде всего, тем, как на местности размещены горно-буровые выработки и точки производства опытных и геофизических работ, как построена схема опробования горных пород для изучения характеристик состава, состояния и физико-механических свойств. Накопленный в этом отношении опыт закреплён в рекомендациях по производству инженерно-геологической разведки дифференцированно к различным направлениям строительства – гражданское и промышленное, гидротехническое, дорожное, подземное и т. д. В отечественной практике ответственность за разработку схемы размещения разведочных выработок и составление сетевого графика производства работ полностью лежит на изыскателях. За рубежом все

организационно-технические вопросы разведки тщательно прорабатываются в спецификации на изыскания, представляемой проектировщиком из консалтингово - инжиниринговой фирмы. В любом случае инженер строитель должен понимать несколько основных принципов, которыми приходится руководствоваться изыскателю при выполнении плана разведки.

1. Размещение точек наблюдения зависит от сложности геологического и геоморфологического строения участка, от характера проектируемого сооружения, доступности и условий проходимости местности. При этом следует учитывать, как особенности природных условий (рельеф, геологический разрез, наличие в разрезе специфических грунтов, подземные воды, геологические процессы), так и конструктивные особенности проектируемых зданий и сооружений (сложность контуров зданий и сооружений, положение осей проектируемых фундаментов, требования к линейным сооружениям и инженерным сетям, к особенностям работы и эксплуатации сооружения и его отдельных частей).

2. Определение глубины выработок является наиболее сложным вопросом в организации и производстве разведочных работ. В общем случае назначение глубины геофизического просвечивания, бурения и зондирования определяется представлениями о сфере взаимодействия проектируемых сооружений с геологической средой. Но этот вопрос следует всегда рассматривать в свете возможных изменений в ходе строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Накопленный практический опыт в различных областях строительства позволяет довольно обоснованно назначать глубину разведочных выработок на различных этапах изысканий, решая три основные задачи: детальность освещения разреза, необходимость опробования для производства лабораторных исследований и производства полевых испытаний [11, с. с. 179-181].

3. Выполнение разведки должно строиться на принципе обратной связи, когда выполнение запроектированных работ корректируется в зависимости от поступающих результатов, что может приводить к постепенному сгущению или

разрядке сети разведочных выработок, к изменению объёма и методики тех или иных исследований. Следует всегда помнить, что применение геофизических работ и современных видов зондирования позволяет существенно сократить объёмы дорогостоящих и длительных горных и буровых работ [3].

4. Успех разведки в большинстве случаев зависит от *комплексирования и оптимизации* в пределах участка разведки геофизических, буровых и пенетрационно - каротажных работ. Для простых условий возможно применение геометрических правильных или неправильных сеток, разведочных створов, одиночных или групповых выработок. При сложном геологическом строении на больших площадях при нормальном стадийном проектировании и комплексной застройке необходимо переходить к равномерному изучению значительных объёмов геологической среды, комбинируя сейсмогеофизические и электроразведочные профили, буровые и зондировочные скважины (статическое и динамическое зондирование). Установленные при разведке закономерности неоднородности геологической среды позволяют изыскателю построить обобщённые модели распределения параметров физических полей и вещества, а проектировщику и геотехнику решать задачи взаимодействия сооружений с окружающей средой. Например, можно принять модель вещества для определённого объёма пород/грунтов (массив скальных и полускальных грунтов) как упругое тело Гука и соответственно на этой основе выполнять расчёт оснований как упругого тела определённой геометрической формы (основание сооружения, откос и т.п.). При этом решения, полученные на основе модели линейно деформируемой упругой среды, образуют непрерывную логическую связь оценок геологического пространства, расчётных моделей и накопленного опыта сопоставлений (эталонные сравнения, закреплённые в нормативных документах) [2].

5. По умолчанию, обычно принимается решение о том, что процесс, действующий в течение незначительных отрезков физического времени в ограниченной области геологического пространства, можно рассматривать как процесс без последствия, т. е. применять к нему математическую модель

случайной величины в границах многомерных полей, отражающих неоднородность геологического пространства, проявляющуюся в непостоянстве его структуры и анизотропии свойств. На основе таких представлений инженер – геолог должен обосновать выбор математической модели обработки данных исследования состава и свойств пород/грунтов, в полной мере опирающейся на генетические и историко-геологические механизмы. Следует всегда помнить, что результаты математического моделирования не следует рассматривать как прямое доказательство однородности инженерно-геологического пространства [12].

6. По сути дела в ходе инженерно-геологических изысканий последовательно развёртывается многоаспектное моделирование взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой. В начале, исследованный массив горных пород схематизируется геолого-структурной моделью. Затем исследование физико-механических свойств элементов геолого-структурной модели позволяет на основе схематизации их свойств (упругое или упруго-вязкое тело, зернистая или трещиноватая среда) перейти к геомеханической модели, содержащей данные о пространственном расположении и свойствах элементов как механически взаимодействующих тел. На заключительном этапе идёт многовариантное решение геомеханических задач с целью количественного прогноза напряжённо-деформируемого состояния, оценки прочности и устойчивости массива или отдельных его частей при тех или иных воздействиях (сила тяжести, нагрузка сооружений, фильтрационное давление, сейсмические воздействия и т. д.) (см. выше рис. 1, с.4).

5. Основной состав и краткая характеристика работ при инженерно-геологической разведке.

В состав инженерно-геологической разведки целесообразно включить рассмотрение следующих видов исследований и работ:

- *проходку, документацию и опробование горных выработок;*
- *полевые опытные работы;*
- *стационарные наблюдения;*
- *лабораторные исследования;*

- научно-исследовательские работы для решения специальных вопросов.
- камеральная обработка материалов и составление технического отчёта.

### **5.1. Особенности проходки и документации горных выработок.**

Горными выработками называются полости и выемки, искусственно созданные в приповерхностной части Геологической Среды и используемые для различных целей:

- установления или уточнения геологического разреза, условий залегания грунтов и подземных вод;
- отбора проб грунтов и подземных вод для их последующего исследования в лаборатории;
- проведения полевых исследований свойств грунтов,
- определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и зоны аэрации,
- производства геофизических исследований;
- выполнения стационарных наблюдений (локального мониторинга);
- выявления и оконтуривания зон проявления геологических и инженерно-геологических процессов.

К горным выработкам относят закопушки, расчистки, канавы и траншеи, штольни, шурфы и дудки, буровые скважины.

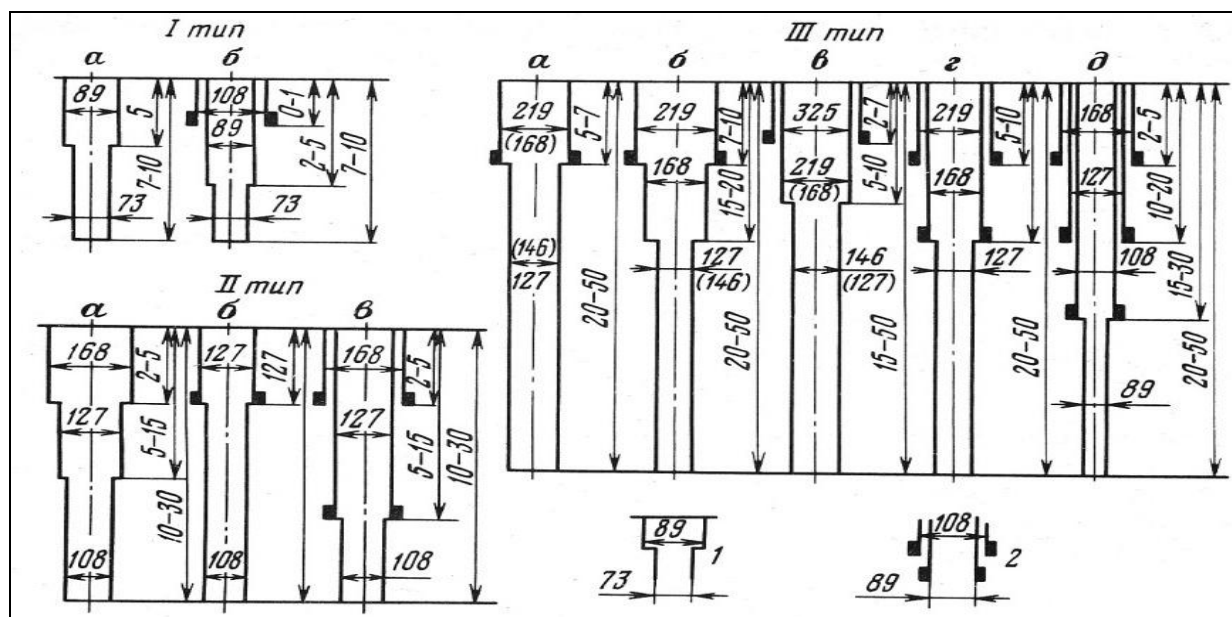
- *Закопушки и расчистки* – выработки глубиной до 1 м, применяемые для снятия слоя рыхлого делювия и элювия с наклонных поверхностей естественных обнажений (берега рек, озера, склоны, карьеры и т.п.).
- *Канавы (траншеи)* – узкие (до 0,8 м) и неглубокие (до 2 м) выработки.
- *Штольни* – подземные горизонтальные выработки, закладываемые на склонах и вскрывающие толщи горных пород в глубине массива.
- *Шурфы* – колодцеобразные вертикальные выработки прямоугольного (или квадратного) сечения. Шурф круглого сечения называют дудкой. Проходку дудок легче механизировать, но по прямоугольным шурфам проще и легче определить положение пласта в пространстве. Размер шурфов в плане зависит от предполагаемой глубины (машина КШК-30 может обеспечить проходку



выработок глубиной до 30 м). Чаще всего размеры шурфов  $1,0 \times 1,0$ ;  $1,5 \times 1,5$ ;  $1,0 \times 1,5$  м. В случаях, когда стенки шурфа неустойчивы, проходку осуществляют с креплением стенок. Характер и способ крепления зависят от устойчивости пород/грунтов.

- Буровые скважины представляют собой круглые вертикальные, или наклонные (иногда горизонтальные) выработки малого диаметра, выполняемые специальным буровым инструментом. В буровых скважинах различают устье, стенки и забой. Различают скважины с креплением обсадными трубами и без крепления (рис. 5).

Типовые конструкции инженерно-геологических скважин (диаметры, мм; глубины, м) [10]



Скважина без  
крепления  
обсадными  
трубами

То же с  
креплением  
обсадными  
трубами

Буровые работы при инженерно-геологических изысканиях настолько ответственны и специфичны, что для их планирования и производства необходимо в полной мере использовать обширную справочную и методическую литературу [9а, 10].

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).

Описание выработок и керна буровых скважин является основным видом изучения грунтов и регламентируется нормативными документами. Выбор способа бурения в зависимости от типа грунтов рассматривается в РСН 74-88

« Инженерные изыскания. Технические требования к производству буровых и горнопроходческих работ». Однако надо иметь в виду, что в настоящее время появились новые высокопроизводительные виды бурения со сплошным отбором керна. На рис. 6 приводится момент извлечения керна крупнозернистых песков при проходке по технологии вибровращательного бурения (по материалам компании Sonicsampdrill, 2005).

Рис. 6

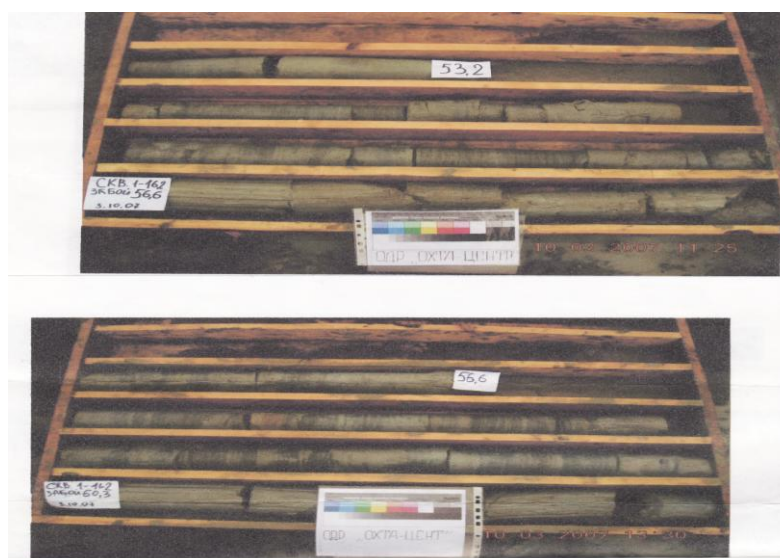


### **5.2. Отбор проб и монолитов.**

Отбор проб при производстве инженерных изысканий с их последующими испытаниями в грунтовых лабораториях является необходимым и основным способом получения данных о физико-механических свойствах грунтов. При этом производится отбор проб нарушенного сложения для изучения физических и химических характеристик грунта, отбор монолитов грунта для изучения механических: прочностных и деформационных свойств грунтов и отбор проб воды. При отборе монолитов грунта необходимо сохранить естественное сложение грунта в массиве, не нарушить его структуру, плотность и влажность. В шурфах операция отбора монолитов не вызывает особых трудностей, хотя и требует тщательной подготовки и подсобных материалов (ножи, шпатели, изоляционный материал и т. п.). Отбор монолитов в скважинах это сложная технологическая операция, в значительной степени

влияющая на организационно-технические параметры самого бурения. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов регулируются специальным стандартом (ГОСТ 12071-2000). Отбор, консервацию, хранение и транспортировку проб воды для лабораторных исследований следует осуществлять в соответствии с ГОСТ 494-49. Перед отбором проб керн тщательно документируется и маркируется, при этом обязательно применяется цветная фотосъёмка (см. рис. 7).

Рис. 7



Для отбора монолитов из скважин разработан так называемый нормальный ряд грунтоносов, различающихся по способу погружения в грунты с различным физическим состоянием. Классификация грунтоносов приведена в таблице 5 [10].

Табл. 5

Классификационный признак	Виды грунтоносов
---------------------------	------------------

По способу погружения	Вращательные... Вдавливаемые... Забивные... Вибрационные... Обуривающие...
По способу удержания монолита в грунтоносе	Без затворных устройств С затворными устройствами Вакуумные
По конструкции затворных (подрезающих) устройств в башмаке	С затворами проволочного, лепесткового, пружинного («паук»), ножевого, диафрагменного, секторного и эластичного типа
По типу приёмного устройства	Без керноприёмной гильзы С неподвижной керноприёмной гильзой (металлической или пластмассовой) С подвижной керноприёмной гильзой, перемещающейся вместе с монолитом внутрь грунтоноса
По способу предохранения монолита от продольных деформаций	Без предохраняющих устройств Поршневые

В Программе инженерно-геологических изысканий подбору грунтоносов и способов проходки для различных типов грунтов должно уделяться особое внимание. Некоторые виды грунтоносов приведены на рис. 6.

Забивной с лепестковым клапаном



Подрезающий



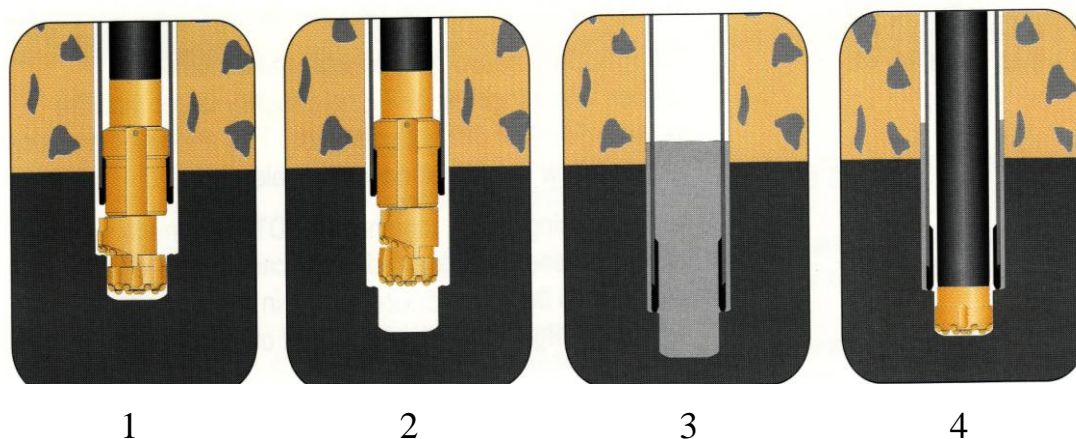
Рис. 6



Вдавливаемый

В настоящее время в неустойчивых породах применяется непрерывная обсадка скважин стальными или пластмассовыми трубами и проходка скважин специальными методами, позволяющими отбирать монолиты с любой глубины (технология ODEX). Особенности операций по технологии ODEX приведены на рис. 7.

Рис. 7



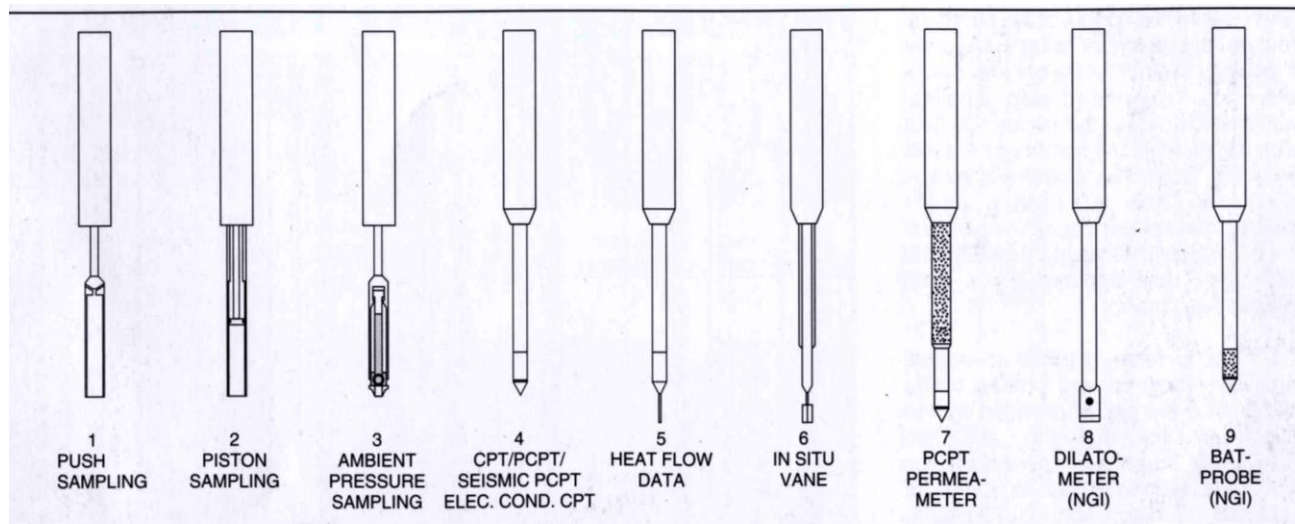
Когда начинается бурение, расширитель ODEX выдвигается и разбуривает пилотную скважину диаметром, достаточным для непрерывного спуска обсадной колонны вслед за буровым наконечником (1).

Когда достигнута заданная глубина, меняется направление вращения, вследствие чего расширитель утапливается, позволяя буровому наконечнику убираться внутрь буровой колонны (2).

Если обсадная колонна оставлена на забое, буровая скважина может быть заполнена цементным раствором или другим вязущим веществом (3).

Цементная пробка разбуривается, и проходка скважины продолжается до заданной отметки (4).

В устойчивых песчано-глинистых породах неплохие результаты даёт пробоотбор тонкостенными пробоотборниками с помощью их вдавливания зондировочными установками, снабжёнными мощными гидравлическими устройствами, позволяющими развивать усилия вдавливания до 20 тс и более. Спектр применяемых при статическом зондировании наконечников и пробоотборников весьма широк (см. рис. 8, по материалам компании Фугро).



1 - задавливаемый пробоотборник для глинистых пород (диаметры керноприёмной гильзы 50, 75, 100 мм); 2 – задавливаемый пробоотборник для грубообломочных пород (диаметр 50 мм); 3 – вакуумный пробоотборник; 4 – сейсмозонд; 5 – термозонд; 6 – крыльчатый зонд; 7 – зонд для замера водопроницаемости; 8 – дилатометр (лопаточный зонд); 9 – пробоотборник для подземных вод.

Для отбора крупнообломочных грунтов (галька, щебень, мелкие валуны) рекомендуется поточное вращательное бурение с ультразвуковым воздействием.

Число проб, необходимое для получения обобщённых показателей свойств пород на сравнительно ограниченной площади для выделенных слоёв или зон, может быть рекомендовано около 25-30 по каждому выделенному слою [6, с. 129]. На стадии разведки происходит дальнейшее уточнение числа проб, руководствуясь необходимостью равномерного освещения по площади и мощности исследуемой толщи, слоя, зоны и учитывая распространение зоны влияния сооружения. На основе накопленного практического опыта число проб для лабораторных исследований должно составлять около 10% от общего числа отобранных образцов из 30-50% пройденных разведочных выработок. Из слоёв мощностью до 1 м отбирают обычно одну пробу, в слоях большей мощности опробование ведут через 1 м. Для таких характеристик как влажность, плотность, консистенция пробы отбираются через 20...50 см. Для ориентировочного определения количества проб и выбора количества точек производства полевых опытных исследований можно воспользоваться рекомендациями, приведёнными в «Справочнике для техников геологов» [11, с.



188-189]. Для уточнения числа проб обычно используют вероятностно-статистический метод доверительных пределов с учётом коэффициента изменчивости и возможной погрешности определения средних значений. На стадии предварительных исследований доверительная вероятность может быть принята равной 0,9, на стадии разведки она должна быть не меньше 0,95-0,99 [2,6,]. При этом необходимо учитывать, что такой способ определения необходимого числа проб допустим для случая незакономерного (стационарного) характера изменчивости свойств в пределах исследуемой толщи.

### **5.3. Опытные полевые работы. Общие требования к организации.**

При инженерно-геологической разведке указанному комплексу работ уделяется большое внимание, поскольку от него зависит полнота и достоверность инженерно-геологической информации.

Общие требования к организации и постановке опытных работ сводятся к нескольким положениям.

1. Каждый полевой опыт должны решать конкретную задачу, связанную с оценкой устойчивости сооружения или территории в целом, давать исчерпывающие представления о свойствах пород/грунтов, водоносных горизонтов об условиях производства строительных работ.
2. Опытные площадки должны быть максимально приближены к контурам проектируемых сооружений или располагаться в пределах пятен застройки.
3. Для планирования опытных работ необходимо иметь детальные представления о геологическом строении участка или трассы.
4. Виды опытных работ и методика их производства должны моделировать реальные условия взаимодействия сооружений и геологической среды, условия работы пород/грунтов под нагрузкой, режим и динамику водоносных горизонтов.
5. Опытные работы должны сочетаться с массовыми лабораторными исследованиями с целью проверки и корреляции количественных параметров



свойств пород/грунтов и водоносных горизонтов для более надёжного обоснования расчётных показателей.

В комплекс опытных полевых работ обычно включают детальные геофизические исследования, гидрогеологические опытно-фильтрационные работы, полевые определения деформационных и прочностных свойств пород/грунтов, стационарные наблюдения.

#### **5.4. Геофизические разведочные работы и исследования.**

Детальные геофизические исследования в сочетании с другими видами работ позволяют решить широкий круг задач [9а, 15]:

- определение геологического строения массива горных пород;
- выявление тектонических нарушений, в том числе активных, зон повышенной трещиноватости и обводнённости;
- определение глубины залегания уровня подземных вод, водоупоров, направления движения потоков подземных вод, а также гидрогеологических параметров грунтов и водоносных горизонтов;
- определение состава, состояния и свойств грунтов в массиве и их изменений во времени;
- выявление и изучения геологических процессов и их изменений во времени;
- проведение мониторинга опасных геологических и инженерно-геологических процессов;
- сейсмическое микрорайонирование территории.

Среди всего разнообразия геофизических методов для инженерно-геологических исследований, прежде всего, следует выделить:

- электроразведку,
- сейсморазведку,
- ядерные методы.

#### 5.4.1. Электроразведка..

Различные модификации электроразведки основаны на наблюдениях за особенностями распространения естественных или искусственных электромагнитных полей в горных породах. Одним из важнейших параметров, характеризующих электрические свойства грунтов, является их удельное электрическое сопротивление (УЭС), измеряемое в омах на метр.

Для горных пород эта величина варьирует от долей до сотен тысяч ом×метров и зависит от литологического состава пород, их структуры, пористости и трещиноватости, степени водонасыщения (льдистости мёрзлых пород) и минерализации поровой влаги. При инженерно-геологических исследованиях электроразведкой изучается, как правило, верхняя 15-30-метровая толща грунтов. С помощью электроразведки можно решать следующие задачи:

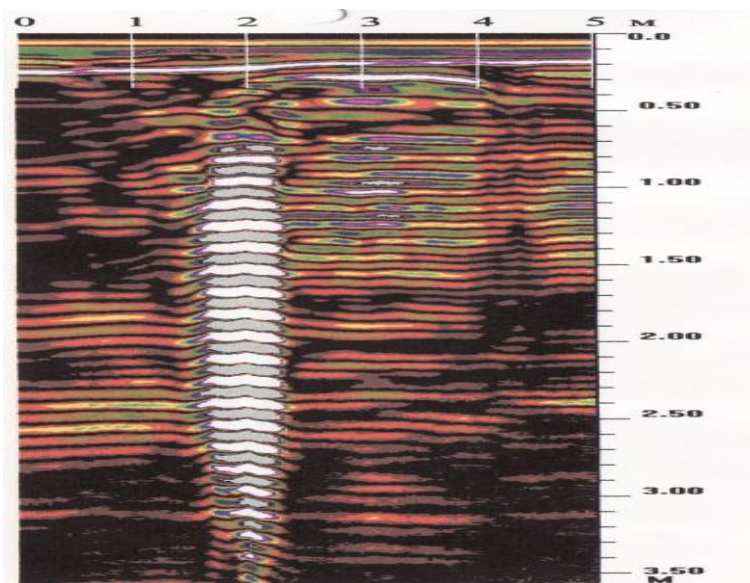
- ✓ расчленение разреза на литологические слои;
- ✓ определение глубины залегания кровли скальных грунтов;
- ✓ картирование погребенных речных долин;
- ✓ картирование вечномёрзлых грунтов;
- ✓ выявление и оконтуривание закарстованных зон;
- ✓ установление и прослеживание тектонических нарушений и зон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

Достоинствами метода являются простота, серийно выпускаемое оборудование, технологичность и относительно низкая стоимость. Правила производства электроразведочных работ определены Региональными Строительными Нормами РСН 64-87.

В последнее время широко стал применяться метод непрерывного электрического зондирования, называемый электрической томографией,

хорошо зарекомендовавший себя при решении инженерно-геологических и экологических задач.

Для песчано-глинистых разрезов на глубинах до 7-10 м хорошие результаты даёт георадар, принцип действия которого основан на излучении коротких электромагнитных широкополосных импульсов и приеме отражённых электромагнитных волн различной амплитуды от границ геологических слоёв, строительных конструкций и отдельных объектов в грунте. На характер распределения отражённых сигналов существенно влияет обводнение грунтов. Основной величиной, фиксируемой при производстве георадарных исследований, является время пробега электромагнитной волны (в наносекундах) от передающей антенны к отражающему или дифрагирующему объекту и обратно к приёмной антенне. Всем процессом зондирования с регулируемыми параметрами управляет встроенный компьютер с помощью соответствующей программы сбора и хранения информации. С помощью специального программного пакета с применением цветовых преобразований амплитуды отражённого сигнала производится оценка условий залегания, обводнения и состояния грунтов, а также фиксируется наличие в грунтах различных техногенных объектов. Для точной привязки положения границ и различных объектов по глубине необходим пересчёт наносекундной временной шкалы в шкалу глубин в метрах. Вид георадарного профиля в насыпных грунтах показан на рис.9.



На профиле отчётливо видны старая засыпанная булыжная отсыпка на глубине 20-30 см и остатки свайной конструкции в интервале 0.7...3.5 м. Уровень грунтовых вод дешифрируется на глубине 2.7 м, выше отмечается локальное разобщённое обводнение разреза. Отметки по глубине рассчитывались при скорости электромагнитной волны в техногенных грунтах 4.1 см/нсек

#### 5.4.2. Сейсморазведка..

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.

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 – 20 кГц) и ультразвуковые (более 10 – 20 кГц).

В составе разведочных работ следует, прежде всего, использовать:

- сейсмический каротаж (СК),
- вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП),
- сейсмическое просвечивание (томография) (СП, СТП).

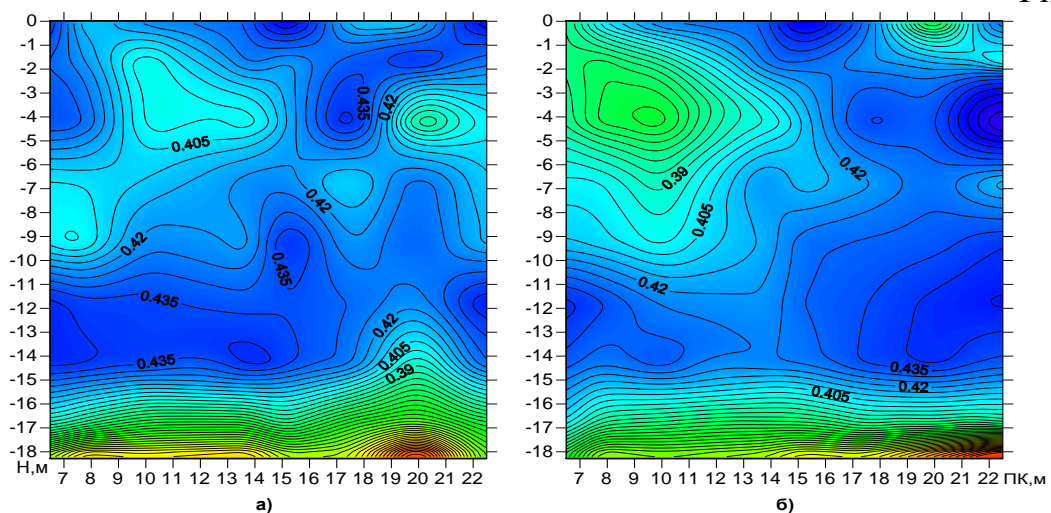
Сейсмическая томография отличается весьма компактной аппаратурой и широкими возможностями замера продольных и поперечных сейсмических волн. Общий вид инженерной сейсмостанции и приёмной аппаратуры показан на рис. 10.

Рис. 10



На рис. 11 показана интерпретация материалов сейсмотомографии, отражающая дискретно-очаговую неоднородность песчано-глинистого надморенного разреза через распределение значений коэффициента Пуассона ( $\mu$ ) (по И. А. Курилович, 2009).

Рис. 11



На акваториях широко применяется непрерывное сейсмическое профилирование (НСП). Среди акустических методов - акустический каротаж в

точечной или просвечивающей модификациях. Ультразвуковые исследования выполняются методами профилирования, просвечивания или каротажа.

### 5.4.3. Ядерно-физические методы.

Ядерно-физические методы (радиоизотопные) базируются на существовании связей радиоактивных свойств пород с их плотностью, влажностью и глинистостью.

Наиболее широко используются:

- гамма-гамма метод (ГГМ) определения плотности;
- нейтрон-нейтронный метод (ННМ) определения влажности;
- метод естественной радиоактивности для определения глинистости, как правило, в модификации скважинного и пенетрационного каротажа.

Работы первыми двумя методами требуют использования искусственных радиоактивных источников. Основные модификации ядерных методов, применяемых в инженерно-геологических исследованиях, приведены в табл. 6 (по В. Д. Ломтадзе).

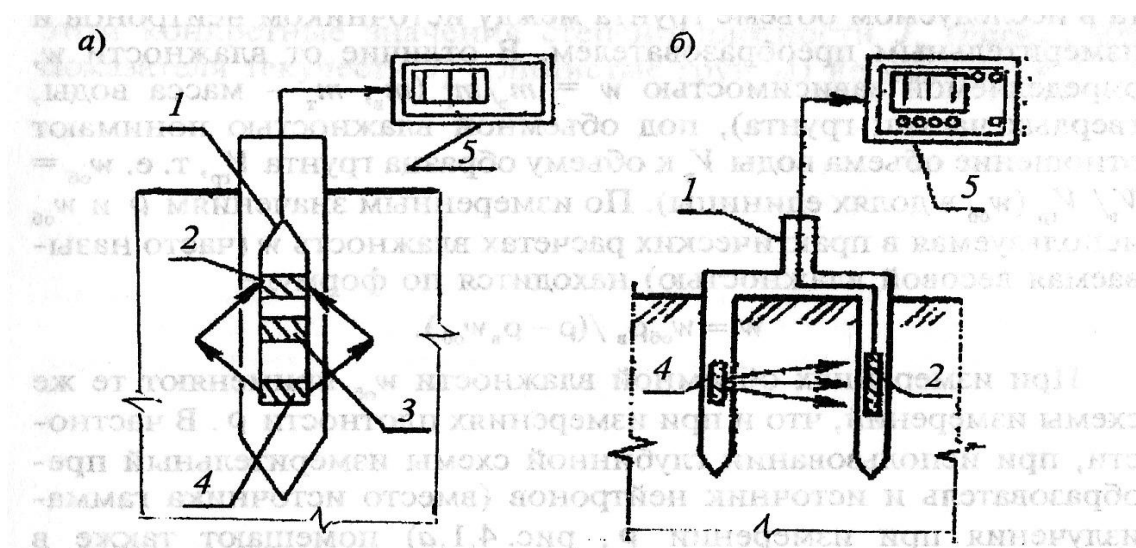
Табл. 6

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	Определение плотности пород

При инженерно-геологических исследованиях в шурфах и котлованах, в дорожных насыпях успешно применяются глубинные плотномеры, в которых интенсивность ионизирующего излучения сопоставлена с плотностью грунта в условиях естественного залегания. Принципиальные схемы работы плотномеров приведены на рис.12.

Рис. 12

Схема измерения плотности грунта методом альбедо (а) и адсорбционным методом (б) [6].



1- измерительный преобразователь; 2 – детектор; 3- защитный экран; 4 – радиоизотопный источник; 5 – измерительный прибор

ГГМ основан на рассеянии и ослаблении гамма излучения на электронах атомов вещества, пронизываемого гамма излучением. Источником гамма-квантов является цезий-137. Используются два способа: просвечивания (метод ослабления первичного гамма-излучения) и метод рассеянного первичного излучения. В обоих случаях измеряется плотность потока, или интенсивность (прошедших или рассеянных) гамма квантов. Плотность определяется пересчетом по градуировочной зависимости в соответствии с рекомендациями

ГОСТ 23061-2012 «Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности», регламентирующим выполнение градуировки.

ННМ основан на эффекте замедления быстрых нейтронов на атомах водорода и заключается в регистрации потока замедленных надтепловых и тепловых нейтронов. В методе используется плутониево-бериллиевый источник быстрых нейтронов и гелиевый или сцинтилляционный счетчик в качестве детектора медленных нейтронов.

Метод естественной радиоактивности для определения глинистости дисперсных пород основан на зависимости естественного гамма излучения от содержания глинистой фракции в породах. Для расчета содержания глинистой фракции  $\beta$  используются корреляционные связи интенсивности естественного гамма излучения и величиной  $\beta$ . Естественная радиоактивность измеряется в соответствии с ГОСТ 25260-82 «Метод пенетрационного испытания пенетрационным каратажом».

### ***5.5. Опытно-фильтрационные работы.***

На этапе инженерно-геологической разведки очень большое внимание приходится уделять количественной характеристике и оценке водоносных горизонтов. Без этих данных невозможно обосновать строительный водоотлив и защиту сооружений от подтопления или затопления, осуществлять мероприятия по искусственному улучшению свойств пород/грунтов, оценивать опасность развития суффозии, кольматации, соляного карста и т. д. Прежде всего, необходимо иметь данные о направлении движения подземных вод, о водопроницаемости горных пород, о радиусе влияния водозаборных скважин и устройств.

Определение этих параметров обычно производят методами опытных откачек из одиночных скважин или опытных кустов, когда наблюдения за уровнями подземных вод ведутся по лучам наблюдательных скважин или методами наливов в шурфах и скважинах. Для определения направления и скорости подземного потока применяют метод запуска красителей, геофизический метод заряженного тела и др.

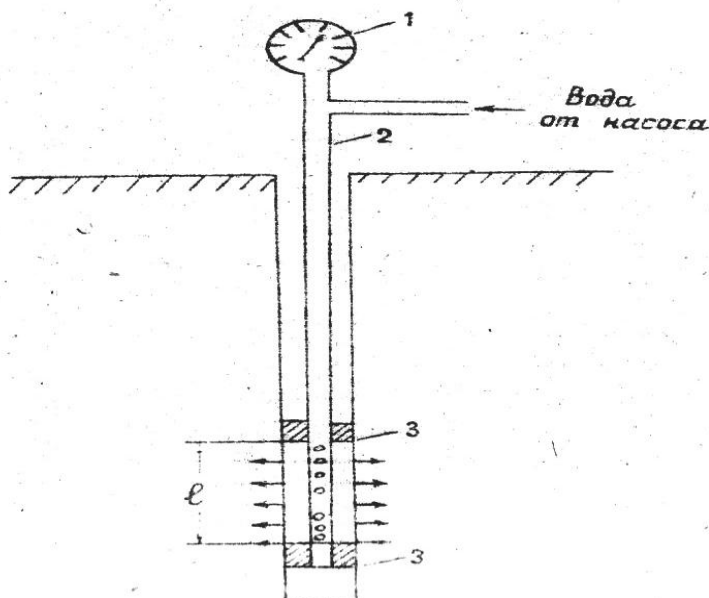


Каждый из упомянутых методов исследований фильтрационных свойств пород/грунтов весьма специфичен и требует знания многочисленной специальной литературы. Для приближённых расчётов коэффициента фильтрации по результатам одиночных или кустовых откачек в зависимости от степени вскрытия пласта могут быть рекомендованы решения, учитывающие несовершенство скважин, задействованных в расчёте [11, с. с. 97...98, табл. 72 и 74].

Исследования водопроницаемости, трещиноватости и закарстованности горных пород осуществляют с помощью опытных нагнетаний. Метод опытных нагнетаний позволяет решать целый ряд очень важных инженерно-геологических задач:

1. производить характеристику и оценку степени водопроницаемости и трещиноватости или закарстованности скальных и полускальных пород в отдельных точках или на том или ином участке для массивов в целом, что позволяет решать задачи компоновки сооружений, глубины их врезки, необходимости осуществления противофильтрационных мероприятий;
2. исследовать изменение водопроницаемости, трещиноватости или закарстованности горных пород по глубине, определять положение практически водоупорных пород, выявлять зоны повышенной водопроницаемости;
3. оценивать качество выполненных работ по искусственному улучшению свойств грунтов, например, при устройстве противофильтрационной цементационной завесы.

Принципиальная схема опыта по нагнетанию показана на рис. 13.



1 – манометр; 2 – рабочая колонна; 3 – тампонирующие устройства;  $l$  – длина опробуемого интервала (обычно 5 м).

Мерой водопроницаемости и соответственно степени трещиноватости (или закарстованности) пород при опытных нагнетаниях служит удельное водопоглощение, т. е. расход воды на 1 м длины опробуемого интервала пород при напоре в 1 м

$$\omega = \frac{Q}{l \times H} \quad (1)$$

$Q$  – расход воды, л/мин;  $l$  – длина опытного интервала;  $H$  – величина напора в метрах водяного столба.

Примерное подразделение пород по степени водопроницаемости и трещиноватости приведено в таблице 7.

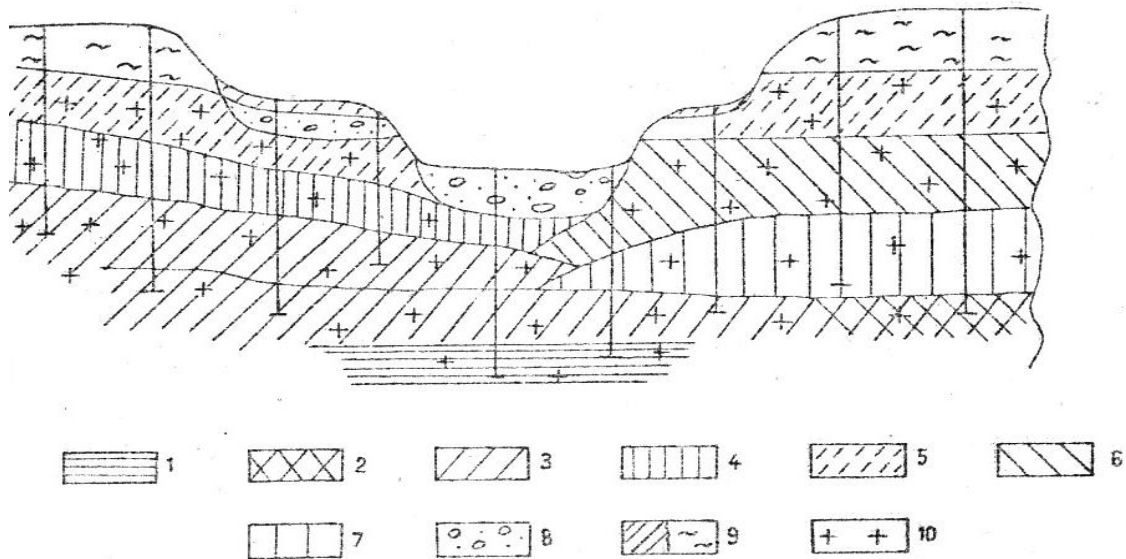
Табл. 7

Горные породы	Коэф. фильтрации, м/сутки	Удельное водопоглощение, л/мин
Практически водоупорные, нетрещиноватые	< 0.01	<0,005
Очень слабо водопроницаемые, слабо трещиноватые	0.01 -0.1	0,005 – 0,05
Слабо водопроницаемые, слабо трещиноватые	0.1 - 10	0,05 – 5,0
Водопроницаемые, трещиноватые	10 – 30	5 – 15
Сильно водопроницаемые, сильно трещиноватые	30 - 100	15 – 50
Очень сильно водопроницаемые, сильно трещиноватые	>100	>50

Опытные нагнетания позволяют создавать детальные геофильтрационные профили. Пример такого профиля по створу плотины показан на рис. 14.

Рис. 14

Геофильтрационный профиль по данным опытных нагнетаний  
(по В. Д. Ломтадзе, 1978)



Зоны с удельными водопоглощениями, л/мин: 1 -  $< 0,01$ ; 2 -  $0,01 \dots 0,05$ ; 3 -  $0,05 \dots 0,1$ ; 4 -  $0,1 \dots 0,5$ ; 5 -  $0,5 \dots 1,0$ ; 6 -  $1,0 \dots 5,0$ ; 7 -  $5 \dots 15$ . 8 - аллювиальные песчано-галечные отложения; 9 - делювиальные глинистые отложения; 10 - граниты.

### 5.6. Полевые определения деформационных и прочностных свойств пород/грунтов.

Виды полевых испытаний грунтов по типу приложения нагрузок приведены на рисунке 15 (по Болдыреву Г. Г., 2011).

Рис. 15

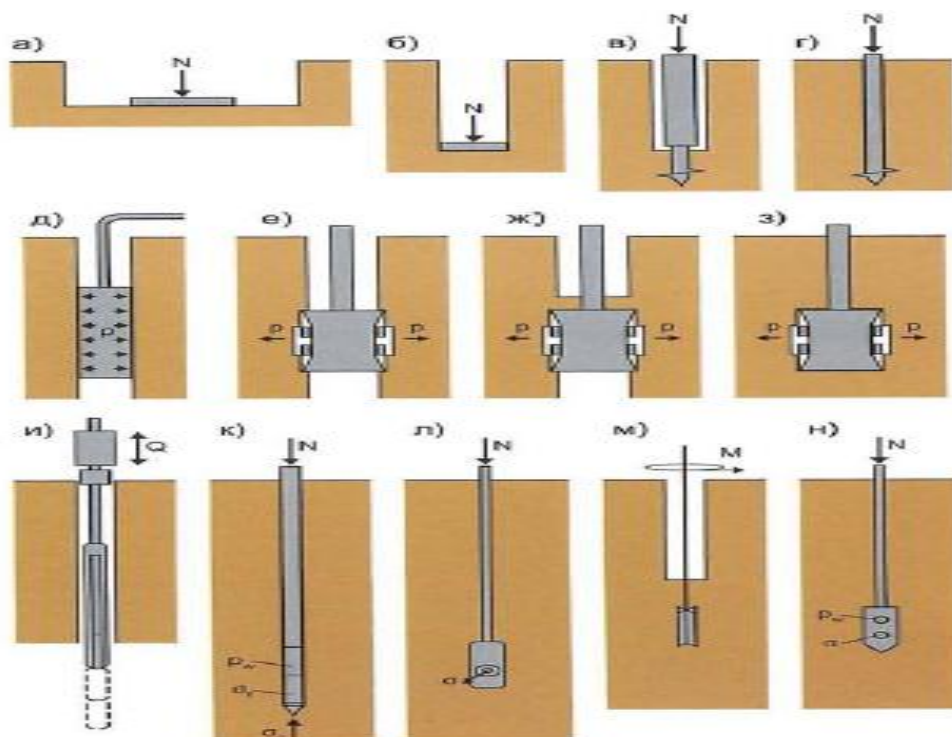


Рис. 1. Виды испытаний грунтов в полевых условиях:  $N$  — осевая нагрузка;  $M$  — крутящий момент;  $Q$  — масса груза;  $p$  — давление;  $p_n$  — поровое давление;  $\sigma$  — боковое давление;  $\sigma_n$  — касательное напряжение;  $\sigma_{\perp}$  — нормальное напряжение

Методика полевых исследований деформируемости и прочности подробно стандартизирована (см. ГОСТ 20276-99. «Грунты. Методы полевых определений характеристик прочности и деформируемости»).

#### **5.6.1. Пробные нагрузки в шурфах и скважинах.**

Сущность данного вида исследований состоит в испытании пород/грунтов в условиях естественного залегания пробной нагрузкой, передаваемой на них через штампы, и наблюдениях за их сжимаемостью. Для просадочных грунтов возможно определение относительной просадочности и начального просадочного давления.

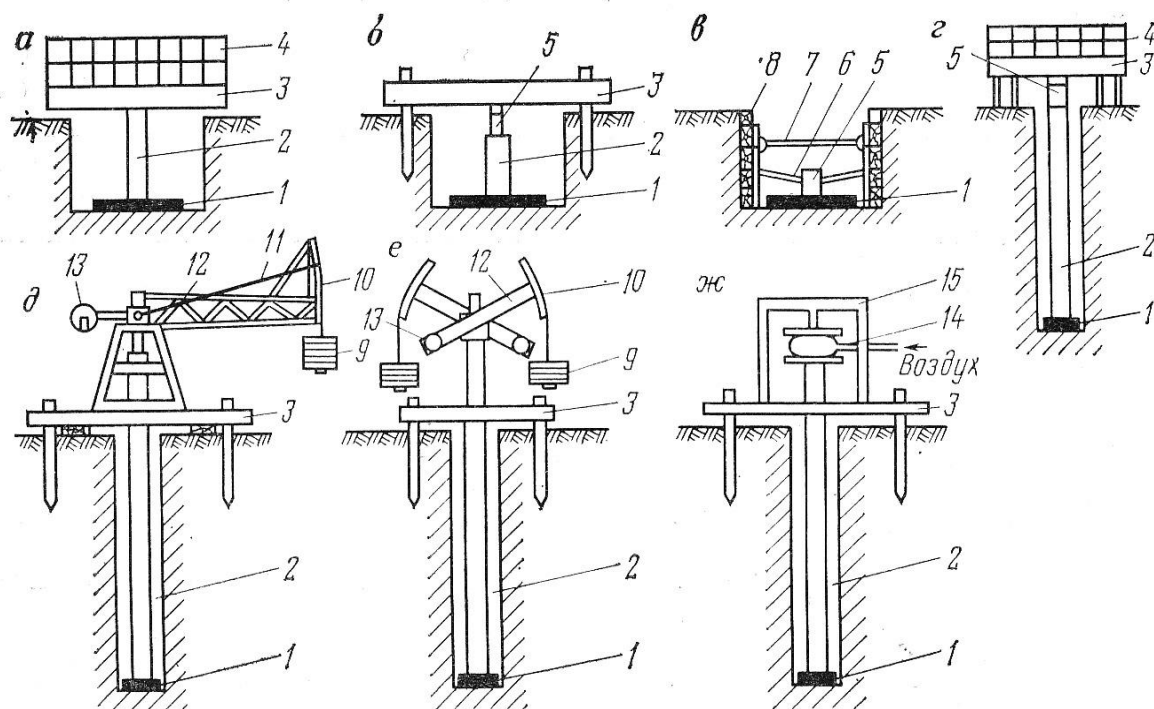
Испытания пробными статическими нагрузками возможны для любых пород – от скальных и полускальных до различных песчано-глинистых, как наиболее сжимаемых и податливых при воздействии на них различных нагрузок. Основные задачи этого вида исследований:

- изучение сравнительной сжимаемости пород/грунтов на разных участках и глубинах для общей оценки территории, выбора строительных площадок, обоснования компоновки сооружений на выбранной площадке, выбор глубины заложения фундаментов;
- определение показателей деформационных свойств пород/грунтов – модуля общей деформации, для обоснования проектов фундаментов сооружений и обеспечения их устойчивости;
- оценка просадочности лёссовых пород при замачивании и определение начального просадочного давления;
- оценка просадочности мёрзлых пород при оттаивании.

Подобные задачи можно решать с помощью компрессионных лабораторных испытаний, однако эти крупногабаритные опыты позволяют получать несравненно более достоверные и надёжные результаты по сравнению с лабораторными.

При проектировании сооружений на скальных и полускальных грунтах статические пробные нагрузки являются единственным методом определения их деформационного поведения.

Оборудование для пробных нагрузок в шурфах и скважинах весьма многообразно и представлено на рис. 16 [11].



а – с нагружаемой платформой; б, в, г – с гидравлическим домкратом; д – канатно-рычажная в модификациях КРУ-600, КРУ-2500, КРУ-5000; е – малогабаритная установка МШУ-1; ж – диафрагменная пневматическая установка. 1- штамп; 2 – стойка (колонна труб); 3 – балка (рама); 4 – тарированный груз; 5 – гидродомкрат; 6 – наклонные винтовые домкраты; 7 – горизонтальный распорный домкрат; 8 – деревянная крепь в шурфе; 9 – груз; 10 – грузовой сегмент; 11 – канат; 12 – рычаг; 13 – противовес; 14 – резиновая камера; 15 – упорная рама. Кроме традиционных схем до глубины 20 м могут применяться винтовые штампы (ШВ60).

Результаты исследований сжимаемости пород/грунтов представляют в виде графиков зависимости  $S = f(P)$  и  $S = f(t)$ . Основной показатель сжимаемости – модуль общей деформации вычисляют по формуле:

$$E_0 = (1 - \mu^2) \omega d \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (2)$$

$\mu$  – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона) по данным испытаний в лаборатории или принимаемый равным 0,15 для скальных пород/грунтов; 0,25 – для полускальных; 0,27 – для крупнообломочных; 0,30 для песков и супесей; 0,35 – для суглинков; 0,42 – для глин.

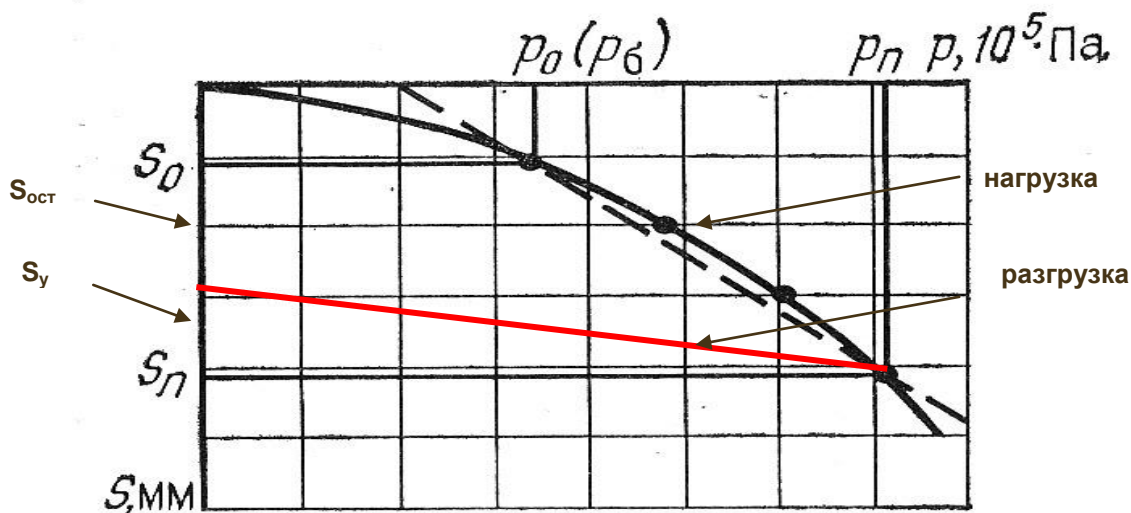
$\omega$  – безразмерный коэффициент, зависящий от размера и формы штампа (для стандартных штампов  $\omega=0,8$ ).

$d$  – диаметр штампа, см (рекомендуется в горных выработках для испытаний песчаных и глинистых пород/грунтов использовать круглые

жѣсткие штампы площадью  $2500 \text{ см}^2$ , в породах/грунтах малой плотности - круглые штампы площадью  $5000 \text{ см}^2$ , в скважинах штампы площадью  $600 \text{ см}^2$ . Для слабых пород/грунтов целесообразно применять штампы больших размеров площадью  $5000$  и  $10\,000 \text{ см}^2$ . При испытаниях скальных и полускальных пород/грунтов в горных выработках (штольнях, котлованах) обычно изготавливают бетонные или железобетонные штампы-блоки размером  $100 \times 100 \times 100 \text{ см}$ .

$\Delta S$  – приращение осадки штампа, соответствующее приращению нагрузки  $\Delta P$ , см. Типовой график штапного испытания представлен на рис. 17.

Рис. 17



При испытании лёссовых и мѣрзлых пород/грунтов статическими нагрузками, прежде всего, определяют показатель просадочности, т.е. отношение величины просадки штампа от замачивания или оттайки к осадке штампа только от нагрузки, кроме оценки степени просадочности, определяют:

- модуль общей деформации при природной влажности и сложении для расчѣта осадок фундамента;
- модуль общей деформации после замачивания или оттаивания для расчѣта просадки фундамента;
- коэффициент изменчивости деформационных свойств пород/грунтов по площади и по глубине, что необходимо для оценки неравномерности просадок;



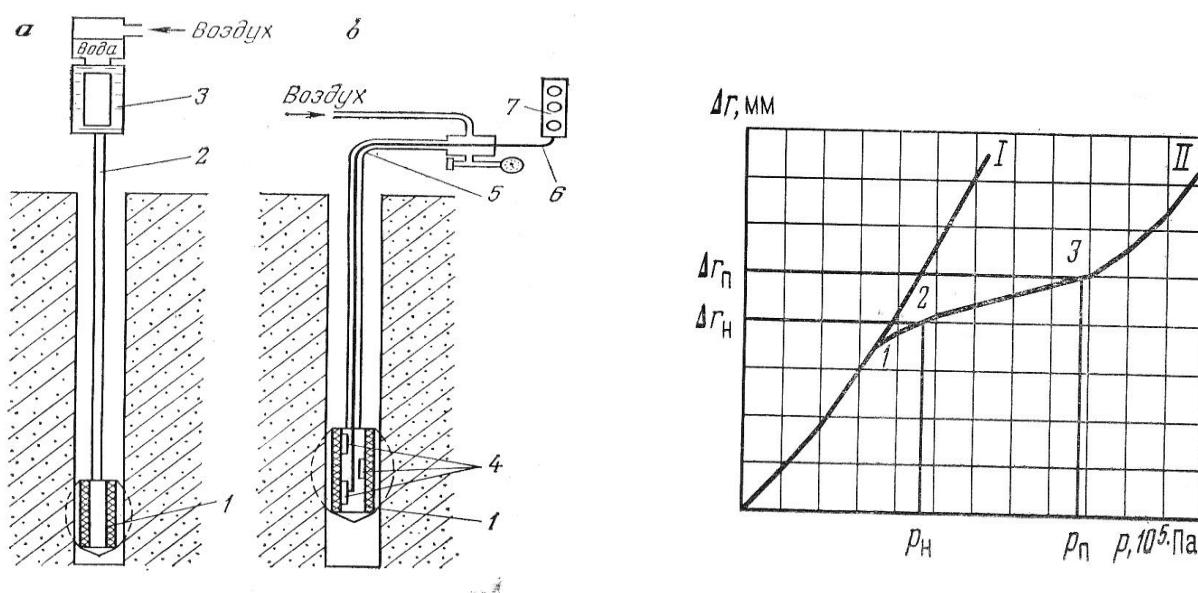
- начальное минимальное давление, при котором начинается просадка при замачивании лёссовых пород или просадка мёрзлых пород/грунтов при оттаивании.

Обычно величина модуля общей деформации различных песчано-глинистых пород/грунтов по результатам пробных статических нагрузок превышает аналогичные значения, вычисленные по данным лабораторных компрессионных испытаний, которые, как правило, показывают более высокую сжимаемость. При сравнении таких результатов применяют поправочный коэффициент (коэффициент А. И. Агишева), который колеблется в интервале 1...3.

### 5.6.2. Прессиометрия.

Прессиометрические опыты заключаются в исследовании сжимаемости пород/грунтов обжатием их в скважинах под воздействием возрастающей нагрузки на стенки скважин на участке ограниченной длины. Передача давления на стенки зависит от конструкции *прессиометра* (гидравлические, электропневматические, механические приборы). Схема прессиометрического опыта и вид графика испытания показаны на рис. 18 [4].

Рис. 18



а – гидравлический; б – пневмоэлектрический. 1 – резиновая оболочка; 2 – колонна соединительных труб; 3 – водоизмерительная система; 4 – первичные преобразователи; 5 – гибкие шланги; 6 – кабель; 7 – прибор фиксации показаний. На графике: I – тарировочная кривая; II – кривая испытаний; 2 – 3 рабочая часть графика для вычисления модуля деформации.

Для песчано-глинистых грунтов наиболее часто применяют воздушно-электрический прессиометр ПЭВ - 89М, общий вид которого представлен на рис. 19 (а – в транспортном положении, б – готовый к спуску в скважину). Испытуемый интервал длиной 1 м проходится диаметром 93 мм

Рис. 19



Этот использование прессиометров показывает, что они могут применяться для исследования сжимаемости любых горных пород/грунтов: от скальных и полускальных при максимальном давлении до 25-50 МПа до песчано-глинистых любого физического состояния и степени водонасыщения (с содержанием щебня и гальки до 30%) (максимальные давления от 0.5 до 2.5 МПа). При испытаниях измеряют давление обжатия и перемещение стенок скважины в горизонтальном направлении. По аналогии с другими методами исследования результаты прессиометрии графически изображают зависимостью деформации (изменение радиуса скважины) от давления. На таких графиках выделяются два участка: первый соответствует стадии уплотнения породы/грунта, на нём зависимость между напряжениями и деформациями носит линейный характер; второй участок криволинейного характера возникает при сравнительно больших давлениях, когда порода/грунт претерпевает разрушительные деформации.

Для линейного участка вычисляют модуль общей деформации (по уравнению Лямэ):

$$E_0 = \kappa \times d_0 \frac{\Delta P}{\Delta d} \quad (3)$$

$\kappa$  – коэффициент, учитывающий упругие свойства породы/грунта, анизотропность, влияние физического состояния породы/грунта и глубину испытания ( $\kappa = 3.5$  при испытаниях на глубине до 5 м;  $\kappa = 2.5$  при глубинах 5-10 м).

$d_0$  – начальный диаметр скважины;

$\Delta d$  – изменение диаметра скважины на прямолинейном участке зависимости деформаций в диапазоне изменения давлений  $\Delta P$ . Производство прессиометрических опытов регламентируется ГОСТ 20276-99.

Прессиометры с резиновыми камерами весьма капризны в эксплуатации, поэтому вполне оправданным был переход к механическим разжимным системам лопатных прессиометров. Последние модели лопатных прессиометров, разработанные в институте ПНИИИС, позволяют проводить испытания различных типов грунтов, в том числе водонасыщенных, на различных глубинах не только для определения их сжимаемости, но и получать показатели прочности методом поступательного среза в выделенных интервалах геологического разреза. Правда, методически выдержать однозначные условия прямого среза при трёх значениях нормального давления в пределах одного интервала и установить при этом значения угла внутреннего трения и удельного сцепления (по формуле Кулона  $\tau = P \times \operatorname{tg} \varphi + C$ ) часто бывает весьма затруднительно. Что же касается испытаний грунтов на сжимаемость, то, изменяя нормальные давления на лопасти штампа, можно получить поинтервальные значения модуля общей деформации, используя формулу Шлейхера (используются те же условные обозначения, что в формуле 2, только вместо значений диаметра штампа  $d$ , подставляются значения ширины лопасти штампа  $b$ ):

$$E_0 = (1 - \mu^2) \frac{\omega \times b \times \Delta P}{\Delta S} \quad (4)$$

Общий вид лопастного прессиометра показан на рис. 20.

Рис. 20

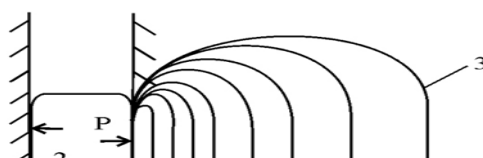


Основные технические характеристики применяемых прессиометров приведены в таблице 8.

Табл. 8

	ПЭВ-89МК	Д-76	ЛПМ-15
Максимальная глубина испытания, м	30	20	15
Максимальное давление на грунт, МПа	1,6	2,5	0,5
Максимальное радиальное перемещение стенок скважины, мм	31	40	30
Точность измерения деформаций, мм	0,1	0,01	0,1
Диаметр зондов или ширина штампов, мм	89	76 и 108	100
Длина зондов или штампов, мм	600	460	300
Количество штампов, шт.	-	-	2

Распределение радиальных напряжений в рабочей зоне прессиометра показано на рис. 21.

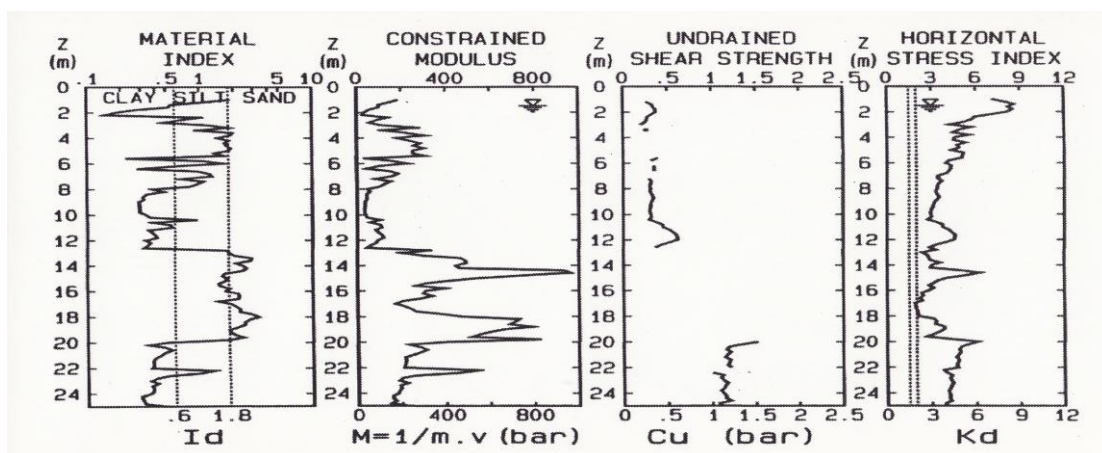
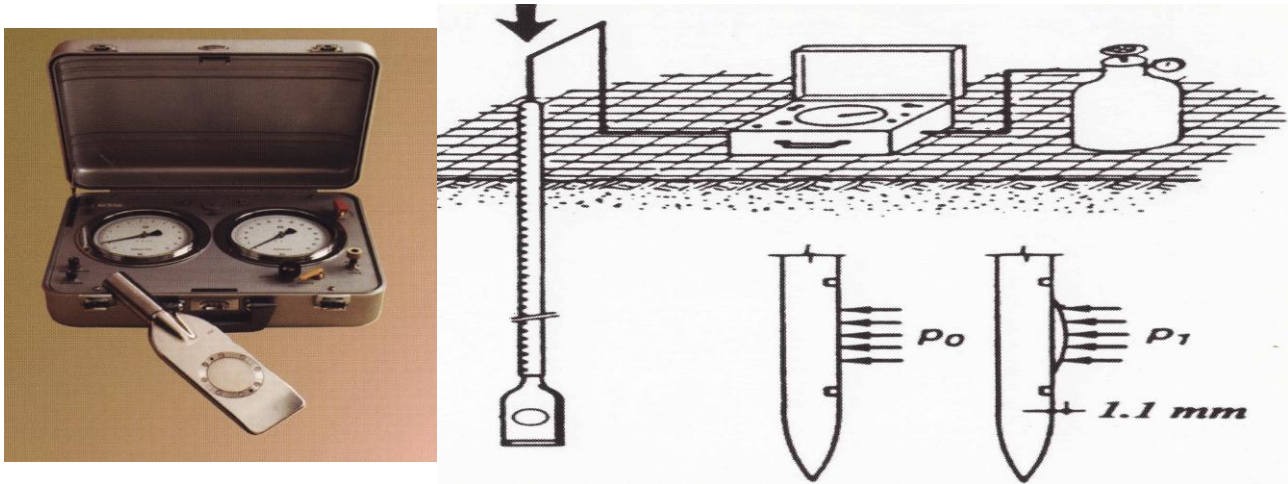


1 – рабочая камера; 2 – вспомогательные камеры; 3 – изолинии величин радиальных напряжений (в долях от прилагаемой нагрузки)

### 5.6.3. Дилатометрия.

Для исследования сжимаемости и сопротивления недренированному сдвигу водонасыщенных глинистых пород/грунтов в настоящее время может быть использован *дилатометр*. Оборудование и методика испытания грунтов дилатометром впервые были разработаны и применены для морских изысканий в 1985 году. Дилатометр для наземных испытаний представляет из себя лопаточку длиной 235 мм и шириной 94 мм (размеры морского дилатометра несколько меньше) с упругой мембраной диаметром 52 мм в одной стенке (у морских дилатометров на противоположной стенке может размещаться датчик порового давления). Дилатометр вдавливается в грунт и через каждые 20 см производится испытание длительностью 15 секунд. Под гибкую мембрану подаётся воздух или жидкость и фиксируется давление контакта мембраны и грунта ( $p_0$ ). Общий вид дилатометра, схема опыта и вид основных графиков дилатометрии показаны на рис. 22.





Испытания грунтов дилатометром позволяет классифицировать грунты на основе эмпирических зависимостей между индексом бокового давления дилатометра ( $K_D$ ) (параметр горизонтальных напряжений), индексом грунта ( $I_D$ ), компрессионным модулем деформации ( $D$ ), недренированным сопротивлением сдвигу  $C_u$ ) и углом внутреннего трения песков.

Индекс бокового давления  $K_D$  дилатометра определяется по формуле (5):

$$K_D = \frac{p_0 - u_0}{\sigma'_{v_0}} \quad (5)$$

где

$p_0$  – давление контакта;

$u_0$  - давление поровой воды;

$\sigma'_{v_0}$  - эффективная нагрузка у вершины штанг дилатометра.

Установлено, что более достоверные результаты даёт использование величины лобового сопротивления конического зонда  $q_c$  при статическом зондировании вместо эффективной нагрузки  $\sigma_{v_o}$ . Замеры порового давления при дилатометрии облегчают интерпретацию результатов.

Испытания дилатометром нашли широкое применение в морских исследованиях, реже он используется на суше. Корреляционные зависимости могут использоваться для оценки типа грунтов (по индексу  $I_D$ ), плотности, горизонтальных напряжений, сопротивления срезу и компрессионного модуля деформации. Благодаря принципиальной возможности определения горизонтальных напряжений и коэффициента уплотнения, дилатометр может стать со временем самым ценным дополнением к статическому зондированию с применением пьезоконусов.

Применение дилатометра при инженерных изысканиях на континентальном шельфе регламентируется СП 11-114-2004.

#### **5.6.4. Определение сопротивления горных пород сдвигу с применением лопастных приборов.**

Лопастные приборы используются для определения величины сопротивления сдвигу глинистых грунтов, не содержащих крупных включений и демонстрирующих текучую, скрытотекучую, текучепластичную и мягкопластичную консистенцию при нарушении сложения. Эффективно применение таких приборов при исследовании торфов, заторфованных грунтов, илов, иногда для рыхлых песков и песков-плывунов. Диапазоны измерений сопротивлений грунтов сдвигу составляют: 0 – 50; 0 – 100 и 0 - 200 кПа для различных модификаций крыльчаток. Глубина испытания обычно ограничивается 10 - 15 м.

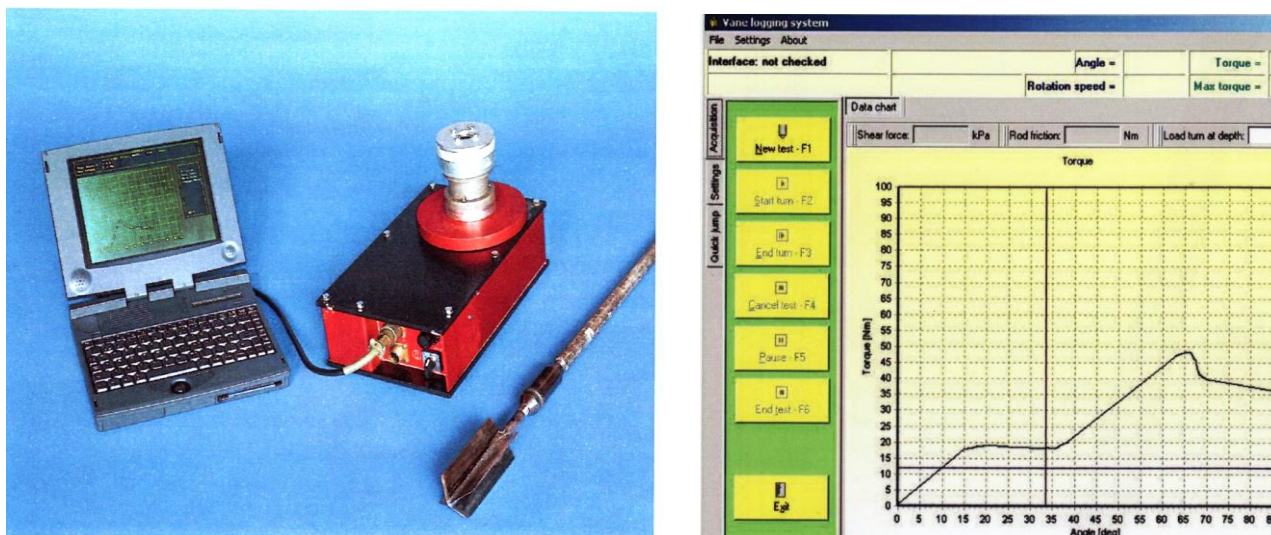
Испытание лопастным прибором заключается в сдвиге по цилиндрической поверхности некоторого объёма породы, заключённого между лопастями крыльчатки при её повороте. Рабочий орган любой крыльчатки состоит из четырёх лопастей, образованных двумя взаимно перпендикулярными пластинами. При вращательном срезе определяют общую

величину сопротивления сдвигу  $\tau_{\max}$  и установившуюся прочность породы  $\tau_{\min}$  после разрушения структурных связей в результате трёх или четырёхкратного поворота крыльчатки вокруг оси. По отношению максимальной прочности к её минимальному значению оценивают чувствительность грунта (прочность структурных связей). По этому отношению грунты могут быть разделены на три группы:

- малочувствительные ..... 2 – 4;
- чувствительные ..... 4 – 8;
- очень чувствительные..... > 8.

Испытания грунтов лопастным прибором могут производиться в буровой скважине ниже её забоя или другой вертикальной выработке при естественном напряжённом состоянии массива. На рис. 23 показана автоматизированная механическая крыльчатка производства шведской фирмы «Геотех», используемая на установках статического зондирования и график развития деформаций по углу поворота крыльчатки.

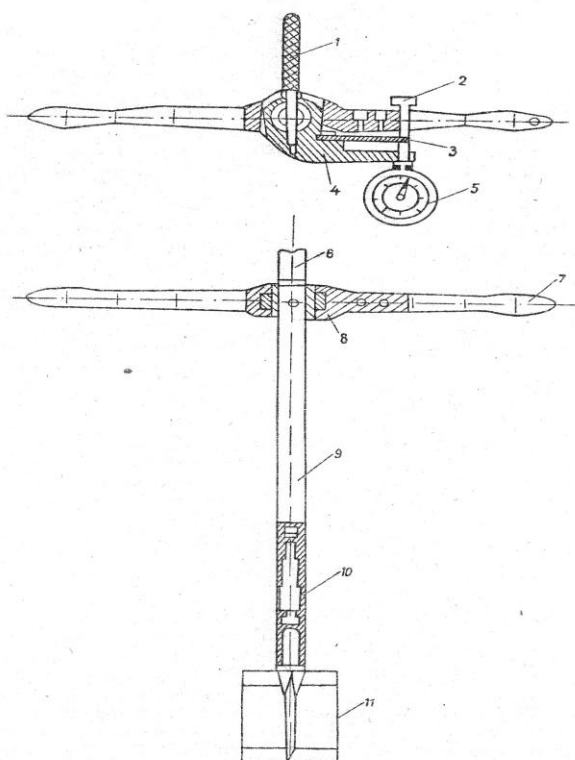
Рис. 23



При исследовании слабых грунтов часто прибегают к применению портативной ручной крыльчатки СК-8 конструкции Л. С. Аморяна (рис. 24).



## Вид портативной крыльчатки СК-8



1 – стопорный винт; 2 – винт; 3 – пластинка-динамометр; 4 – упор; 5 – индикатор часового типа; 6, 9 – штанги; 7 – рукоятка; 8 – втулка; 10 – разъёмный замок для отключения штанг; 11 – крыльчатый 4-лопастной наконечник

Новое поколение ручных лопатных зондов снабжено динамометрическими ключами, значительно облегчающими полевые замеры. На рис. 25 представлен динамометрический ключ Snap-on и конструкция его циферблата.



Совмещённые указательная и фиксирующая стрелки

Циферблат с двухсторонней оцифровкой для замера крутящих моментов в Н·м

Соппротивление сдвигу грунта по данным крыльчатых испытаний рассчитывается по формуле:

$$\tau = \frac{M_{\max}}{0,5\pi d^2 \left( h + \frac{d}{3} \right)} \quad (6)$$

где

- $M_{\max}$  – максимальный крутящий момент, Н · м;
- $h$  и  $d$  – диаметр и высота крыльчатки, м.

В указанной формуле знаменатель выражает статический момент цилиндрической поверхности среза относительно оси вращения. При постоянных  $h$  и  $d$  величина статического момента представляет собой постоянную данного наконечника, обозначаемую через  $k$ .

Тогда:

$$\tau = \frac{M_{\max}}{k} \quad (7)$$

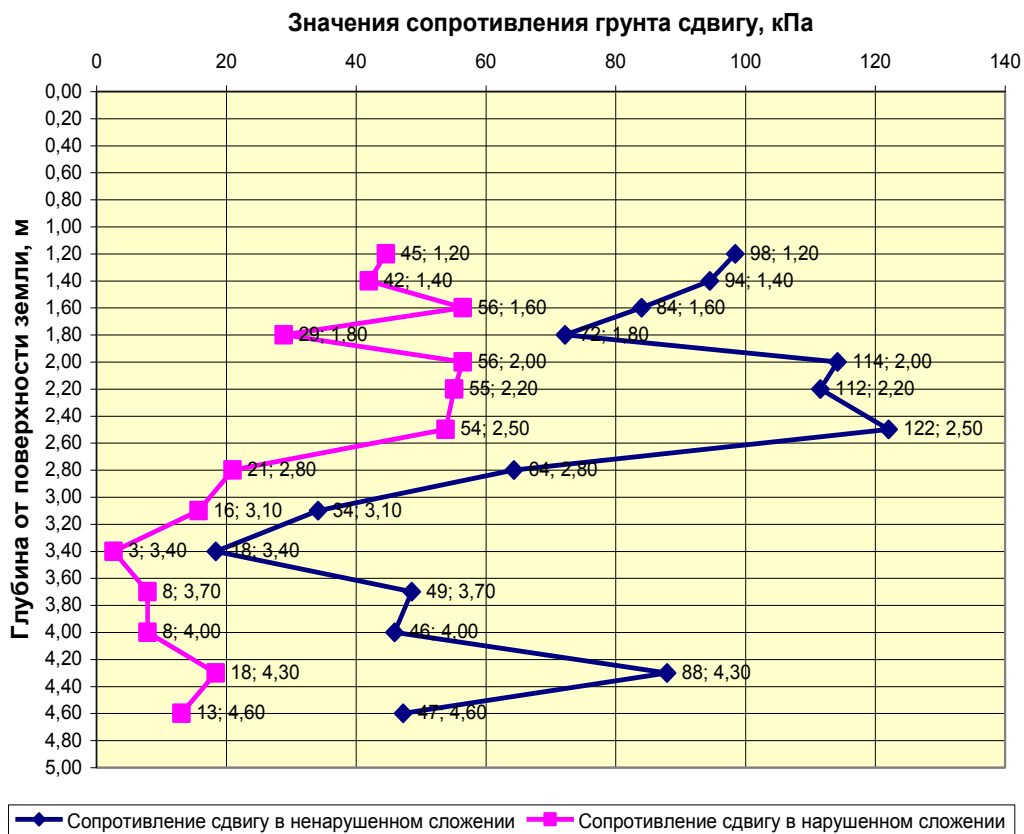
По измеренным крутящим моментам  $M_{\max}$  и  $M_{\min}$  определяют соответственно максимальное и минимальное сопротивление грунта сдвигу:

$$\tau_{\max} = M_{\max}/k \quad \tau_{\min} = M_{\min}/k$$

Определив значения  $\tau_{\max}$  и  $\tau_{\min}$ , легко рассчитать чувствительность грунта или обратную ей величину - показатель структурной прочности породы. По данным поинтервального испытания толщи грунтов с помощью лопатных приборов можно построить график изменения прочности грунтов с глубиной, по которому легко проследить положение слабых разностей грунтов в исследованном разрезе (рис. 26).

Рис.26

## График изменения параметров прочности грунтов по глубине



Обобщённые материалы исследований различных грунтов с помощью ручной крыльчатки представлены в таблице 9

Табл. 9

Таблица основных показателей физико-механических свойств слабых грунтов (по Л. С. Аморяну, 1966)

Типы грунтов Основные характеристики	Илы			Сапрпели			Торфы		Ленточные глины*
	Супесчаный	Суглинистый	Глинистый	Рогозовый	Детритовый	Известковый	Низинный	Верховой	
Влажность, %	32...44	31...57	59...117	370...440	550...750	190...250	610...1060	810...1410	25...55
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,76...1,88	1,65...1,89	1,4...1,6	1,11...1,27	0,98...1,1	1,13...1,37	1,09...1,05	1,09...1,07	1,7...2,02
Плотность минеральной части, г/см <sup>3</sup>	2,69	2,69	2,67	2,05...2,13	2,0...2,09	2,13...2,47	1,45...1,55	1,5...1,6	2,73...2,76
Коэффициент пористости, д.е.	0,8...1,3	0,85...1,2	1,2...3,0	2,3...2,36	1,86...2,73	1,5...2,74	8,85...16,5	12,2...22,6	0,63...1,53
Коэффициент фильтрации, см/с	$2 \times 10^{-5} \dots 1 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-6} \dots 14 \times 10^{-6}$	$0,6 \times 10^{-7} \dots 8 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-3} \dots 6,2 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-2} \dots 2,8 \times 10^{-4}$	$\frac{0,005 \dots 0,03}{5 \times 10^{-6} \dots 3 \times 10^{-5}}$ м/сут
<b>Сопротивление сдвигу по СК, кПа</b>	<b>17...35</b>	<b>13...27</b>	<b>2...20</b>	<b>5</b>	<b>→0</b>	<b>0...20</b>	<b>8...22</b>	<b>4...16</b>	<b>27...88</b>
Степень разложения, %	—	—	—	—	—	—	27...51	18...46	—

\*) Приведены обобщённые характеристики ленточных глин  $I_{gIIIos}^b$  по Северо-Западному региону России и Северной Эстонии при  $I_L = 0,6 \dots 1,5$ . Коэф. фильтрации для ленточных отложений: в числителе указаны значения по слоистости, в знаменателе - вкрест слоистости (м/сут). При дренированных испытаниях угол внутреннего трения может достигать  $9 \dots 20^\circ$  при удельном сцеплении  $5 \dots 9$  кПа (М. С. Захаров, 2010).

### 5.6.5. Срезы целиков пород.

Для получения прочностных характеристик пород часто производят *срезы целиков пород* в горных необводнённых выработках, используя различного вида механические и гидравлические домкраты [11]. Такого рода испытания оказываются единственно возможными для песчано - глинистых грунтов с большим количеством крупных включений (щебёнка, галька, мелкие валуны). В последнее время успешно используется мобильная сдвиговая установка МСУ-1, особенности применения которой рассмотрены в ТУ 4317-001-0766290-2009. Вид названной установки и условия её применения показаны на рис. 27.

Рис. 27



### 5.6.6. Статическое зондирование – метод комплексного исследования и анализа структуры грунтового массива и физико-механических свойств пород/грунтов.

Статическое зондирование может использоваться для решения следующих основных задач [3,17]:

- расчленение геологического разреза на отдельные слои (инженерно-геологические элементы), идентификация их по площади и по глубине,
- типизация и классифицирование грунтов по составу, состоянию и свойствам;
- исследование пространственной изменчивости свойств грунтов для выбора наиболее обоснованных расчётных моделей оснований;
- определение показателей физико-механических свойств грунтов на основе, как эмпирических интерпретационных формул, так и аналитических решений;
- решение задач проектирования и расчёта оснований (например, определение расчётной нагрузки на сваю, расчётного сопротивления слоя грунта, осадки сваи и свайного основания).

Метод статического зондирования впервые был применён в Голландии в 20-ые годы прошлого столетия. С того времени этот метод претерпел значительное развитие и усовершенствование и к настоящему времени превратился в один из ведущих полевых методов изысканий, обеспечивающих высококачественную информацию о геологическом строении и свойствах грунтов.

Параметры, замеряемые в ходе зондирования, зависят от конструкции зонда и используемых каналов связи. Современные технологии зондирования ориентированы на применение пьезодатчиков. Так, четырёхканальный пьезозонд может определять:

- удельное сопротивление грунта под конусом (лобовое сопротивление внедрению конуса) –  $q_c$ , МПа;
- удельное сопротивление по муфте трения (боковое сопротивление внедрению конуса) –  $f_s$ , МПа;
- суммарное поровое давление (сумма наведённого порового давления  $\Delta u$ , вызванного внедрением конуса, и природного порового давления  $u_0$ )

$$u_2 = u_0 + \Delta u, \text{ МПа}; \quad (8)$$

- угол наклона скважины (инклинометрия), град.

Частота фиксации сигналов датчиков зонда может достигать 50 – 100 на 1 погонный метр разреза.

Информация, регистрируемая в ходе задавливания зонда, накапливается в виде дискретных цифровых файлов и визуализируется на дисплее полевого регистратора или компьютера в виде непрерывных графиков изменения параметров зондирования по глубине.

При планировании статического зондирования следует учитывать, что статическое зондирование обладает широкими технологическими возможностями для выполнения пробоотбора грунтов и подземных вод, а также специальных исследований грунтов в условиях естественного залегания.

В частности, современное оборудование и технология статического зондирования позволяют осуществлять (см. выше рис. 8):

- отбор проб ненарушенного сложения, как крупнообломочных грунтов, так и пылевато-глинистых грунтов длиной до 1,5м и диаметром до 100мм специальными пробоотборниками;
- замеры температуры и электропроводности грунтов;
- замеры деформационных характеристик слабых пылевато-глинистых грунтов в условиях естественного залегания с помощью дилатометров и прессиометров;
- определение скоростей продольных и поперечных волн в грунтах различного физического состояния с помощью сейсмозондов;
- постановку одноразовых фильтров для мониторинга загрязнения подземных вод, а также глубинных датчиков порового давления.

Большие преимущества открывает применение бескабельной системы зондирования (акустическая или радиоволновая передача сигнала), внедрение многоцелевых, пенетрационно - буровых установок. Использование современной технологии зондирования открывает путь к овладению компьютерными программами обработки больших пакетов цифровых данных, что существенно убыстряет и удешевляет весь процесс инженерных изысканий.

Применение статического зондирования в сочетании с другими методами изучения инженерно-геологических условий территории (участка) позволяет:

- оптимизировать процесс инженерно-геологических изысканий на основе сочетания геофизических методов, бурения скважин и других полевых методов;



- применять наиболее экологичные приёмы и методы исследования грунтов *in situ*, в частности, применять ликвидационный тампонаж зондировочных скважин при бескабельном зондировании;

- добиваться снижения затрат на производство инженерных изысканий при одновременном получении наиболее экономичных проектировочных решений.

Особое внимание следует уделять использованию результатов статического зондирования при проектировании свайных фундаментов [3,17].

В настоящее время стали широко применяться многофункциональные пенетрационно - буровые самоходные установки, позволяющие производить широкий спектр разведочных работ. Общий вид установки 605D производства шведской фирмы Геотех представлен на рис. 28.

Рис. 28

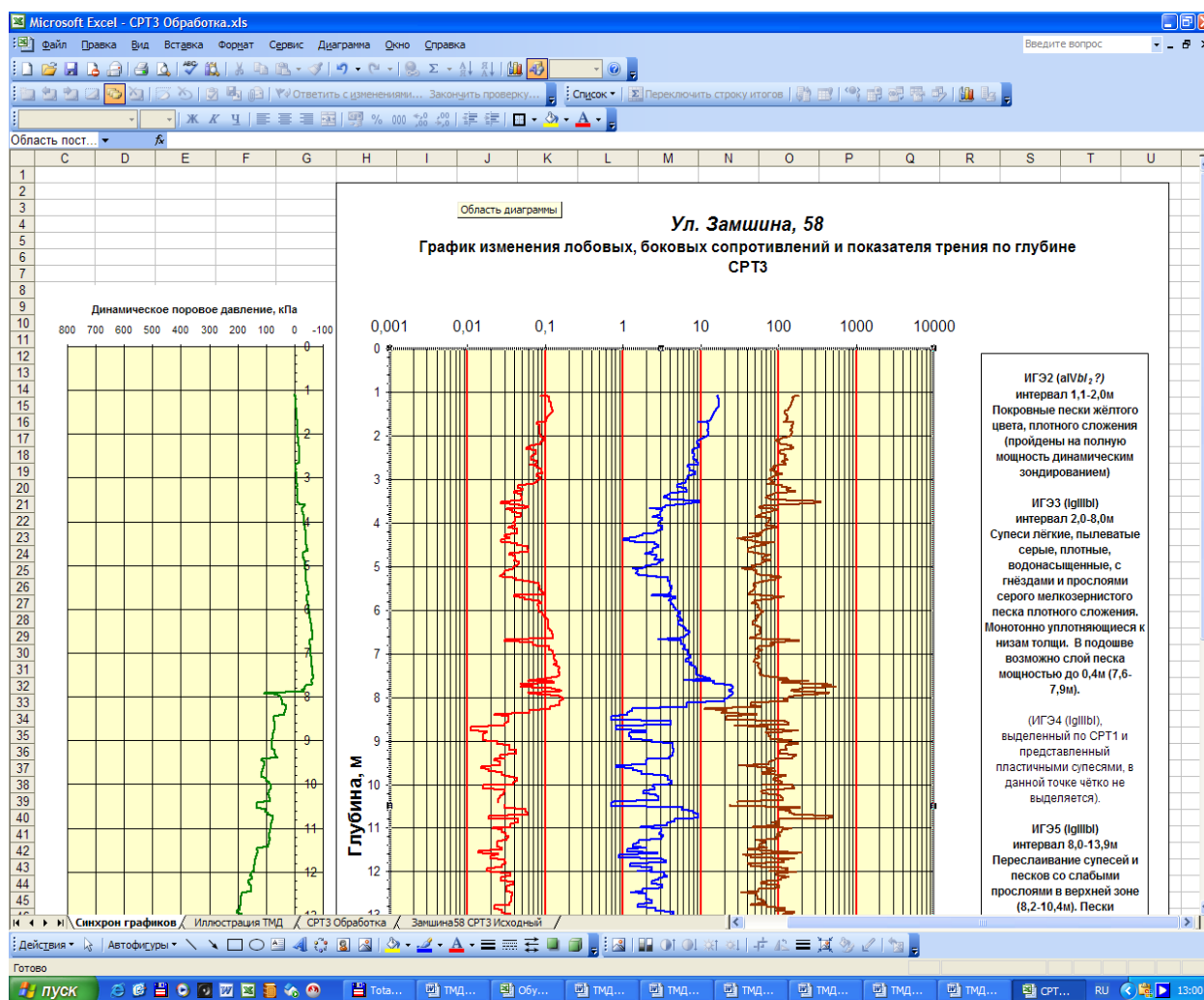


Установки спроектированы для применения различных технологий бурения, зондирования и пробоотбора. В частности, с помощью таких установок производят статическое зондирование, гидроударное зондирование, нагрузочное зондирование, зондирование с непрерывной обсадкой скважины, алмазное вращательное бурение. Такие установки снабжены различными



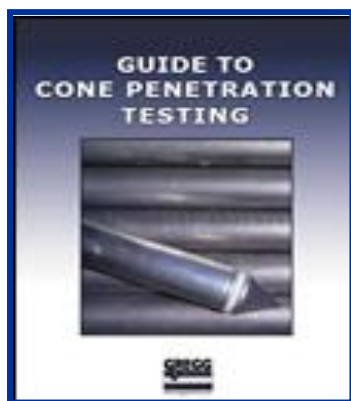
многоканальными зондами и наконечниками. В ходе углубки скважины на диаграммной ленте и на экране дисплея полевого самописца (или портативного компьютера) фиксируются многочисленные параметры процесса взаимодействия выбранного наконечника с грунтами в условиях естественного залегания: нагрузка на зонд, скорость вращения, величина и давление промывки, крутящий момент, глубина бурения. При статическом зондировании идёт непрерывная регистрация лобового, бокового сопротивлений, наведённого порового давления, угла наклона скважины. Цифровые файлы зондирования могут обрабатываться в различных компьютерных программ, в том числе в электронных таблицах Excel. Вид таких графиков показан на рис. 29 [3].

Рис. 29



В комбинированных зондах могут применяться датчики температуры, электропроводности, детекторы нефтепродуктов, при этом передача сигналов от всех датчиков на поверхность может осуществляться не только по кабелю, но и звуковым или радиоволновым бескабельным способом. При бескабельной системе отсутствует риск повреждения кабеля и разъемов; снижаются затраты времени на зондирование и исключается достаточно трудоёмкая ручная работа с кабелем; появляется возможность увеличения глубины зондирования до 100 м за счёт использования смазки колонны зонда бентонитовым раствором из полости несущих штанг; возможен ликвидационный тампонаж скважин при подъёме штанг, что очень важно для предотвращения гидравлической связи вскрытых водоносных горизонтов и проникновения в них загрязняющих веществ. Бескабельная система работает в рамках единого интерфейса, объединяющего микрофон, датчик глубины и портативный компьютер, позволяющий вести визуальный контроль зондирования, накапливать данные зондирования в цифровой форме и распечатывать графики зондирования.

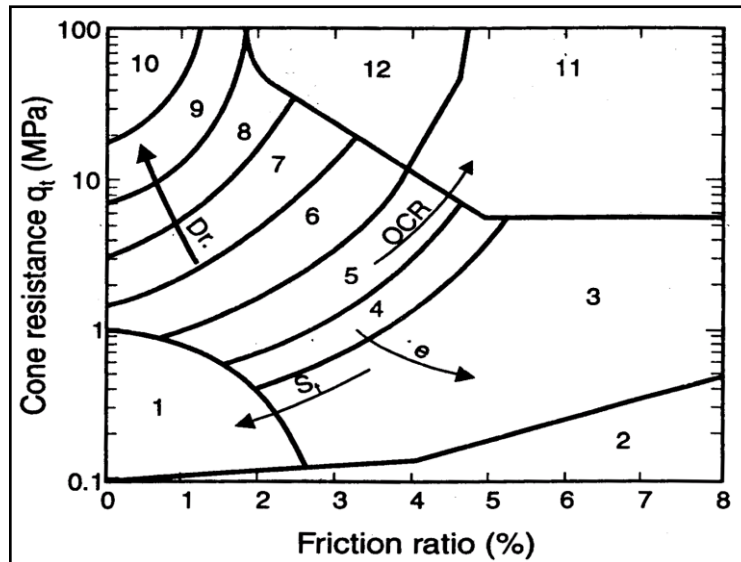
Всё большее распространение получает комплексный подход к интерпретации материалов зондирования, разработанный проф. Р.К. Робертсоном (2009) и реализуемый в программном пакете Геологисмики [17].



**Dr. P.K Robertson**

Помимо типизации грунтов и расчленения разреза статическое зондирование предлагает методики определения основных геотехнических параметров грунтов с высокой степенью надёжности [17].

На рис. 30 представлена основная типологическая диаграмма для интерпретации результатов зондирования.



#### Зоны соответствия грунтам:

1. *sensitive fine grained* - чувствительные тонкозернистые;
2. *organic materials* – органические;
3. *clay* - глина;
4. *silty clay to clay* - от сильно пылеватых до чистых глин (алевроглины и глины);
5. *clayey silt to silty clay* - от тяжёлых супесей и суглинков до пылеватых глин (глинистые алевриты и алевроглины);
6. *sandy silt to clayey silt* - от лёгких супесей и суглинков до тяжёлых суглинков (песчаные и глинистые алевриты);
7. *silty sand to sandy silt* - от пылеватых песков до лёгких супесей и суглинков (алевропески и песчаные алевриты);
8. *sand to silty sand* - от чистых песков до пылеватых песков (пески и алевропески)
9. *sand* - пески;
10. *gravelly sand to sand* - от гравелистых песков до однородных песков;
11. *very stiff fine grained* - сильно уплотнённые тонкозернистые (переуплотнённые или цементированные);
12. *sand to clayey sand* - от чистых песков до глинистых песков (переуплотнённые или цементированные).

В основе расчленения разреза лежит представление о типовых моделях грунтов SBT и типологическом индексе грунта  $I_c$ , вычисляемом для каждого произведённого замера лобового и бокового сопротивлений с учётом порового динамического давления в рабочей зоне зонда. Этот индекс является тем физическим эквивалентом, который определяет механическое поведение грунта в рабочей зоне зонда и коррелятивно связан с другими показателями,

отражающими состояние и свойства грунтов в условиях реального напряжённого состояния.

$$I_c = \left[ (3,47 - \log Q_{t1})^2 + (\log F_r + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (9)$$

$$Q_{t1} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \quad (10)$$

$$F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} \times 100\% \quad (11)$$

$Q_{t1}$  нормализованное лобовое сопротивление (б.р)

$F_r$  нормализованное боковое сопротивление (%)

$q_t$  – откорректированное значение лобового сопротивления

$f_s$ - боковое сопротивление

$\sigma_{v0}$  общее напряжение

$\sigma'_{v0}$  эффективное напряжение

Условное динамическое сопротивление

Физические параметры зондирования уверенно коррелируются со скоростями прохождения продольных и поперечных волн, что позволяет связать модели поведения грунтов SBT с геофизическими моделями упругой среды и обосновать вычисление основных параметров грунтов с высокой надёжностью.

На рис. 31 представлен образец геологического разреза, построенного по результатам зондирования. Вычислительные возможности для параметров грунтов по материалам статического зондирования сведены в таблицу 10 [17].

**Глины**

**$I_c < 2.6$**

**Пески**

**$I_c > 2.6$**

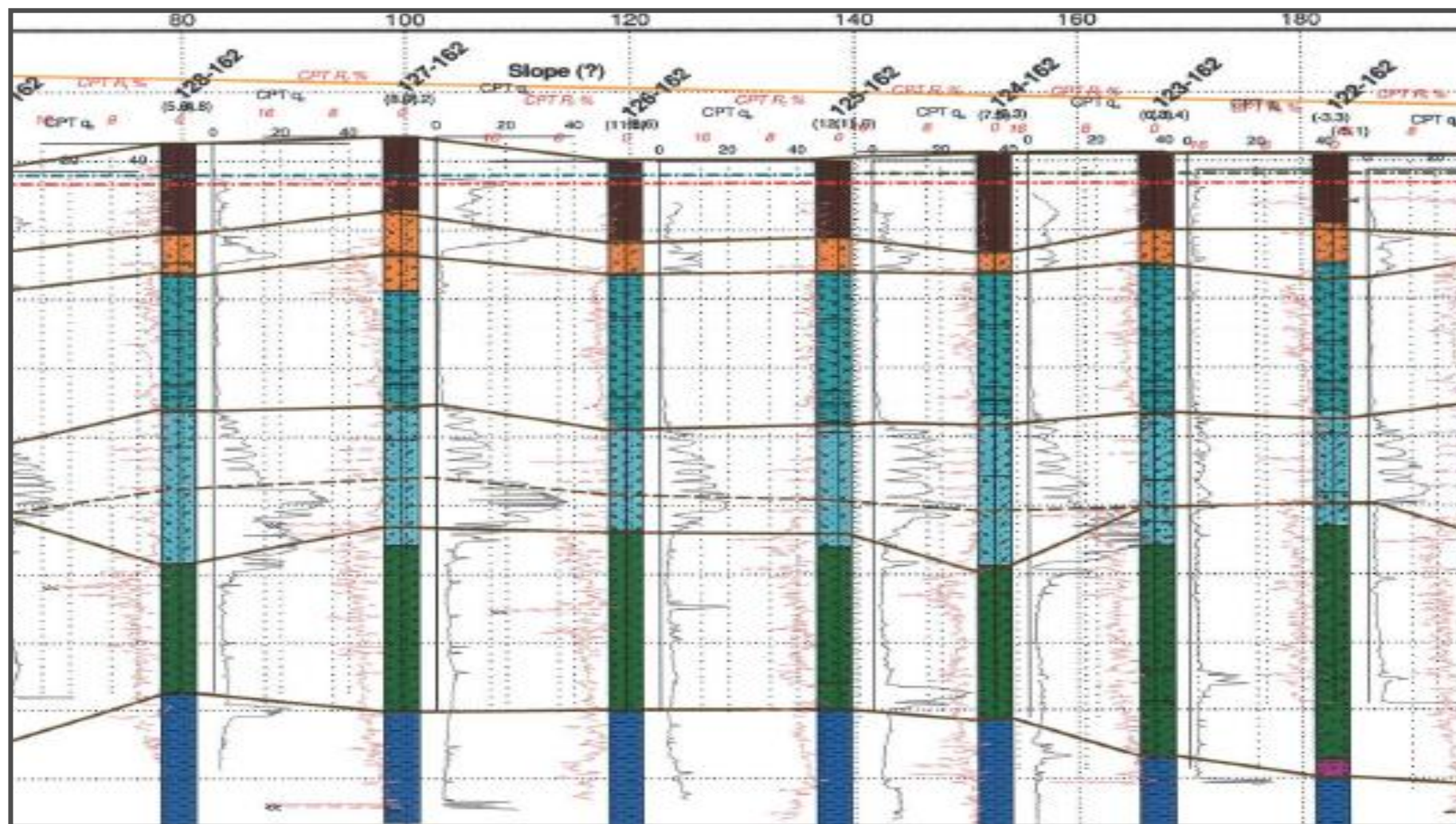
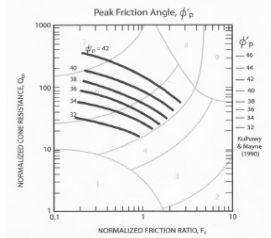




Табл. 10

ПАРАМЕТР	СИМВОЛ	ПЕСКИ ( $I_c < 2.6$ )	ГЛИНЫ ( $I_c > 2.6$ )
Модуль сдвига	$G_0$	$G_0 = 0.0188 [10^{(0.55 I_c + 1.68)}] (q_t - \sigma_{v0})$ Ограничения: молодые, рыхлые пески, плейстоцен - голоценового возраста	
Модуль деформации	$E'$	$E' = 0.015 [10^{(0.55 I_c + 1.68)}] (q_t - \sigma_{v0})$ $E' \approx 0,8 G_0$ Ограничения: пески четвертичного возраста	
КОМПРЕССИОННЫЙ МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИИ	$M$		$M = \alpha_M \times (q_t - \sigma_{v0})$ <u>При <math>I_c &gt; 2.2</math></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Если <math>Q_{ln} &lt; 14</math>      Если <math>Q_{ln} &gt; 14</math></li> <li><math>\alpha_M = Q_{ln}</math>                      <math>\alpha_M = 14</math></li> </ul> <u>При <math>I_c &lt; 2.2</math></u> $\alpha_M = 0.03 \times [10^{(0.55 I_c + 1.68)}]$
Угол внутреннего трения	$\phi'$ (peak)		
Коэффициент переуплотнения	OCR		$K_{ПУ}(OCR) = k \times \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} = k \times Q_m$ <ul style="list-style-type: none"> <li><math>k = 0.2 - 0.5</math></li> <li>среднее значение <math>k = 0.33</math></li> <li>для переуплотненных глин <math>k = 0.5</math></li> </ul>
Сопротивление НН сдвигу	$C_u$		$\frac{S_u}{\sigma_{v0}} = \left( \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} \right) \left( \frac{1}{N_{kt}} \right) = \frac{Q_m}{N_{kt}}$ $N_{kt} = 14 - 20$
Чувствительность	$S_t$		$S_t = \frac{s_u}{s_{u(remoulded)}} = \frac{7.1}{F_r}$
Коэффициент бокового давления	$K_0$		$K_0 = 0.1 \frac{q_t - \delta_{v0}}{\delta_{v0}'}$ Ограничения: для переуплотненных грунтов
Относительная плотность	$D_r$	$D_r^2 = \frac{Q_m}{350}$ (для большинства песков)	

### 5.6.7. Динамическое зондирование.

Динамическое зондирование заключается в ручной или механической забивке в породы/грунты зонда, снабжённого конусным наконечником диаметром 74 мм и с углом раскрытия  $60^\circ$ . Такое зондирование рекомендуется для исследования песчаных и глинистых пород/грунтов, содержащих не более 40% крупнообломочных фракций, за исключением

тонкозернистых и пылеватых песков и глинистых разностей неустойчивой консистенции. С помощью динамического зондирования рекомендуется выделять и оконтуривать по площади однородные по петрографическому составу песчаные грунты, различающиеся плотностью сложения. Полученные данные позволяют дать приближённую количественную оценку показателей физико-механических свойств дисперсных несвязных грунтов, в том числе такого важного показателя как динамическая устойчивость песков. В некоторых случаях динамическое зондирование является единственно возможным методом полевых исследований, например, естественных и искусственных намывных грунтов ниже уровня грунтовых вод. Общий вид самоходных установок динамического зондирования приведён на рис. 32.

Рис. 32



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



**Самоходная установка динамического зондирования**  
( производство компании «Geotool», Германия)  
(глубина зондирования до 30 м)

В качестве меры сопротивления породы/грунта внедрению конуса при динамическом зондировании используют характеристики, непосредственно измеряемые в ходе испытания:

$N$  – число ударов, необходимых для погружения зонда на 10 см или

$S$  – глубина погружения зонда от залога в 10 ударов. В качестве основного интерпретационного показателя при динамическом зондировании рассматривается величина условного динамического сопротивления  $P_d$ , измеряемого в МПа:

$$P_d = \frac{k \times \Pi_0 \times \Phi \times N}{S} \quad (12)$$

$k$  – коэффициент учёта потерь энергии при ударе;

$\Pi_0$  – коэффициент учитывающий тип применяемого молота (стандартный молот имеет массу 60 кг);

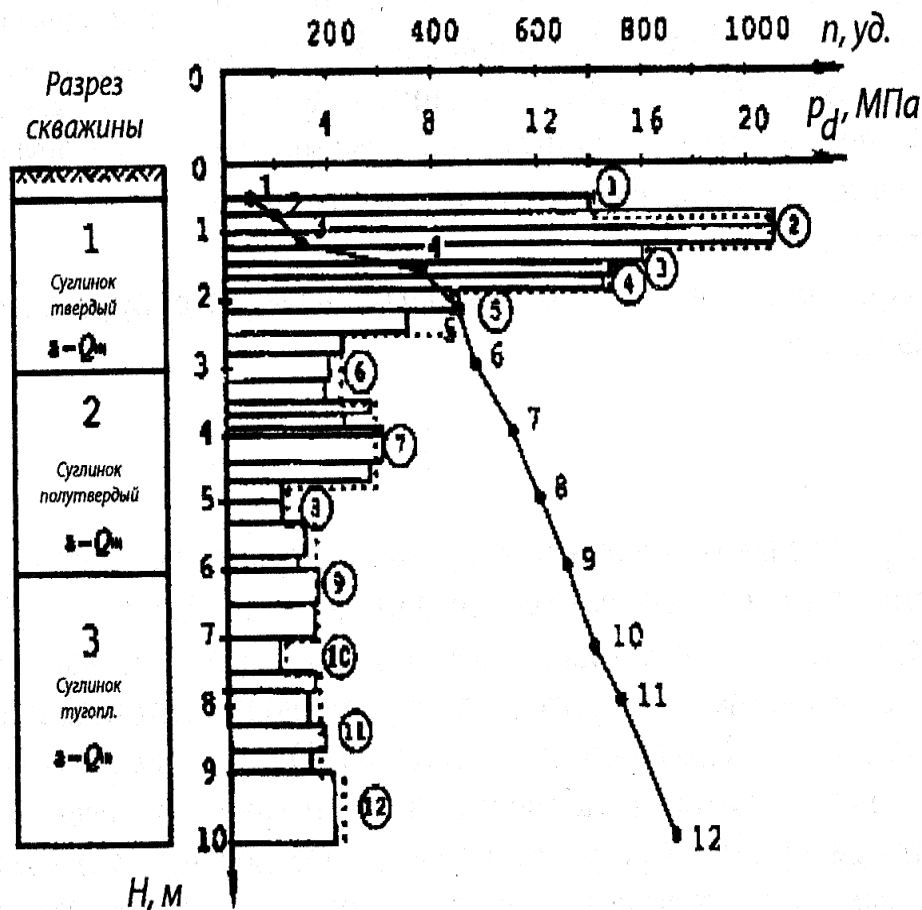
$\Phi$  – коэффициент учёта трения штанг о стенки зондировочной скважины;

$N$  – число ударов в залоге;

$S$  – глубина погружения зонда за залог.

Общий вид графика динамического зондирования показан на рис. 33.

Рис. 33



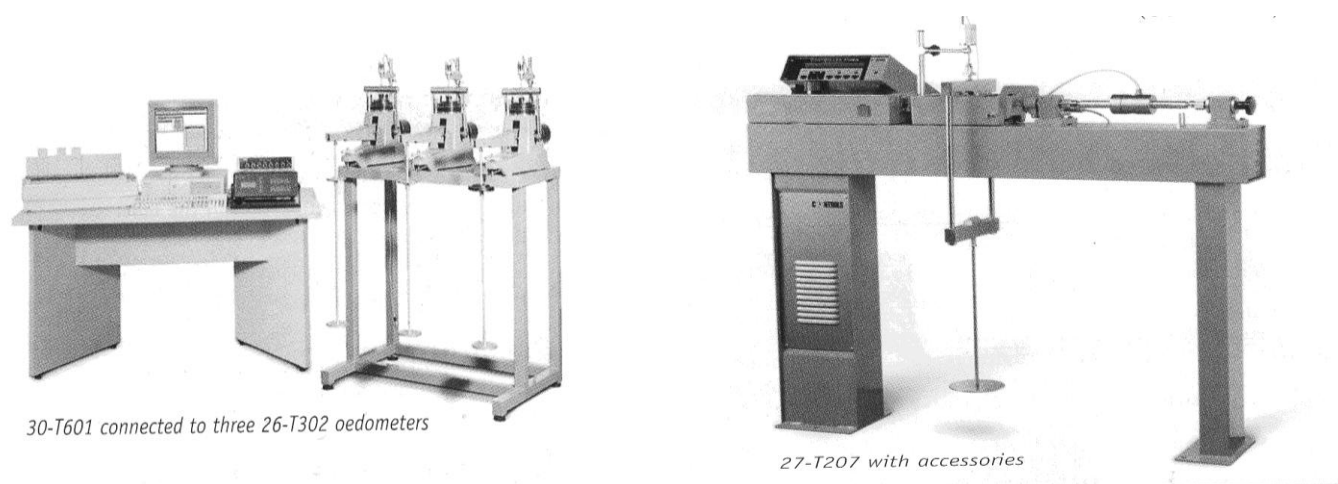


### **5.7. Лабораторные исследования пород/грунтов.**

Выполняются для определения их состава, состояния, физических, механических, химических свойств. На основе этих исследований производится классификация грунтов, определение их нормативных и расчетных характеристик, обоснование выделения инженерно-геологических элементов, прогноз изменения состояния и свойств пород/грунтов в процессе строительства и эксплуатации объектов. Лабораторные исследования пород/грунтов базируются на современных представлениях о многофазных системах, составленных твёрдыми минеральными частицами, водой, газами и органическим веществом. Большинство лабораторных методов исследований детально стандартизированы и опираются на обширную методическую литературу [7, 8б]. Современная инженерно-геологическая (геотехническая, грунтовая) лаборатория оснащена различными компьютеризированными приборами (одеметры, машины прямого среза, приборы трёхосного сжатия и др.). Вид таких приборов производства итальянской компании Controls приведён на рис. 34.

Рис. 34

Вид блока одометров и машина прямого среза фирмы Controls

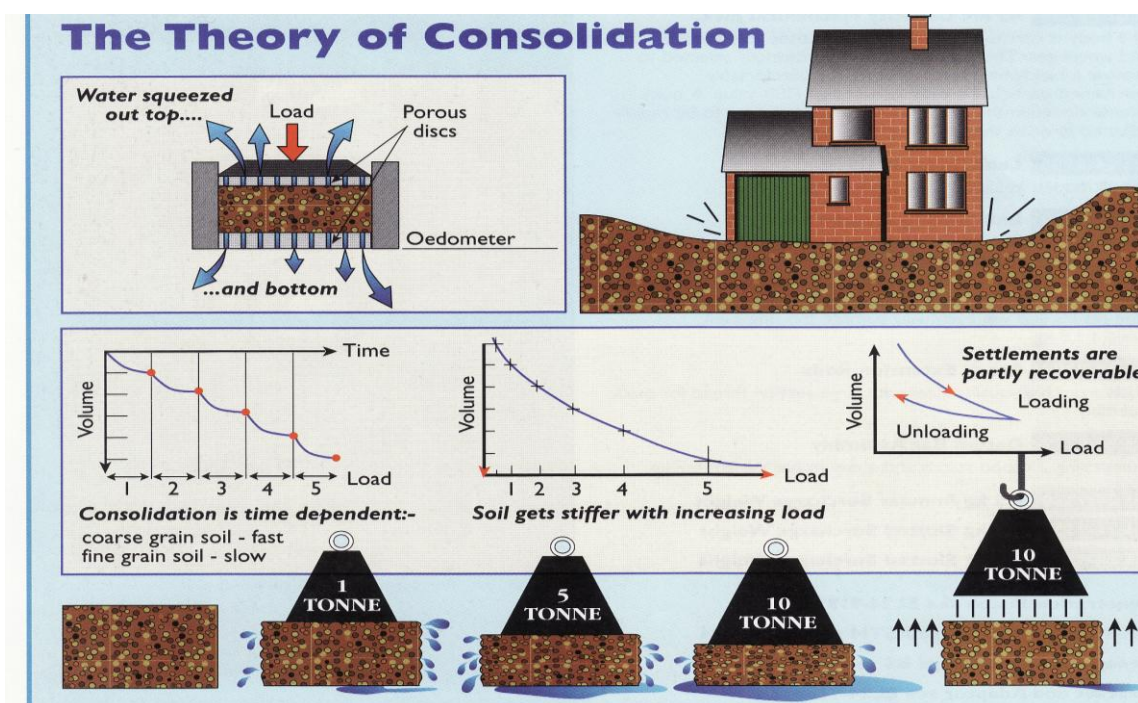


Выбор вида и состава лабораторных определений характеристик грунтов производят с учетом вида грунта, этапа изысканий, характера проектируемых зданий и сооружений, условий работы грунтов, а также

прогнозируемых изменений инженерно-геологических условий территории (площадки, трассы) (*Приложение М СП 11-105*). В частности одометры можно рассматривать как устройства, моделирующие условия компрессионного сжатия в основании сооружения (рис. 35).

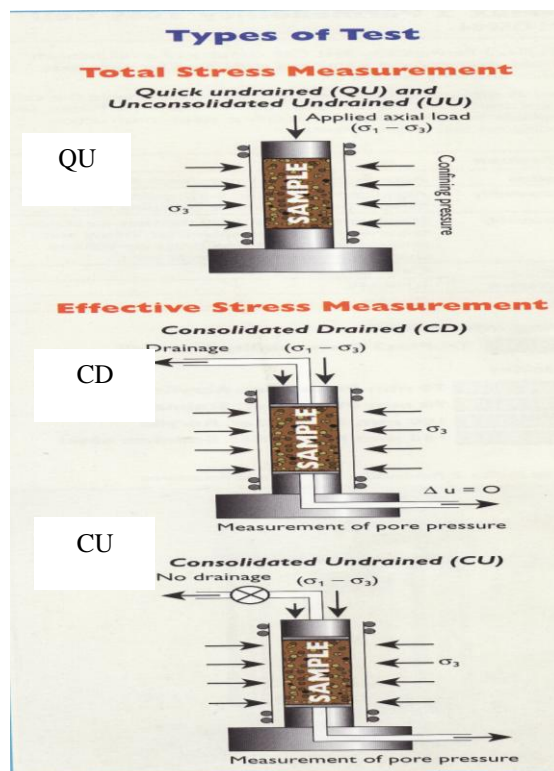
Рис. 35

Схема, иллюстрирующая теорию компрессионной консолидации в приборе и её приложение к естественному основанию сооружения



Состав показателей при химических анализах воды, а также для оценки коррозионной активности к свинцовым и алюминиевым оболочкам кабелей устанавливается согласно *Приложению Н СП 11-105*.

Всё более широкое применение в лабораторных исследованиях получают приборы трёхосного сжатия - стабилометры. На рис. 36 показан общий вид стабилометра и приведены схемы возможного использования прибора.



При составлении программы лабораторных исследований с использованием приборов трёхосного сжатия следует учитывать следующие моменты.

1. Испытания следует проводить по неконсолидированно – недренированной схеме (QU), если глинистые грунты имеют степень водонасыщения  $\geq 0,85$  и если эти грунты будут использованы как основание быстро возводимых сооружений, подобных насыпям или дамбам. Согласно СП 50-101-2004 подобный вид испытания также рекомендуется проводить с целью определения несущей способности водонасыщенных оснований зданий с незавершенной степенью консолидации, например, при проектировании оснований резервуаров.

2. Испытания проводятся по схеме консолидированно - недренированной (CU) с измерением порового давления в том случае, если нагрузка от сооружения прикладывается длительное время и плотность (пористость) грунта основания изменяются во времени, т. е. прочность глинистых грунтов следует оценить с использованием эффективных напряжений.

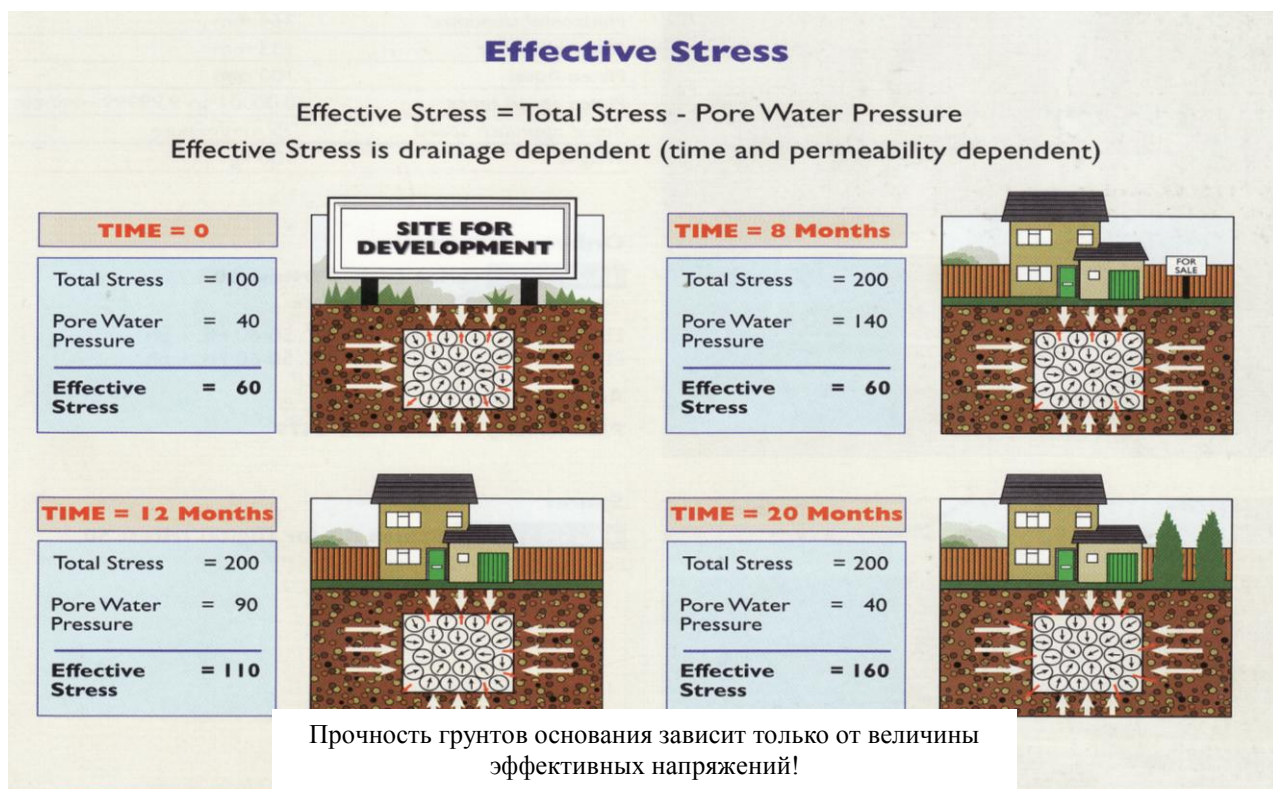
3. Консолидированно - дренированные испытания (CD) глинистых грунтов проводятся в том случае, если грунты обладают способностью дренирования и

быстрого, в связи с этим, рассеивания избыточного порового давления. Как правило, подобное состояние, наблюдается в основании большинства возводимых гражданских и промышленных зданий или сооружений. В некоторых случаях при проектировании естественных склонов и насыпей на переуплотненных глинистых грунтах, также рекомендуется проводить консолидированно - дренированные испытания.

4. Как правило, переуплотненные глинистые грунты с  $OCR \geq 5$  (см. коэффициент переуплотнения) не могут быть полностью водонасыщены в лаборатории методом обратного давления из-за неразумно больших значений давления. В этом случае испытания по схеме консолидированно-недренированные не удастся выполнить и приходится проводить консолидированно - дренированные испытания.

5. При испытании образцов из монолитов, которые отобраны ниже грунтовых вод (или поверхности воды моря или океана) в образце грунта необходимо создать поровое давление, равное природному. Далее испытания проводятся в эффективных напряжениях, которые определяются уровнем дополнительных напряжений от сооружения. С помощью приборов трёхосного сжатия, в сущности, производится моделирование изменений напряжённого состояния грунтов основания во времени с учётом порового давления и эффективных напряжений (рис. 37).





### 5.8. Стационарные наблюдения.

Стационарные наблюдения выполняются для изучения:

- динамики развития опасных геологических процессов;
- развития подтопления, деформации подработанных территорий, осадок и просадок территорий, в том числе вследствие сейсмической активности;
- изменения состояния и свойств грунтов, уровня, температурного и гидрохимического режима подземных вод, глубин сезонного промерзания и оттаивания грунтов:
- осадки, набухания и других изменений состояния грунтов, а также деформаций самих сооружений.

Стационарные наблюдения производятся, как правило, в сложных инженерно-геологических условиях по специальной программе на характерных (типичных) оборудованных пунктах (площадках, участках, станциях, постах и др.). Продолжительность наблюдений должна быть не менее одного гидрологического года или сезона проявления того или иного

процесса, частота замеров должна обеспечивать регистрацию экстремальных значений изменения регистрируемых параметров [3, с. 211).

### **5.9. Обследование технического состояния зданий, сооружений и грунтов их основания.**

Такого рода работы производится с целью установления категории их состояния и степени износа, определения возможности восприятия ими дополнительных нагрузок, деформаций или других воздействий на существующие здания и сооружения от влияния вблизи них нового строительства или реконструкций, а также для последующего мониторинга и разработки, в случае необходимости, мероприятий по усилению их конструкций, укреплению грунтов оснований и усилению фундаментов. Проведение обследований включает в себя:

- ознакомление с проектно-технической документацией;
- изучение архивных материалов по планировке застройки, предшествующих обследований о состоянии грунтов и конструкций здания, составление программы обследования оснований и фундаментов, частей и элементов заглубленных и подземных сооружений;
- визуальное (общее) обследование конструкций здания;
- детальное (техническое) обследование фундаментов зданий, конструкций подземных сооружений и изучение грунтов основания;
- определение прочности и трещиностойкости конструкций фундаментов с проведением соответствующих испытаний и расчетов;
- оценка технического состояния конструкций фундаментов по результатам обследования.

Для производства обследований используют, как обычные виды инженерно-геологических работ (см. выше), так и специальные методы, предусмотренные программой обследования:

- динамическое и статическое зондирование;
- испытание грунтов методом лопастного среза;
- откопка шурфов и отбор проб грунта и грунтовых вод из основания;

- бурение шпуров, визуальное обследование состояния оснований и фундаментов специальной телекамерой;
- использование геофизических (неразрушающих) методов контроля оснований.

На рис. 38 показаны некоторые методы обследования оснований зданий и сооружений (по материалам С. В. Ланько).

Рис.38



Бурение скважин и шпуров



Обнаружение дефектов фундаментов с помощью телекамеры



Керны, отобранные из тела фундамента

#### 5.10. Камеральная обработка материалов изысканий.

Камеральные работы осуществляются в процессе любых полевых работ (текущие и предварительные камеральные работы). Текущая обработка материалов выполняется с целью обеспечения контроля за полнотой и качеством выполняемых работ, своевременной корректировки программы

изысканий в зависимости от полученных промежуточных результатов изыскательских работ. Заключительное обобщение всех материалов изысканий производится после окончания лабораторных исследований грунтов и подземных вод. Как правило, в ходе окончательной камеральной обработки, составляется текст технического отчета или заключения, оформляются тестовые и графические приложения в соответствии с требованиями ГОСТ 21.302-96. Состав и содержание технического отчета должны соответствовать требованиям *СНиП 11-02-96*:

-п. п. 6.3-6.5 – для разработки предпроектной документации;

-п. п. 6.7-6.22 – для разработки проектной документации;

-п. п. 6.24-6.26 – для разработки рабочей документации.

В заключении отчета для предварительной и проектной стадий обязательно формулируются рекомендации и предложения по производству последующих изысканий, а в отчете, представленном для разработки рабочей документации, следует приводить количественный прогноз возможных изменений инженерно-геологических условий.

В общем виде отчет состоит из введения, общей и специальной частей, заключения и приложений.

Отчет обязательно должен иметь приложения, в которые сводится различный графический материал (карты, разрезы, колонки скважин и др.), а также таблицы свойств грунтов, химических анализов воды, каталог геологических выработок и др.

Если инженерно-геологическая разведка производится непосредственно под руководством технического заказчика (проектировщика), то окончательный отчет может составляться соответствующими службами заказчика на основе фактического материала, представленного исполнителем инженерных изысканий.



б. Вопросы представления и рационального использования инженерно-геологической информации.

Если предположить, что в результате инженерно-геологических изысканий мы получили полную, достоверную и точную информацию, остаётся вопрос, как использовать эту информацию наиболее эффективным способом. Стратегическое направление здесь совершенно понятно, и определяется оно общими тенденциями технического прогресса в науке и технике. Это может быть только многоаспектное моделирование изучаемого объёма геологической среды (подземного пространства) с помощью современных компьютерных технологий, при этом главным становится не иллюстративное украшение отчётных материалов компьютерной графикой, а применение объёмного моделирования на регулярных и нерегулярных параметрических сетках. Такое моделирование позволяет не только показывать дискретные и континуальные оценки геологического пространства, привязанные к определённым типам грунтов, но и непосредственно использовать такие модели в проектировании без каких либо промежуточных операций. Данная технология, построенная по принципу обратных связей, позволяет оперативно вносить изменения в проектные решения на основе рассмотрения различных сочетаний топологии геологического пространства и физико-механических параметров грунтов, учитывая самые неблагоприятные сочетания природных факторов (Ломакин и др., 2011).

Фактически в указанной технологии речь идёт о непрерывном развитии проектно-изыскательского процесса на основе создания динамической модели инженерно-геологических и гидрогеологических условий. Основные результаты могут быть представлены следующим рядом моделей:

- централизованный и автоматизированный сбор и анализ архивных материалов (ретроспективная модель I);
- создание банка данных, где проверяется и взвешивается каждая позиция, освещающая инженерно-геологические условия картируемой территории (учётно-контрольная модель II);

- создание актуальной динамической модели инженерно-геологической структуры, где возможны оперативные изменения по мере поступления новых материалов (модель III);
- синтез структурной модели Геологической Среды и инженерно-конструктивной структуры для оперативного проектирования (синтетическая модель IV).

Методика трёхмерного картирования подземного пространства очень важна для решения различных задач при инженерно-геологической разведке, особенно на стадии разработки рабочей документации. В настоящее время методика картирования по технологии 3D-GEO всё шире внедряется в практику инженерно-геологических исследований (см. [www.open.spbgasu.ru](http://www.open.spbgasu.ru), модуль 7).

Следует подчеркнуть, что визуализация модельного ряда в настоящее время связана с воксельными разработками, которые позволяют получить структурные параметрические срезы и объёмные представления любого уголка изучаемого пространства.<sup>2</sup> Плановая и объёмная визуализация в указанной технологии имеет большое значение, подобное тому, какое имело место на заре становления инженерно-геологических изысканий детального масштаба (1:2000), когда в составе отчётной документации предусматривалось построение аксонометрических проекций площадки (И. В. Попов, 1950), но тогда подобная технология требовала громадных затрат времени и выполнялась в ручном режиме. По сути дела в те далёкие годы аксонометрическая проекция представляла статичное объёмное изображение определённого грунтового массива.

Таким образом, информационная направленность инженерно-геологических исследований ставит вопрос о создании изыскательской организации нового типа, в рамках которой вокруг технологии 3D-GEO

---

<sup>2</sup> **Вóксел** (в разговорной речи *вóксель*, [англ. Voxel](#) — образовано из слов: объёмный ([англ. volumetric](#)) и [пиксел](#) ([англ. pixel](#)) — элемент объёмного изображения, содержащий значение элемента [растра](#) в [трёхмерном пространстве](#). Воксели являются аналогами пикселей для трёхмерного пространства. Воксельные модели часто используются для визуализации и анализа [медицинской](#) и научной информации.

должен формироваться современный исследовательский комплекс в составе многофункциональных пенетрационно - буровых установок, сейсмогеофизического и лабораторного оборудования, т. е. комплекс который обеспечит не только получение, но и эффективное использование инженерно-геологической информации. Блок схема технологии трёхмерного картирования представлена на рис.39.

Рис. 39

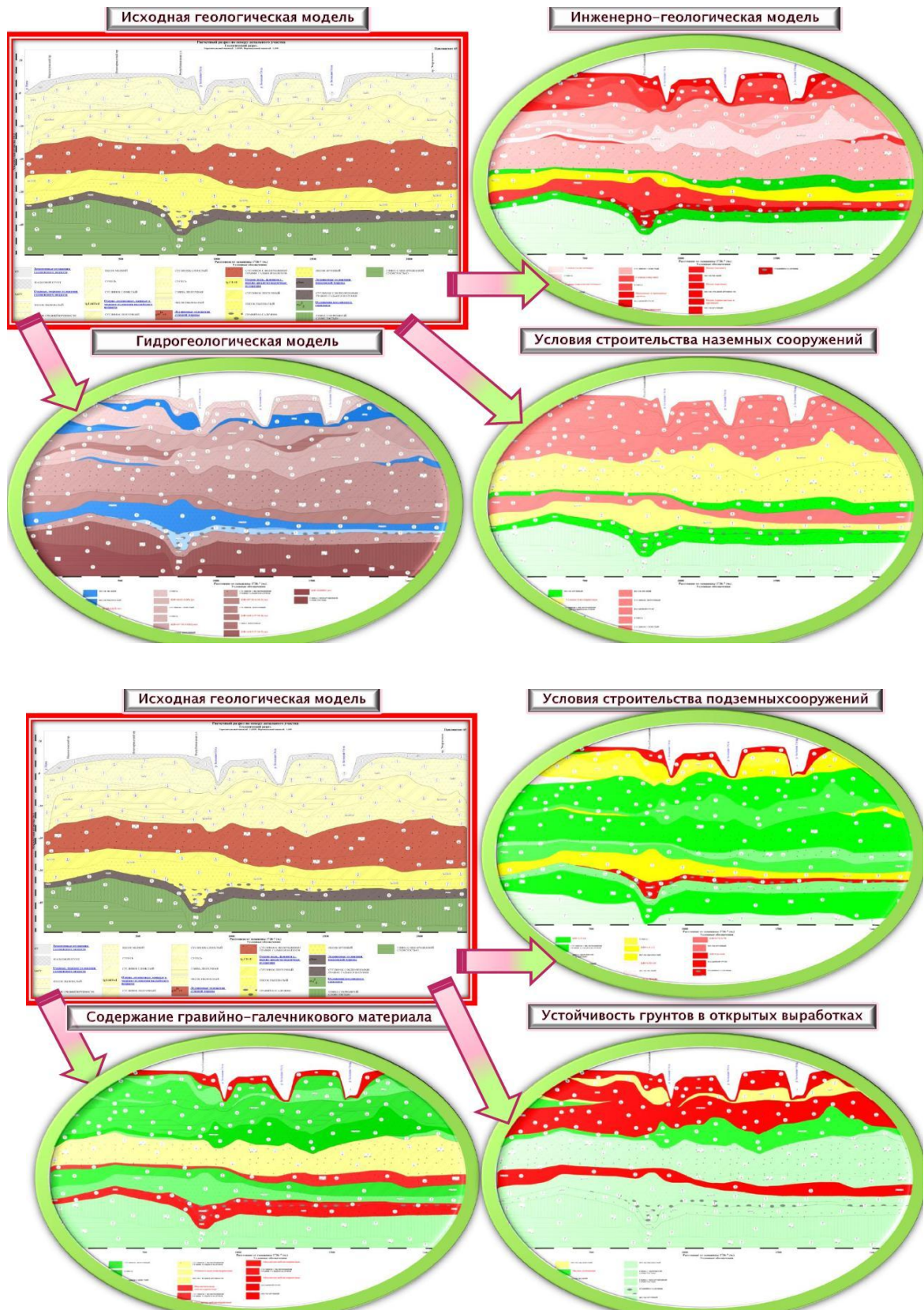
Блок-схема технологии трёхмерного картирования подземного пространства (по Е. А. Ломакину, 2011)





Типы моделей, разрабатываемых в рамках технологии трёхмерного картирования, по сути дела неограниченны и могут охватывать все проблемы подземного строительства и производства инженерных работ (рис. 40).

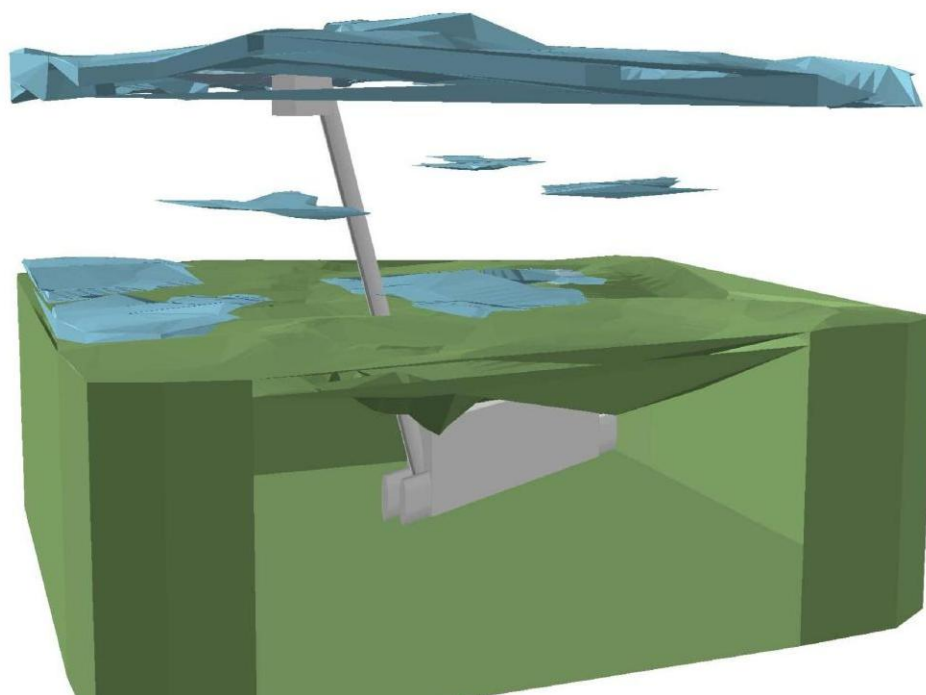
Рис. 40



Немаловажным фактом является то обстоятельство, что технология трёхмерного картирования не требует дополнительной адаптации полученных моделей для задач проектирования и позволяет насыщать изученное пространство различными конструктивами, как это показано на рис. 41.

Рис. 41

Трёхмерная гидрогеологическая модель одной из станций метрополитена в Санкт-Петербурге (по Е. А. Ломакину, 2011) (*голубым цветом показаны обводнённые грунты*)



7. Вопросы охраны и рационального использования природной среды в инженерно-геологических изысканиях.

Природную среду можно представить себе как многокомпонентную динамическую систему, основными элементами которой являются *геотоп* в составе атмосферы, гидросферы и литосферы; *биотоп*, представленный флорой, фауной и микробным миром планеты, и *техносфера*, созданная трудами и достижениями человеческой цивилизации. В этой системе, по словам академика В. И. Вернадского, человек стал не только центральной

фигурой, но и реальной силой, воздействующей на природную среду Земли. За относительно короткий срок развития технологической цивилизации стало понятно, что воздействие человека далеко не всегда имеет положительные результаты, а к XXI веку можно констатировать полномасштабный экологический кризис, разразившийся в связи с нарушением основных законов, определяющих общие и частные границы возможностей гармоничного взаимодействия девственной природы и человека. Можно ещё раз назвать эти законы, сформулированные Б. Коммонером в 1972 году:

1. Всё связано со всем.
2. Всё должно куда-то деться.
3. Природа знает лучше.
4. За всё надо платить.

С нарушениями этих законов и катастрофическими последствиями таких нарушений изыскателю и строителю приходится сталкиваться постоянно. Часто наблюдаются разнонаправленные процессы, демонстрирующие диалектическое единство природы. Так, строительство крупных промышленно-гражданских комплексов сопровождается подтоплением и появлением верховодки, снижением напоров межпластовых артезианских вод, увеличением температуры грунтов и атмосферы. Здесь же наблюдается загрязнение и изменение свойств почв и поверхностной толщи грунтов в результате интенсивного развития микрофлоры, микробов и газообразования. Но, с другой стороны, в результате длительных откачек подземных вод для водоснабжения и осушения формируются обширные депрессионные воронки, происходит необратимое изменение режима подземной и поверхностной гидросферы.

Особенно масштабно и интенсивно проявляется воздействие человека на территории крупных городских агломераций с населением более 1 млн. человек – Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Токио, Мехико, Лондон, Нью-Йорк. Прежде всего, меняется рельеф городских территорий: засыпаются овраги и балки, часто намывом и подсыпкой создаются

искусственные территории. Крупные города России, такие как Новосибирск, Омск, Барнаул, Ростов-на Дону, Чита, Краснодар в связи с подтоплением страдают как от процессов просадочности лёссовых грунтов, так и от набухания грунтов. Масштабное подземное строительство в городах, - подземные переходы, парковки, метрополитен, сопровождаются гидродинамическими необратимыми процессами, вызывающими карстообразование, суффозию, проявление пльвунов и опускание земной поверхности [5,13].

Создание искусственных водохранилищ, особенно на равнинных реках сопровождается затоплением обширных территорий, подтоплением и заболачиванием окружающих территорий за счёт подъёма уровня грунтовых вод. По берегам водохранилищ развивается переработка береговой зоны, происходят многочисленные оползни и обвалы.

Много негативных явлений развивается при добыче полезных ископаемых открытым и подземным способами. С одной стороны, в горнодобывающих районах идёт подработка и опускание поверхности, с другой создаются отвалы пустых пород, - терриконы, которые подвержены развеванию, оползанию, самовозгоранию.

Сложная ситуация складывается в районах крупномасштабных мелиоративных работ. После выемки торфов и осушения переувлажнённых территорий и торфяных залежей возникает опасность возгорания и отравления целых регионов угарным газом.

Существенное влияние на природную среду оказывает строительство автомобильных и железных дорог и трубопроводов. Вдоль строительной трассы приходится формировать временные дороги, строительные площадки, временные склады стройматериалов, технические базы строительной техники. Не всегда эти территории укладываются в нормативные размеры полос отчуждения, приходится сводить обширные лесные массивы, занимать сельскохозяйственные земли. В среднем в лесной зоне при строительстве

дорог уничтожается от 3 до 20 гектаров лесов на один километр дороги [16, с. 274].

Необратимые изменения природных условий происходят при освоении территорий с многолетнемерзлыми грунтами. Происходит деградация мерзлоты, развивается термокарст, термоабразия по берегам водоёмов, формируются громадные наледи и бугры пучения. Вдоль дорожных трасс в тундре происходит полное уничтожение растительного покрова, и развиваются масштабные термодинамические процессы.

Краткий перечень проблем, возникающих при строительном освоении территорий, говорит о том, что строительство и инженерные работы должны рассматриваться не только с точки зрения возможности их технической реализации, но и с позиций краткосрочного и долгосрочного воздействия на окружающую среду. Проблемы в этой области настолько сложны, что пришлось выделить самостоятельный вид инженерных изысканий, - *инженерно-экологические изыскания*, и институт лицензирования по целому ряду работ и исследований. В Российской Федерации действует единая система национальных стандартов, правил и норм природоохранной деятельности. Изыскателям и строителям необходимо, в первую очередь, неукоснительно соблюдать положения свода правил по инженерно-экологическим изысканиям для строительства - СП 11-102-97. Кроме государственных, разработаны стандарты для отдельных отраслей народного хозяйства. Экологическая обстановка на территории страны находится под постоянным наблюдением Росгидромета и Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС). Система мониторинга опирается на сеть наблюдательных станций во всех крупных населённых пунктах страны, контролирующих состояние геотопа и биотопа литосферы, За состоянием уникальных и ответственных сооружений также ведётся постоянное наблюдение. Отдельной программой «Литомониторинг России» охвачены проблемы изменения литосферы, вызванные строительной деятельностью.



При изысканиях и строительстве в центре внимания должны находиться многочисленные проблемы охраны и рационального использования, как геологической среды в целом, так и её важнейших элементов почв и подземных вод. При подготовке строительных проектов любого уровня сложности необходимо предусматривать, прежде всего, комплекс мероприятий по борьбе с опасными геологическими процессами и явлениями, по сохранению и охране почвенного покрова, по рекультивации нарушенных земель. Все эти вопросы требуют разработки количественных показателей, моделирования, соответствующего подбора критериев и методов расчёта. Всегда необходимо помнить, что инженерная деятельность человека должна основываться на знании законов и закономерностей развития геологических процессов и явлений (В. Д. Ломтадзе, 1978).

## **Заключение**

Появление инженерной геологии в семействе геологических наук было предопределено потребностью всестороннего изучения геологических условий возведения различных сооружений и освоения территорий. В Российской Федерации инженерная геология, как наука и как практика, сложилась в советский период массового строительства и электрификации страны. Она сформировалась в 30-х годах XX столетия на базе первоначальных разрозненных запросов строительной практики и во второй половине столетия приняла законченную форму специального геологического знания новой формации с научно-теоретической базой, разработанной поколениями учёных и практиков. Аксиоматика инженерной геологии была рассмотрена во введении (см. выше). В логической структуре инженерной геологии в результате специализации и дифференциации сложились определённые научно-практические направления, прежде всего, грунтоведение, инженерная геодинамика, региональная инженерная геология и специальная инженерная геология (см. структурную схему инженерно-геологического знания). Единство этих направлений обеспечивает всестороннее использование геологической информации на разных этапах планирования развития территорий, строительства различных сооружений, производства инженерных работ, комплексного решения проблем рационального использования и охраны Геологической среды. Каждое из названных направлений создало соответствующие разделы знаний – учения на общей методологической основе историзма и системности: о формировании свойств горных пород; о закономерностях распространения, залегания и движения подземных вод; о причинах, условиях, механизмах и динамике развития геологических процессов; о закономерностях пространственной неоднородности и изменчивости инженерно-геологических условий; о влиянии техногенеза на природную среду. Немаловажно отметить, что развитие инженерной геологии сформировало новый уровень информационного обеспечения современного

постиндустриального общества, в котором главенствующую роль играет обсуждение безопасности и комфортности для человека объектов, создаваемых в различных областях строительства, обсуждение взаимодействия человека и окружающей среды.

Инженерно-геологические изыскания, один из разделов инженерной геологии, это процесс научно – производственных исследований, обеспечивающий получение геопространственной информации, необходимой и достаточной для планирования размещения, строительства и эксплуатации различных сооружений и производства инженерных работ. Такая трактовка сущности инженерно-геологических изысканий принята во всём мире и поддерживается на законодательном уровне. В целом система инженерных изысканий предполагает выполнение комплекса исследований по плану в определённой последовательности и соответственно со стадиями проектирования сооружений. Эта система должна обеспечить выбор оптимальных, технически целесообразных и экономически наиболее выгодных инженерных решений при решении различных задач освоения и охраны Геологической среды [В. Д. Ломтадзе. Словарь по инженерной геологии, 1999]. Как показывает практика, без современных и всесторонних инженерных изысканий невозможно гарантировать строительство от разных геологических неожиданностей, которые могут повлечь за собой не только изменение проектов, сроков строительства и стоимости сооружений, но и разрушительные катастрофы и гибель людей.

Надёжная технологически совершенная система инженерных изысканий это не только гарант безопасности строительной сферы, но и определённый стимул развития целых отраслей промышленности – металлургии, металлообработки, приборостроения, информационно - компьютерных технологий. Не только специалисты изыскатели, но и всё общество, должны быть заинтересованы в создании и поддержании на должном уровне системы инженерных изысканий в целом, и инженерно-геологических изысканий в частности.

## **Список рекомендуемой литературы**

1. Ананьев В. П., Потапов А. Д. Инженерная геология. Учебник. М.: Высшая школа, 2009. – 575 с.
2. Бондарик Г. К., Ярг Л. А. Инженерно-геологические изыскания. Учебник. М.: КДУ, 2007. – 424 с.
3. Захаров М. С. Статическое зондирование в инженерных изысканиях. Учебное пособие. СПб: изд-во ГАСУ, 2007. – 72 с.
4. Золотарёв Г. С. Методика инженерно-геологических исследований. Учебник. М.: изд-во МГУ, 1990. – 384 с.
5. Коломенский Н. В. Специальная инженерная геология. М.: Недра, 1969. – 335 с.
6. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Учебник. Л.: Недра, 1978. – 496 с.
7. Ломтадзе В. Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований. Л.: Недра, 1990. – 328 с.
8. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. 9а) Том 1. Полевые методы. М.: Недра, 1984. – 423 с.  
9б) Том 2. Лабораторные методы. М.: Недра, 1984. – 438 с.
9. Методическое руководство по инженерно-геологической съёмке масштаба 1:200 000 (1:100 000—1:500 000). М.: Недра, 1978. – 391 с.
10. Ребрик Б. М. Бурение скважин при инженерно-геологических изысканиях. М.: Недра, 1979. – 253 с.
11. Солодухин М. А., Архангельский И. В. Справочник техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам. М.: Недра, 1982. – 283 с.
12. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы. М.: Недра, 1986. – 254 с.
13. Трофимов В. Т., Красилова Н. С. Инженерно-геологические карты. Учебное пособие. М.: изд-во МГУ, 2007. - 384 с.

14. Учебное пособие по инженерной геологии. / Под ред. Г. С. Золотарёва. М.: изд-во МГУ, 1990. – 294 с.
15. Ферронский В. И. Пенетрационно-каротажные методы инженерно-геологических исследований (теория и практика применения). М.: Недра, 1969. – 249 с.
16. Черноусов С. И. Инженерная геология для транспортных строителей. Учебное пособие. Новосибирск: изд-во СГУПС, 2012. – 290 с.
17. Robertson P.K., Cabal K.L. Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering/ Interpretation of Cone Penetration Test – a unified approach. MS 08-158. Gregg Drilling&Testing Inc. 3<sup>rd</sup> Edition, 2009. – 114 p.

## ***Руководящие документы и справочная литература***

1. Градостроительный Кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ (действующая редакция от 05.12.2013).

2. Государственные стандарты (ГОСТ):

— 25260-82 Породы горные. Метод полевого испытания пенетрационным каратажом.

— 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

— 12248-96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

— 21.302-96 Система проектной документации для строительства. Условные обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям.

— 20276-99 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

—12071-2000 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.

— 19912-2001 Грунты. Метод полевого испытания статическим и динамическим зондированием.

—25100-2011 Грунты. Классификация.

— 23061-2012 Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности.

— 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.

3. Строительные Нормы и Правила (СНиП)

— 11-02-96 (актуализированная редакция СП 47.13330.2012) Инженерные изыскания для строительства.

— 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий.

4. Своды правил (СП):

— 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства.

— 11-105-96 (в 6-и частях) Инженерно-геологические изыскания.

- 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений.
  - 131. 13330.2012 Строительная климатология.
  - 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
  - 11-114-2004 Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений.
5. Республиканские строительные нормы (РСН):
- РСН 74-88. Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству буровых и горнопроходческих работ.

## **Интернет-ресурсы**

— <http://www.geomark.ru>: сайт издательства «Геомарк», электронные версии журналов «Инженерные изыскания», «Инженерная геология», «Геориск». Ведущие периодические издания по различным вопросам инженерной геологии, гидрогеологии, геодинамики и инженерно-геологических изысканий.

— <http://www.acdjournal.ru>: сайт издательского дома «ACD», электронная версия журнала Национального общества изыскателей (НОИЗ) «Проектирование и инженерные изыскания».

— <http://www.geoenv.ru>: электронная версия журнала «Геоэкология» (Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология).

— <http://yadi.sk/d/3CXF9wkV4ArZB> / <http://yadi.sk/d/j-C1pm3gEC6R7>: электронный конспект лекций и тематических альбомов иллюстраций по инженерной геологии и гидрогеологии М. С. Захарова на Яндекс.Диск, 2008-2013.

— [http://www.benran.ru/Lib\\_kat.htm](http://www.benran.ru/Lib_kat.htm): электронные библиотечные каталоги в Интернете.

— <http://www.d-info.ru>: информативно-справочная система нормативной документации в строительстве. Версии Проф и Регламент содержат «Указатель нормативных документов по строительству, действующих на территории Российской Федерации» — официальное издание Госстроя России: СНиПы, ГОСТ, ГОСТ Р, СП, РДС, ВСН, СН, РСН, ТСН, новые документы по ценообразованию — ГЭСН, ГЭСНм, ГЭСНр, ГЭСНп, ФЭР, и др., а также нормативные документы органов надзора + реквизиты и тексты следующих нормативных документов, применяемых в строительстве: государственных стандартов (ГОСТ, ГОСТ Р, утвержденных Госстандартом России) на материалы, изделия, машины, оборудование и виды работ, государственные стандарты единой системы конструкторской документации и безопасности труда, государственные стандарты по пожарной и промышленной безопасности, охране природы, системам контроля и



качества, и др.; пособий к строительным нормам и правилам (СНиП, СН, ВСН); методических рекомендаций и руководств по строительству; приказов, постановлений и директивных писем Госстроя России; нормативно-технических и нормативных методических документов других министерств и ведомств.

— <http://www.garant.ru>: интернет-версия справочной правовой системы «Гарант» в области строительства и инженерных изысканий.

## **Тесты для промежуточного контроля успеваемости**

### **Раздел 1. Основы организации инженерных изысканий в строительстве.**

1. В составе инженерных изысканий ведущими являются изыскания

- 1) инженерно-экологические;
- 2) инженерно-геологические; \*
- 3) инженерно-геодезические

2. Основанием производства инженерных изысканий является

- 1) договор между заказчиком (застройщиком) и исполнителем (подрядчиком) изысканий; \*
- 2) программа на проведение инженерных изысканий;
- 3) схема участка работ, заверенная администрацией муниципального района.

3. Перед началом работ изыскательской организации необходимо иметь

- 1) техническое задание, копию допуска СРО на указанный перечень работ, программу работ, кадастровый план участка работ;
- 2) лицензию на право производства топографической съёмки, договор с заказчиком, техническое задание на изыскания, схема застройки территории, согласованная с районным архитектором;
- 3) договор с заказчиком, техническое задание на изыскания, копию допуска СРО на данный вид изысканий, программу работ, правоустанавливающие документы на землепользование. \*

4. Проектно изыскательские работы в составе инвестиционно-строительного цикла составляют по времени, %

- 1) до 5;
- 2) 10...20; \*
- 3) 25-40.

5. Проектно изыскательские работы в составе инвестиционно-строительного цикла составляют по затратам, %

- 1) менее 2;
- 2) 2...10; \*
- 3) 20...30

6. Система инженерных изысканий должна обеспечить выбор

- 1) оптимальных, технически целесообразных и экономически выгодных инженерных решений в строительстве; \*
- 2) площадок или трасс для размещения различных сооружений и производства инженерных работ;
- 3) выбор наиболее дешёвых типов фундаментов.

## Раздел 2. Этапы, задачи и состав инженерно-геологических изысканий (ИГИ).

### *7. На основе предпроектных ИГИ происходит*

- 1) выбор района строительства;
- 2) принятие принципиальных решений по размещению объектов строительства и генеральных схем инженерной защиты; \*
- 3) обоснование компоновки зданий и сооружений.

### *8. На основе ИГИ для разработки проекта происходит*

- 1) обоснование компоновки зданий и сооружений и выбор объёмно-планировочных решений; \*
- 2) расчёты оснований, фундаментов и конструктивных решений;
- 3) обоснование генеральных планов развития объектов.

### *9. Инженерно-геотехнические изыскания*

- 1) в настоящее время заменяют инженерно-геологические;
- 2) входят в состав инженерно-геологических изысканий;
- 3) являются дополнительными в составе инженерно-геологических изысканий. \*

## Раздел 3. Предпроектные инженерно-геологические изыскания.

### *10. Цель предпроектных ИГИ*

- 1) обоснование инвестиций и разработка технико-экономического обоснования планируемого строительства; \*
- 2) полная разработка проектов зданий и сооружений;
- 3) выбор генеральных направлений по борьбе с природными опасностями.

### *11. В составе предпроектных ИГИ первоочередными являются*

- 1) геофизические исследования; \*
- 2) стационарные наблюдения за опасными геологическими процессами и явлениями;
- 3) бурение опорных разведочных скважин.

### *12. Инженерно-геологическая съёмка это*

- 1) метод комплексирования различных видов работ на конкретном объекте;
- 2) метод площадного исследования инженерно-геологических условий (ИГУ) местности; \*
- 3) способ составления картографических моделей местности в камеральных условиях.

### *13. Для обоснования проектов районной планировки наиболее подходящим будет масштаб съёмки*

- 1) 1:5 000÷1:10 000;

- 2) 1:25 000÷1:50 000; \*
- 3) 1:100 000÷1:200 000

*14. Так называемые грунтовые карты это*

- 1) разновидность синтетических инженерно-геологических карт; \*
- 2) карты свойств грунтов для разреза глубиной 10 м;
- 3) карты типизации условий обводнения грунтов.

**Раздел 4. Инженерно-геологическая разведка.**

*15. Результатом инженерно-геологической разведки согласно нормативным документам должно быть*

- 1) стратиграфическое расчленение геологического разреза на глубину не менее 50 м;
- 2) выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ); \*
- 3) определение рисков, связанных с природными опасностями.

*16. Главный методический вопрос инженерно-геологической разведки*

- 1) выбор технологий разведочных работ;
- 2) изучение физико-механических свойств пород/грунтов в пределах строительной площадки
- 3) создание оптимальной сети точек наблюдения и схем опробования геологического разреза. \*

*17. Принцип обратной связи при инженерно-геологической разведке это*

- 1) возможность корректировки производимых работ в зависимости от получаемых текущих результатов; \*
- 2) согласование планируемых работ с заказчиком;
- 3) возможность переноса работ в другие сроки и в другое место.

*18. Инженерно-геологическая разведка даёт возможность разработать и применить при проектировании*

- 1) общую инженерно-геологическую модель местности;
- 2) специализированные модели, отображающие структуру грунтового массива и пространственное распределение параметров свойств пород/грунтов; \*
- 3) расчётные схемы взаимодействия сооружения с геологической средой.

**Раздел 5. Основной состав и краткая характеристика работ при инженерно-геологической разведке.**

*19. Историческую направленность геологического процесса можно проследить*

- 1) стационарными режимными наблюдениями; \*
- 2) инженерно-геологической съёмкой;
- 3) комплексным изучением свойств грунтов.

*20. Для оценки геодинамической опасности и разработки проекта инженерной защиты наиболее подходят инженерно-геологические карты*

- 1) синтетические карты детальных масштабов;
- 2) обзорные аналитические карты;
- 3) детальные аналитические карты.\*

*21. Буровые скважины это*

- 1) вертикальные выработки малого диаметра, выполняемые специальным породоразрушающим инструментом;
- 2) горизонтальные выработки проходимы механическим способом;
- 3) вертикальные, наклонные или горизонтальные выработки малого диаметра, выполняемые специальным буровым инструментом; \*

*22. Минимально допустимый диаметр буровых скважин, проходимых при инженерно-геологических изысканиях*

- 1) 73 мм; \*
- 2) 108 мм;
- 3) 89 мм.

*23. Документация керна скважин обязательно включает в себя*

- 1) раскладку керна в специальные ящики;
- 2) описание керна в полевом журнале и фотографирование керна; \*
- 3) аудиоописание керна на диктофон.

*24. В мёрзлых грунтах скважины проходятся*

- 1) с промывкой водой;
- 2) с промывкой глинистым раствором;
- 3) всухую с применением продувки сжатым воздухом.\*

*25. Для крепких устойчивых пород/грунтов для пробоотбора целесообразно применение грунтоносов*

- 1) вдавливаемых;
- 2) забивных;
- 3) обуривающих. \*

*26. Пробоотбор с помощью вдавливаемых пробоборников при статическом зондировании возможен только для*

- 1) илов и торфов;
- 2) для песчано-глинистых пород/грунтов устойчивой консистенции; \*
- 3) любых пород/грунтов, кроме скальных.

27. Число проб по каждому выделенному в разрезе слою или зоне должно составлять

- 1) 6...10;
- 2) 100 и более;
- 3) 25...30. \*

28. Процент опробуемых разведочных выработок должен составлять

- 1) 30...50; \*
- 2) до 10;
- 3) 10...20.

29. Для определения влажности, плотности, консистенции пород/грунтов пробы отбираются через

- 1) 20...50 см; \*
- 2) 10...20 см;
- 3) 100...200 см.

30. Пространственную неоднородность массива пород/грунтов по физико-механическим свойствам рационально исследовать методом

- 1) электроразведки;
- 2) сейсмотомографии; \*
- 3) радиоволновым.

31. Для интерпретации георадарного просвечивания необходимо знать

- 1) плотность пород/грунтов;
- 2) скорость распространения электромагнитной волны; \*
- 3) степень обводнения геологического разреза.

32. Опытные работы по сдвигу целиков в шурфах производятся для определения

- 1) сцепления и угла внутреннего трения скальных и полускальных грунтов;
- 2) угла внутреннего трения песков;
- 3) сцепления и угла внутреннего трения песчано-глинистых грунтов, содержащих большое количество грубообломочного материала. \*

33. Штамповые испытания грунтов в скважинах производят для определения

- 1) сжимаемости грунтов и расчётов модуля общей деформации; \*
- 2) прочностных характеристик грунтов;
- 3) устойчивости грунтов к размыву.

34. Для изучения трещиноватости горных пород применяются

- 1) статическое зондирование и динамическое зондирование;
- 2) обследование обнажений и геофизические методы; \*

3) пробные нагрузки на целики в штольнях.

35. Для исследования строения торфяников и болот применяется

- 1) сдвигомер – крыльчатка; \*
- 2) переносные штампы;
- 3) ручные задавливаемые зонды.

36. Унифицированная система оценки грунтов согласно британским и американским регламентам базируется на показателях

- 1) плотности и деформируемости;
- 2) грансостава и индексов пластичности; \*
- 3) водопроницаемости и прочности.

37. Нормализованные модели поведения грунтов ( $SBT_n$ ) при статическом зондировании используют классификации грунтов в зависимости от значений

- 1) лобовых и боковых сопротивлений;
- 2) лобового сопротивления и динамического порового давления, замеренных в ходе испытания;
- 3) приведённых величин лобового сопротивления и коэффициента трения. \*

38. Унифицированная классификация, используемая при статическом зондировании, содержит типовых моделей поведения грунтов ( $SBT$ )

- 1) 12; \*
- 2) 7;
- 3) 9.

39. Масса молота, с помощью которого выполняется стандартный пенетрационный тест  $SPT$ , составляет

- 1) 10 кг;
- 2) 60 кг; \*
- 3) 100 кг.

40. Грунтом называют...

- 1) любую горную породу, используемую в строительных целях;
- 2) многофазную систему, состоящую из минеральных элементов, органических элементов, воды и газов; \*
- 3) это условное прикладное наименование горной породы.

41. Скорость продольных сейсмических волн в пределах осадочной оболочки земной коры составляет

- 1) 5-6 км/с;
- 2) 7-8 км/с;
- 3) 3-5 км/с. \*

42. График, получаемый по результатам лабораторного исследования сжимаемости грунтов в одометре, называется

- 1) графиком сопротивления сдвигу;
- 2) компрессионной кривой; \*
- 3) интегральной кривой.

43. Из показателей плотности грунта определяется расчётом плотность

- 1) скелета (сухих частиц); \*
- 2) минеральных частиц;
- 3) грунта в естественном залегании.

44. Представлению о сопротивлении грунта сдвигу (срезу) соответствует математическая зависимость

- 1)  $de = m_0 \cdot dp$ ;
- 2)  $\tau = p \cdot \operatorname{tg} \varphi$ ;
- 3)  $\tau = c + p \cdot \operatorname{tg} \varphi$ . \*

45. Упругая модель грунта (закон Гука) применяется для расчётов

- 1) конечной осадки основания; \*
- 2) устойчивости откосов;
- 3) развития осадки во времени.

46. Для расчётов устойчивости откосов и склонов используется теория

- 1) линейного деформирования грунтов;
- 2) предельного напряжённого состояния; \*
- 3) фильтрационной консолидации.

47. Грунтовыми подземными водами называют

- 1) воды, залегающие на первом от поверхности водоупоре и сообщающиеся с атмосферой через зону аэрации; \*
- 2) любые подземные воды, связанные с грунтовым массивом;
- 3) спорадические подземные воды на локальном водоупоре в зоне аэрации.

48. Артезианскими подземными водами называют

- 1) воды, изливающиеся на дневную поверхность;
- 2) подземные воды, расположенные между двумя водоупорами и обладающие избыточным напором над кровлей водоносного пласта; \*
- 3) подземные минерализованные воды, вскрытые глубокими скважинами.

49. Величина гидростатического напора определяется как

- 1) величина условного подъёма воды над уровнем Мирового океана;
- 2) сумма возможной высоты подъёма воды над заданной точкой и высоты расположения этой точки над условной горизонтальной плоскостью; \*
- 3) высота столба воды в горной выработке.



50. Для расчёта притока воды к одиночной совершенной скважине во время откачки необходимо знать

- 1) коэффициент фильтрации и понижение воды в скважине;
- 2) коэффициент фильтрации и радиус скважины или колодца;
- 3) коэффициент фильтрации, радиус скважины и расстояние до контура питания при установившемся режиме откачки.\*

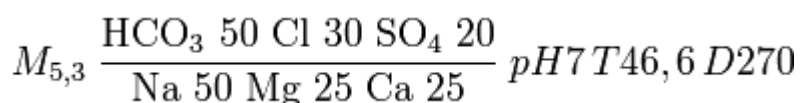
51. Расчётные формулы притока воды к совершенным выработкам можно использовать для расчёта водопитока к несовершенным выработкам (скважины, траншеи, котлованы)

- 1) вводя поправочный коэффициент на несовершенство выработки при условии стационарного режима и значительного удаления контура питания;
- 2) при условии, что расстояние до ближайшей границы дренируемого пласта будет в 10 раз превышать его мощность; \*
- 3) принимая мощность зоны дренажа равной  $\frac{4}{3}$  высоты столба воды в выработке.

52. Воронка депрессии это

- 1) форма поверхности воды в возмущённом водоносном пласте, образующаяся вокруг выработки во время откачки;\*
- 2) геометрическая схематизация условий откачки, отражающая понижение воды в выработке;
- 3) линия пересечения поверхности водоносного пласта при откачке наклонной плоскостью.

53. Вода, представленная ниже формулой Курлова,



относится к типу

- 1) пресная гидрокарбонатно - магниевая, слабо щелочная;
- 2) солоноватая гидрокарбонатно – натриевая, слабо щелочная; \*
- 3) солоноватая гидрокарбонатно – кальциево - магниевая

54. Системный подход к изучению геологического процесса заключается в применении логических заключений, основанных на познании

- 1) механизма процесса;
- 2) структуры и организации пространства процесса;
- 3) взаимосвязи механизма, структуры, форм организации пространства процесса. \*

55. Для оценки геодинамической опасности и разработки проекта инженерной защиты территории наиболее подходят инженерно-геологические карты

- 1) синтетические карты детальных масштабов;

- 2) обзорные аналитические карты;
- 3) детальные аналитические карты.\*

56. *Интенсивность землетрясения оценивается*

- 1) скоростью продольных сейсмических волн;
- 2) максимальным сейсмическим ускорением; \*
- 3) периодом сейсмических колебаний.

57. *Для регионального сейсмического районирования используется*

- 1) коэффициент сейсмичности; \*
- 2) сейсмическое ускорение;
- 3) частота землетрясений, зафиксированных в регионе.

58. *Магнитуда землетрясения это*

- 1) сила сейсмического толчка;
- 2) логарифм отношения эталонной амплитуды землетрясения и максимальной амплитуды, зафиксированной на сейсмограмме; \*
- 3) сейсмическое ускорение.

59. *Сейсмической жёсткостью грунтового массива называют*

- 1) произведение скоростей продольных и поперечных сейсмических волн;
- 2) произведение глубины залегания подземных вод на плотность грунта;
- 3) произведение скорости продольных (поперечных) волн на среднюю плотность грунта в пределах 10-метровой толщи. \*

60. *Морские волны, образующиеся при подводном землетрясении, называют*

- 1) сейши;
- 2) пахоэхозэ;
- 3) цунами. \*

61. *В зоне островной мерзлоты мощность и температура многолетнемерзлых пород составляют*

- 1) 300-1000 м .....минус 14°C;
- 2) 100 - 300 м.....до .минус 5°C;
- 3) 10...100 м.....от 0 до минус 2°C. \*

62. *Для абразионных берегов характерно*

- 1) быстрое нарастание глубин в пределах прибрежной зоны и наличие отвесных берегов;\*
- 2) наличие береговых валов и обширных пляжей;
- 3) значительная скорость подъёма берега в современную эпоху.

63. *Для развития оврагов при прочих равных геоморфологических и климатических условий определяющим будет*

- 1) количество выпадающих атмосферных осадков;

- 2) крутизна склонов;
- 3) наличие водонеустойчивых легко размываемых пород. \*

64. В торфе содержание органических веществ должно составлять

- 1) более 50%; \*
- 2) 30...40%;
- 3) до 20% .

65. Территория, где фиксируется от 0,1 до 1 провала в год на 1 км<sup>2</sup>, оценивается как

- 1) неустойчивая; \*
- 2) относительно устойчивая;
- 3) недостаточно устойчивая.

66. Просадочные грунты I типа характеризуются структурными связями, которые разрушаются

- 1) сразу в ходе водонасыщения;
- 2) после водонасыщения и приложения дополнительной нагрузки; \*
- 3) при водонасыщении под действием собственного веса.

67. Процесс суффозии начинает развиваться при градиенте напора

- 1) больше 1; \*
- 2) при значениях больше 0,5;
- 3) при значениях больше 10.

68. Суффозия может развиваться при значениях коэффициента неоднородности гранулометрического состава грунта больше

- 1) 3;
- 2) 5;
- 3) 10. \*

69. Истинным пльвуном называют

- 1) водонасыщенные рыхлые пески и супеси, способные разжижаться и придать в движение при их вскрытии различными горными выработками и строительными котлованами; \*
- 2) текущие глины, сползающие по склону;
- 3) любые водонасыщенные породы способные разжижаться и двигаться в подземных выработках.

70. В основу прогноза устойчивости склонов и откосов положен принцип

- 1) соотношения сдвигающих и удерживающих сил; \*
- 2) взаимодействия расчётных блоков, на которые разделён склон или откос;
- 3) соотношения общих и эффективных напряжений.

71. Оползни и обвалы отличаются друг от друга

- 1) ничем, и те и другие относятся к классу гравитационных явлений;
- 2) механизмом и кинематикой проявления; \*
- 3) ролью подземных вод в механизме проявления.

72. *Коррозией называют процесс*

- 1) переноса песчаных частиц ветром;
- 2) формирования дюн и барханов;
- 3) обтачивания поверхностных конструкций и выходов горных пород воздушными потоками. \*

73. *При расчётной нагрузке на сваю 3500 Н максимальная нагрузка при испытании сваи должна быть не менее*

- 1) 4900 Н;
- 2) 5250 Н; \*
- 3) 4900 Н.

74. *Несущая способность льдистых грунтов определяется*

- 1) «горячим» штампом; \*
- 2) сдвигомером - крыльчаткой;
- 3) динамическим зондированием.

75. *Для дополнительной характеристики физического состояния глинистых грунтов в лаборатории обычно определяется*

- 1) относительная плотность;
- 2) консистенция; \*
- 3) полная влагоёмкость.

76. *Для прогноза осадки земляной дамбы из глинистых грунтов со степенью водонасыщения  $>0,85$  следует выбрать схему трёхосных испытаний*

- 1) неконсолидированно - недренированную (НН) (определение общих напряжений без замера порового давления); \*
- 2) консолидировано-дренированную (КД) (определение эффективных напряжений с замером порового давления);
- 3) консолидировано – недренированную (КН) (определение порового давления).

Раздел 6. Вопросы представления и рационального использования инженерно-геологической информации.

77. *Исходным градостроительным документом является*

- 1) генеральный план; \*
- 2) план районной планировки;
- 3) план застройки города.

78. *Для обеспечения развития городской агломерации необходимо*

- 1) выбрать архитектурные проекты застройки;

- 2) произвести инженерно-геологическое районирование и оценить сложность инженерно-геологических условий выделенных районов; \*
- 3) выбрать типы фундаментов проектируемых зданий и сооружений.

*79. В случае залегания на площадке пород неоднородного состава при резких изменениях их плотности и сжимаемости разведочные выработки следует располагать через*

- 1) 30...50 метров;
- 2) 20 метров и менее при специальном обосновании; \*
- 3) 50...100 метров.

*80. Глубина разведочных выработок от подошвы фундамента для обоснования проекта отдельного здания или сооружения с ленточным фундаментом при нагрузке на фундамент 500 Н должна быть в пределах*

- 1) 12...15 м;
- 2) 8...12 м; \*
- 3) 6...8 м.

*81. Глубина разведочных выработок при проектировании свайного фундамента должна быть ниже проектируемой глубины погружения свай на*

- 1) 10 метров; \*
- 2) 20 метров;
- 3) 5 метров.

*82. Материалы инженерно-геологических изысканий должны храниться в*

- 1) архиве заказчика;
- 2) государственных фондах свободного пользования; \*
- 3) архивах муниципальных образований.

*83. Рекомендации по содержанию технического отчёта для предпроектных ИГИ можно найти в нормативном документе*

- 1) СНиП 11-02-96; \*
- 2) СП 131.13330.2012;
- 3) СП 11-114-2004.

*84. Рекомендации по содержанию технического отчёта для ИГИ на стадии проекта можно найти в нормативном документе*

- 1) СП 11-102-97;
- 2) СП 22.13330.2011.
- 3) СНиП 11-02-96; \*

*85. Отчёт по ИГИ может не составляться исполнителем, если...*

- 1) Проект разрабатывается через консалтингово - инжиниринговую фирму (КИФ); \*
- 2) Программа изысканий выполнена не полностью;
- 3) Значительно превышена сметная стоимость изысканий.

*86. Принцип саморегулирования в области инженерных изысканий следует рассматривать как*

- 1) морально – этический кодекс изыскателей;
- 2) правила управления профессиональным сообществом со стороны государства;
- 3) всеобъемлющие правила управления внутренними и внешними отношениями профессионального сообщества в области своей деятельности.

\*

*87. Технология картирования подземного пространства в модификации 3D-GEO представляет собой*

- 1) использование базы данных любого типа для представления результатов изысканий в наглядном виде;
- 2) систему подготовки исходной информации для моделирования, проектирования, картирования и экспертизы;
- 3) программное обеспечение и методику комплексного использования материалов изысканий по объекту на всех стадиях проектирования, строительства, экспертизы и эксплуатации. \*

*88. Экономическая эффективность применения технологии 3D-GEO заключается в сокращении*

- 1) строительно-инвестиционного цикла на всех стадиях – от тендерных процедур до авторского контроля проектных решений; \*
- 2) сроков и объемов изысканий;
- 3) сроков проектирования.

*89. База знаний в технологии 3D-GEO это*

- 1) Система ввода и хранения первичной информации;
- 2) Система интерактивного описания геологического строения территории; \*
- 3) Система построения постоянно-действующих моделей подземного пространства.

Раздел 7. Вопросы охраны и рационального использования природной среды в инженерно-геологических изысканиях.

*90. С позиций рационального использования и охраны геологической среды застраиваемую территорию следует рассматривать как*

- 1) невозобновляемый природный ресурс (свободное пространство); \*
- 2) объект частной или государственной собственности;
- 3) природно-техногенное образование.

91. Для планирования инженерных изысканий на территории города три основные строительные проблемы - фундаментостроение (1), освоение подземного пространства (2), развитие транспортной инфраструктуры (3) необходимо расположить в следующем порядке

- 1) 1...2...3; \*
- 2) 2...3...1;
- 3) 2...1...3.

92. Закон блоково-ступенчатой организации Геологической среды проявляет себя

- 1) только на равнинах;
- 2) только в горных местностях;
- 3) имеет универсальное выражение для земной поверхности суши и дна мирового Океана. \*

93. Четвёртый закон Барри Коммонера (1972) говорит

- 1) о неизбежности расплаты за нарушения природных законов;\*
- 2) об экологическом кризисе, порождённом современной технологической цивилизацией;
- 3) о необходимости ограничить потребление природных ресурсов;

94. Второй закон Барри Коммонера (1972) говорит

- 1) о необходимости развития национальных заказников заповедников;
- 2) о необходимости решения проблемы отходов жизнедеятельности человека; \*
- 3) о механизме всесторонней связи всех природных и техногенных процессов.

95. В понятие геотоп включают

- 1) атмосферу и литосферу;
- 2) литосферу и биосферу;
- 3) атмосферу, гидросферу и литосферу. \*

96. Осушение болот и выемка торфа несёт в себе опасность

- 1) возгорания и отравление местности угарным газом; \*
- 2) истощения грунтовых вод;
- 3) исчезновения влаголюбивой растительности.

97. Инженерно-экологические изыскания регулируются нормативными документами

- 1) СНиП 11-102-97;
- 2) СНиП 11-102-97 и стандартами отдельных отраслей народного хозяйства; \*
- 3) указаниями Росгидромета и МЧС.

98. При инженерно-экологических изысканиях объектами исследований являются

- 1) почвы, подземные воды и донные отложения водоёмов;
- 2) почвы и атмосферный воздух;
- 3) почвы, подземные и поверхностные воды, атмосферный воздух.



## **Алфавитный указатель**

### **А**

Антропогенные грунты  
Артезианские воды  
Атмосфера

### **Б**

Биотоп  
Болото  
Блочность  
Буровые скважины

### **В**

Верховодка  
Вибровращательное бурение  
Влагоёмкость породы  
Влажность породы  
Вода в грунтах  
Вода гравитационная  
Водоотдача  
Водопоглощение удельное  
Водопроницаемость  
Воксел

### **Г**

Гамма-метод  
Гамма-гамма метод  
Геодинамика  
Геологическая карта  
Генеральный подрядчик  
Геоморфология  
Геологическая среда  
Георадар  
Геосферы  
Геофильтрационный профиль  
Геофизические исследования  
Гидравлический градиент  
Гидрогеология  
Гидродомкрат  
Гидроизогипсы  
Гидросфера  
Главный архитектор проекта (ГАП)  
Главный инженер проекта (ГИП)  
Горный компас  
Грунты  
Грунтоведение  
Грунтовая карта  
Грунтовые воды  
Грунтонос  
Грунтовый массив

## Д

Депрессионная воронка  
Деформируемость грунтов  
Дешифрирование аэро - космических наблюдений (материалов)  
Диаграмма типологическая (по результатам СРТ)  
Дилатометр  
Дисперсные грунты  
Домкрат распорный  
Дренажи  
- вертикальный  
- горизонтальный  
- линейный  
- головной

## Ж

Жёсткость воды

## З

Загрязнение воды  
Закон Дарси  
Закопушка  
Замораживание пльвунов  
Зондирование  
- статическое  
- динамическое

## И

Иглофильтр  
Изыскания  
- инженерно-геологические  
- инженерно-геодезические  
- инженерно-гидрометеорологические  
- инженерно-экологические  
Инвестиции (в строительстве)  
Индекс грунта типологический  $I_c$   
Индекс бокового давления (дилатометрия)  
Инженерная геология  
Инженерно-геологическая карта  
Инженерно-геологическое картирование  
Инженерно-геологическая классификация горных пород  
Инженерно-геологическая колонка  
Инженерно-геологическая разведка  
Инженерно-геологические изыскания  
Инженерно-геологические модели  
Инженерно-геологический разрез  
Инженерно-геологическая съёмка  
Инженерно-геологические условия  
Инженерно-геологический элемент  
Инвестиционно-строительный цикл  
Интенсивность землетрясения  
Испытания в стабилometре  
- неконсолидированно-недренированные (НН-QU)  
- консолидировано - недренированные (КН-CU)  
- консолидировано - дренированные (КД- CD)

Истинные пльвуны

## К

Камеральная обработка материалов изысканий

Канатно-рычажная установка (КРУ)

Каптаж

Карта гидроизогипс

Карта гидроизопьез

Керн

Ключ динамометрический

Колонка скважины

Колонковое бурение

Комплексование методов разведки

Конвекция

Консалтингово-инжиниринговая фирма

Консистенция

Коэффициент бокового давления

— водонасыщения

— выветрелости

— пористости

— Пуассона

— крепости

— относительной плотности

— напора

— сжимаемости

— уплотняемости

— упругого отпора

— устойчивости оползня

— фильтрации

Крыльчатка (лопастной прибор)

- ручная

- автоматизированная механическая

## Л

Ламинарное движение

Литосфера

## М

Максимальная плотность

Масштаб инженерно-геологической

съёмки

Математическое моделирование

Мелиорация грунтов

Мёрзлые породы

Многолетняя мерзлота («вечная» мерзлота)

Многолетнемёрзлые породы (грунты)

Многофазные системы

Модель типовая грунта (SBT)

Модуль деформации (модуль общей деформации)

Модуль осадки грунта

Модуль трещиноватости

Модуль упругости (Юнга)

Монолит

## Н

Нагнетания опытные

Напор гидростатический  
Напорные воды  
Напряжения эффективные  
Нейтронный метод  
Нейтрон-нейтронный метод  
Неоднородность Геологической среды  
Нормальный ряд грунтонос

## О

Обобщённые показатели (свойств)  
Обнажение пород  
Одометр (компрессионный прибор)  
Окупаемость  
(капитального строительства)  
Оползни  
— структурные  
— пластические  
— структурно-пластические  
— ступенчатые  
— многоярусные  
— асеквентные  
— инсеквентные  
— консеквентные  
Оползни-обвалы  
Оптимальная влажность  
Оптимизация методов разведки  
Оценка воды (по химическому составу)

## П

Пластичность  
Плотность породы (грунта)  
Плотность минеральной части  
Плотность скелета породы (грунта)  
Плывуны  
Поверхность скольжения  
Поверхностные волны  
Подтопление  
Подземные воды  
Полевые опытные работы  
Показатель текучести  
Полускальные грунты  
Пористость пород (грунтов)  
Предел пластичности  
Предел текучести  
Прессиометрия  
Прессиометр  
- гидравлический  
- пневмоэлектрический  
- лопастной  
Пробные нагрузки  
Проектно-изыскательские работы  
Проекция аксонометрическая (строительной площадки)  
Предел прочности  
Предпроектная документация

Предпроектные изыскания

Плывуны

— истинные

— ложные

Пьезометрический уровень

**Р**

Рабочая документация

Радиоактивность пород

Региональные классификации грунтов

Разведочные выработки

Разведочные работы

Разведка инженерно-геологическая

Расчистка

Рекогносцировочный этап (изысканий)

Реология

**С**

Свод правил в строительстве (СП)

Сейсмическая шкала

Сейсмические волны

Сейсмическое районирование

Сейсмическое ускорение

Сейсмические области

Сейсморазведка

Система инженерных изысканий

Скальные грунты

Скважина

- буровая

- зондировочная

Соппротивление (при статическом зондировании)

- лобовое

- боковое (по муфте трения)

Соппротивление нормализованное

- лобовое  $Q_t$

- боковое  $F_r$

Соппротивление

условное динамическое  $P_d$

Специальные классификации грунтов

Срез целиков (пород)

Стабилметр (прибор трёхосного сжатия)

Стадии проектирования

Стационарные наблюдения

Строительная классификация пород

**Т**

Тендер (на изыскания)

Теория фильтрационной консолидации

Теплофизические характеристики пород/грунтов

Технико-экономическое обоснование

Техническое задание

Техногенные отложения (грунты)

Технология объёмного картирования подземного пространства (3D-GEO)

Технология проходки (скважин)

Техносфера

	<b>У</b>
Угол внутреннего трения	
Удельный вес породы (грунта)	
Удельное сцепление	
Удельное электрическое сопротивление	
Уплотнённые грунты	
Укрепление грунта	
Уровни ответственности зданий и сооружений	
	<b>Ф</b>
Фракции обломочных пород (грунтов)	
	<b>Х</b>
Химический состав земной коры	
	<b>Ц</b>
Цементация	
	<b>Ч</b>
Частные классификации	
Число пластичности	
	<b>Ш</b>
Шельф	
Шпунт	
Штамп винтовой (ШВ60)	
Штамповые испытания	
Штольня	
Шурф	
	<b>Щ</b>
Щебень	
Щиты	
	<b>Э</b>
Электроразведка	
Эпицентр	
Этапы инженерных изысканий	
	<b>Ю - Я</b>
Ювенильные воды	
Ядерные методы	

## **Словарь терминов**

**Биотоп** – область (территория) с однотипными экологическими условиями существования определённых организмов или их сообществ

**Бурение** – процесс сооружения скважин. Распространённый вид разведочных работ при инженерно-геологических изысканиях

**Бескабельная система зондирования** – вид статического зондирования, когда электрические сигналы от датчиков зонда трансформируются в акустические и передаются по штангам зонда на микрофон, расположенный на оголовке зонда, где они преобразуются в аналоговые сигналы сопротивлений (лобовые, трения, порового давления и др.)

**Вечномерзлый грунт** – порода с отрицательной температурой, содержащая лёд

**Воксел** – элемент объёмного изображения в трёхмерном пространстве

**Гамма-квант** - единица измерения гамма-излучения, фотон с высокой энергией, испускаемый ядром атома

**Геологическое тело** – часть статического геологического пространства, ограниченная границей внутри которой остаются непрерывными те свойства, которые были использованы для проведения границы

**Геотоп** – в расширительном толковании часть природной среды, объединяющая литосферу, атмосферу и гидросферу. В узком смысле – это географические достопримечательности.

**Геофизические исследования** – методы исследования, основанные на использовании физических свойств пород (электрических, магнитных, упругих, радиоактивных, тепловых и др.)

**Геофильтрационный профиль** – геологический разрез с нанесёнными на него характеристиками фильтрационных свойств пород (например удельного водопоглощения)

**Главный инженер проекта** – специалист, отвечающий за разработку проекта. Старший технический специалист в проектировании (Chief Project Engineer)

**Градостроительный кодекс РФ** – законодательный и нормативный документ (ФЗ № 190 от 29.12.2004), определяющий строительную деятельность во всех аспектах нового строительства, реконструкции, капитального ремонта с соблюдением Технического регламента по безопасности капитального строительства, требований охраны окружающей среды и экологической безопасности.

**Грунтовая карта** – разновидность инженерно-геологических карт, связанная с выбором фундаментов, инженерной подготовкой территории и производством земельных работ (см. рис.3)

**Грунтонос** – техническое устройство в виде цилиндрической гильзы, позволяющее отбирать пробы и монолиты пород/грунтов из горных выработок (см. рис. 6)

**Деформационная характеристика породы/грунта** – параметр породы/грунта, устанавливающий соотношение напряжённого состояния породы/грунта и её деформации

**Дешифрирование** – процесс распознавания: объектов, их свойств и взаимосвязей по их изображениям на снимках (см. рис.2)

**Дилатометрия (дилатометр)** – испытательный прибор, фиксирующий зависимость давления контакта породы/грунта и перемещения (деформацию) стенки скважины (см. рис. 22)

**Динамическое зондирование** – процесс ручной или механической забивки зонда, снабжённого конусным наконечником. Рекомендуется для исследования плотности сложения обломочных пород/грунтов (см. рис. 32)

**Динамометрический ключ** – измерительный торсионный прибор для замера крутящих моментов (Н·м) при крыльчатом зондировании пород/грунтов (см. рис. 25)

**Домкрат** – гидравлическое или механическое устройства для поднятия различных грузов и приложения нагрузок при испытаниях пород/грунтов

**Залог ударов (при динамическом зондировании)** – нормативное количество ударов (обычно 10), устанавливаемое при производстве динамического зондирования, соответствующее фиксируемой глубине погружения зонда

**Зонд (от голландского слова “zond” – «посланный»)** – измерительное устройство или его элемент, иногда в значении *датчик*. В инженерно-геологических изысканиях устройство, внедряемое в породы/грунты для изучения их состояния и свойств

**Инженерные изыскания** – научно-производственный процесс получения, обработки и передачи геопространственной информации, необходимой для проектирования и строительства различных сооружений и производства инженерных работ

**Инвестиционно-строительный цикл** – процесс создания строительных объектов от замысла до момента начала эксплуатации

**Инженер- геолог** – специалист в области инженерной геологии (ИГ – наука о формировании и изменении инженерно-геологических условий территорий, о геологических условиях строительства и эксплуатации сооружений, о рациональном использовании геологической среды и её охране, В. Д. Ломтадзе, 1999)

**Инженерно-геологическая карта** – тематическое изображение на плане местности выходов различных комплексов пород/грунтов или отображение пространственного распределения различных характеристик инженерно-геологических условий (см. 13 в списке рекомендуемой литературы)

**Инженерно-геологическая модель** – искусственно созданный образец, макет, специальное устройство, вещественная конструкция, схема, карта, блок-диаграмма, математическое уравнение, воспроизводящее объекты или явления, изучаемые в инженерной геологии. (См. моделирование как метод познания...)

**Инженерно-геологическая разведка** – комплекс работ и исследований, выполняемых для обоснования проекта и разработки рабочей документации.



**Инженерно-геологическая структура** – модель строения массива пород/грунтов, в которой элементами являются геологические тела, выделенные и прослеженные в пространстве по общности характеристик состава состояния и свойств

**Инженерно-геологическая съёмка** – метод площадного изучения инженерно-геологических условий, сопровождаемый составлением инженерно-геологических карт различных масштабов (см. раздел 3.4)

**Инженерно-геологический разрез** – отображение на вертикальной плоскости пространственных взаимоотношений инженерно-геологических комплексов пород

**Карст** – воронки, провалы и другие формы на поверхности земли и разнообразные пустоты, каналы, пещеры и др. в толщах растворимых пород (карбонаты, сульфаты, соли), образовавшиеся в результате выщелачивания поверхностными и подземными водами.

**Керн** – цилиндрический столбик породы, получаемый при колонковом способе бурения скважин

**Кольматация** – естественное или искусственное вмывание глинистых или тонкопесчаных частиц в поры и трещины породы током воды. К. изменяет водопроницаемость породы и выводит из строя фильтры и дренажи.

**Комплексирование (лат. complexus - связь, сочетание)** – процесс объединения группы предметов, явлений, свойств, работ при создании единого целого для получения наиболее эффективного результата

**Консалтингово – инжиниринговая фирма (КИФ) (англ. consulting консультирование)** – в инженерных изысканиях организация, представляющая заказчику консультационные и аналитические услуги по созданию и осуществлению строительных проектов

**Консистенция** – форма состояния глинистых пород/грунтов при определённой влажности, проявляющаяся в подвижности под воздействием внешних усилий. Основные формы консистенции - твёрдая, пластичная, текучая

**Конус (от др.-греч. Κώνος «шишка»)** – тело, полученное вращением прямоугольного треугольника вокруг одного из его катетов. В статическом или динамическом зондировании наконечник зонда, внедряемого в породы/грунты задавливанием или забивкой (см. разделы 5.6.6 и 5.6.7)

**Коэффициент переуплотнения (КПУ, англ. OCR)** – отношение максимальных эффективных напряжений  $\sigma'_p$ , испытанных породой/грунтом в геологическом прошлом, к существующим эффективным напряжениям  $\sigma'_{v0}$ , определяемым нагрузкой от перекрывающих слоёв, и природным поровым давлением  $u_0$ . По результатам статического зондирования вычисляется по формуле:  $KПУ(OCR) = k \times \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$ , где  $q_t$  – приведённое значение лобового сопротивления

**Коэффициент фильтрации** – показатель водопроницаемости породы (м/сутки), равный скорости движения подземного потока при градиенте напора, равном единице (см. табл. 7).

**Лабораторные исследования** – комплекс исследований, выполняемый в полевых и стационарных условиях, включающий в себя определения петрографических характеристик и показателей физико-механических свойств пород /грунтов (см. раздел 5.7)

**Ландшафт** – генетически единая территория с однотипным рельефом, геологическим строением, климатом, общим характером залегания распространения поверхностных и подземных вод, закономерным сочетанием почв, растительности и животных сообществ

**Лопастной прибор (крыльчатка)** – прибор, используемый для определения величины сопротивления сдвигу глинистых или органических грунтов (илы, сапрпели, торфы, текучие и пластичные глины) (см. раздел 5.6.4)

**Машина (прибор) прямого среза** - лабораторное устройство, позволяющая исследовать зависимость сопротивления пород/грунтов сдвигу по заданной поверхности в зависимости от приложенной вертикальной нагрузки. Позволяет определять основные прочностные параметры – угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление  $C$  (МПа, кПа) (см. рис. 34).

**Модуль общей деформации** – коэффициент пропорциональности между общими относительными деформациями (упругими и остаточными) и вызывающими их

напряжениями:  $E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_z}$ , где  $\sigma$  – *напряжение (МПа)*

**Мониторинг** – система специальных наблюдений, оценок, прогнозирования при решении задач управления и контроля за состоянием геологической (природной) среды

**Монолит** – образец породы/грунта естественного сложения и влажности. Отбирается из естественных обнажений, скважин и горных выработок с использованием пробоборников и грунтоносов.

**Муфта трения** – часть измерительного зонда при статическом зондировании, содержащая датчик бокового трения и расположенная непосредственно за конусным наконечником (см. раздел 5.6.6)

**Обобщённые (нормативные) показатели свойств пород/грунтов или параметров водоносных горизонтов** – средние значения, получаемые по данным соответствующих испытаний, число которых достаточно для статистического обобщения. Используются для любых предварительных расчётов.

**Обсадка скважины** – крепление ствола скважины обсадными трубами для защиты его от осыпания и обвалов из стенок скважины, для перекрытия и изоляции водоносных горизонтов, обеспечения сохранности скважин для выполнения опытных работ и режимных наблюдений

**Обследование технического состояния здания и грунтов их основания** – вид нормативных инженерных изысканий, производимых с целью установления технического состояния и степени износа строительных конструкций и состояния грунтов основания при проектировании реконструкции или капитального ремонта здания или сооружения

**Одометр** - лабораторный прибор для исследования сжимаемости пород/грунтов в условиях невозможности бокового расширения (см. рис. 34)

**Оптимизация (инженерных изысканий)** – система научно обоснованных мер, направленных на повышение точности и достоверности изысканий при одновременном уменьшении объёмов и сроков выполнения работ

**Опытные нагнетания** – вид опытных работ, направленный на изучение степени водопроницаемости, трещиноватости и закарстованности преимущественно скальных и полускальных пород/грунтов (см. раздел 5.5)

**Показатели зондирования** - параметры процесса зондирования, количество которых зависит от конструкции зонда и числа каналов связи. Так, четырёхканальный зонд может определять: удельное сопротивление грунта под конусом (лобовое сопротивление внедрению конуса), удельное сопротивление по муфте трения (боковое сопротивление внедрению зонда), суммарное поровое давление (сумма наведённого порового давления, вызванного внедрением зонда, и природного порового давления, угол наклона скважины (инклинометрия). Многоканальные зонды позволяют производить замеры температуры, электропроводности пород/грунтов, фиксировать скорость движения зонда, суммарное давление в гидравлической системе подачи зонда. Сейсмозонды определяют скорости продольных и поперечных сейсмических волн. Частота фиксации сигналов от измерительных датчиком достигает 50-100 на 1 пог. м разреза (см. табл. 10)

**Прессиометрия (прессиометр)** – исследование сжимаемости пород/грунтов обжатием их в скважинах под воздействием возрастающей нагрузки на стенки скважины в пределах участка ограниченной длины с помощью передачи давления на лопасти или боковую поверхность резиновой камеры (см. раздел 5.6.2)

**Пробоотборник (грунтонос)** – прибор для отбора проб горных пород/грунтов естественного сложения из горных выработок и естественных обнажений

**Проекция аксонометрическая** – графический способ изображения трёхмерного пространства на плоскости для представления инженерно-геологической структуры строительной площадки

**Прочностная характеристика породы/грунта** – свойство пород/грунтов сопротивляться разрушению. Принято выражать и оценивать временным сопротивлением сжатию, разрыву, скалыванию, кручению и т. п. (для скальных и полускальных пород/грунтов) или сопротивлением сдвигу песчано – глинистых пород/грунтов.

**Разведочные работы** – геологические (инженерно-геологические) работы, выполняемые с помощью различных технических средств для решения инженерно-геологических задач (см. раздел 4)

**Сейсморазведка** – геофизический метод исследований, основанный на измерении скоростей прохождения упругих волн (продольных и поперечных) в горных породах/грунтах (см. раздел 5.4.2)

**Сеть наблюдений** – система размещения точек наблюдения и различных горных выработок на изучаемой площади, позволяющая получить полную, достоверную и точную информацию об инженерно-геологических условиях строительства

**Стабилометр и стабилометрические испытания пород/грунтов** – прибор для испытания пород/грунтов на трёхосное (всестороннее) сжатие для получения

прочностных и деформационных характеристик (см. рис. 36) и моделирования реальных условий работы породы/грунта в массиве

**Стадии проектирования** – законодательно установленная последовательность проектирования при освоении территорий, строительстве зданий и сооружений (см. раздел 2)

**Суффозия** – процесс выноса мелких частиц из породы/грунта током воды. развитие суффозии характеризует фильтрационную неустойчивость пород/грунтов

**Теория фильтрационной консолидации** – научная логика, описывающая зависимость осадки зданий и сооружений, возведённых на водонасыщенных глинистых породах/грунтах, от процесса отжатия воды и рассеивания порового давления (см. рис. 35)

**Территориальные строительные нормы** – законодательно установленные нормы проектирования и инженерных изысканий с учётом региональных природных особенностей

**Технология ODEX** – способ проходки скважин в неустойчивых обводнённых породах с непрерывной обсадкой (см. рис. 7)

**Технология трёхмерного картирования подземного пространства** – методика непрерывного развития проектно-изыскательского процесса (ПИР) на основе создания динамической пространственной модели инженерно-геологических и гидрогеологических условий (см. раздел 6)

**Техносфера** – приповерхностная зона земной коры, в пределах которой сосредоточены инженерные, строительные и хозяйственные объекты, в целом инфраструктура технологической цивилизации

**Типовая модель грунта** – термин, применяемый в статическом зондировании по методике СРТ и означающий классификационную модель поведения породы/грунта (Soil Behavior Type) при внедрении в них зонда (см. рис. 30)

**Типологический индекс грунта** - параметр, вычисляемый при статическом зондировании по соотношению лобовых и боковых сопротивлений (см. формулы 9...11)

**Удельное водопоглощение** – мера водопроницаемости и соответственно степени трещиноватости и закарстованности пород/грунтов при опытных нагнетаниях.

**Уровень ответственности здания или сооружения** – законодательно установленное деление всех сооружений на классы по их ответственности, капитальности, долговечности, жёсткости, допустимыми пределам осадок и деформаций и т.д.

**Условное динамическое сопротивление** - показатель сопротивления забивке зонда в породы /грунты, определяемый через число ударов молота  $N$ , необходимых для погружения зонда на 10 см или по величине погружения зонда от залога в 10 ударов (см. формулу 12)

**Физико-механические свойства пород/грунтов** – свойства, определяющие их физическое состояние, отношение к воде и закономерности изменения прочности и

деформируемости. Соответственно различают физические, водные и механические свойства.

**Фильтр** – устройство, конструкция, сооружение, которые отделяют от воды механические взвеси или снижают её гидродинамическое давление. Фильтры различаются по назначению, способу применения, конструкции, размерам и т.д.

**Фундамент** – подземная часть здания или сооружения, воспринимающая нагрузку от конструкций и передающая её на породы/грунты, которые являются их основанием

**Целики пород/грунтов** – массивы пород/грунтов прямоугольного или круглого сечения, подготавливаемые в горных выработках или отбираемые из них для производства опытных нагрузок и срезов

**Чувствительность грунта** – склонность породы/грунта к возможным изменениям прочности и консистенции при нарушении естественного сложения и структурных связей. Измеряется по соотношению прочности на одноосное сжатие или сопротивление сдвигу, или пластической прочности при естественном сложении к прочности той же породы/грунта при той же влажности, но нарушенного сложения (см. раздел 5.6.4)

**Шпатель** – металлическая прямоугольная пластинка со скошенным краем, используемая для заполнения лабораторных колец, бюксов и выравнивания поверхности испытуемых образцов

**Штамп** – металлическая жёсткая конструкция круглой или прямоугольной формы, используемая при производстве опытных нагрузок в шурфах или скважинах для передачи давления на породу/грунт (см. раздел 5.6.1)

**Электроразведка** – способ исследования пород/грунтов на основе наблюдений за особенностями распространения естественных или искусственных электромагнитных полей (см. раздел 5.4.1)

**Этапы инженерных изысканий** – последовательность выполнения исследований и работ для обоснования проектов различных зданий и сооружений

**Эффективные напряжения (напряжения в скелете грунта  $\sigma'$  – *effective stress*)** – разность между полным напряжением и поровым давлением  $\sigma' = \sigma - u$  (см. рис. 37)

**Ядерные методы** – базируются на изучении связей радиоактивных свойств пород/грунтов с их плотностью, влажностью и глинистостью (см. раздел 5.4.3)

С подробной терминологией, применяемой в области инженерной геологии и инженерно-геологических изысканий, следует ознакомиться в «Словаре по инженерной геологии» /В. Д. Ломтадзе, СПб: изд-во СПб ГИ, 1999. – 366 с.