Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

Республики Хакасия

«Черногорский горно-строительный техникум»

**Курс лекций**

**по МДК 01.01. Инженерно – геологические**

**исследования строительных площадок для специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений**

**Учебное пособие**

Черногорск 2021

Учебное пособие содержит курс лекций МДК 01.01. Инженерно – геологические исследования строительных площадок. Пособие содержит важнейшие сведения по общей геологии и гидрогеологии, инженерной геологии. Дана характеристика эндогенных и экзогенных процессов. Рассмотрены цели и задачи изысканий для различных видов строительства.

Пособие предназначено для обучающихся очной и заочной формы специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

Разработчик: Евдокимова И.В. – преподаватель первой квалификационной категории ГБПОУ РХ Черногорский горно-строительный техникум.

# Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение………………………………………………………………………… | 5 |
| 1. **ОСНОВЫ ОБЩЕЙ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ**……………… | 6 |
| 1.1. Инженерная геология как наука……………………………………….. | 6 |
| 1.2. Планета Земля…………………………………………………………… | 8 |
| 1.3. Геологическое время и возраст горных пород………………………… | 10 |
| 1.4. Минералы и горные породы…………………………………………… | 11 |
| 1.4.1 Магматические горные породы………………………………………… | 13 |
| 1.4.2 Осадочные породы ……………………………………………………… | 17 |
| 1.4.3 Метаморфические горные породы………………………………………. | 21 |
| 1.5. Грунтоведение…………………………………………………………… | 23 |
| 2. **ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**…….…………………………………… | 25 |
| 2.1. Тектонические движение земной коры………………………………… | 25 |
| 2.2. Сейсмические явления…………………………………………………… | 27 |
| 2.3. Глобальная тектоника Земли (тектоника плит)………………………… | 32 |
| 3. **ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ**……………………………………… | 33 |
| 3.1. Подземные воды………………………………………………………… | 33 |
| 3.2. Гидрогеологические карты и динамика подземных вод……………… | 43 |
| 4. **ПРОЦЕССЫ ВНЕШНЕЙ ДИНАМИКИ ЗЕМЛИ**………………… | 44 |
| 4.1. Процессы и явления……………………………………………………… | 44 |
| 4.2. Процессы выветривания………………………………………………… | 45 |
| 4.3. Геологическая деятельность ветра……………………………………… | 47 |
| 4.4. Геологическая деятельность текучих вод……………………………… | 49 |
| 4.5. Геологическая деятельность реки……………………………………… | 51 |
| 4.6. Геологическая деятельность моря……………………………………… | 54 |
| 4.7. Геологическая деятельность подземных вод (суффозия, карсты, плы- вуны). …………………………………………………………………………… | 55 |
| 4.8. Геологическая деятельность озѐр и болот………………………………. | 57 |
| 4.9. Ледники…………………………………………………………………… | 59 |
| 4.10. Селевые потоки………………………………………………………… | 63 |

|  |  |
| --- | --- |
| 4.11. Мерзлота………………………………………………………………… | 63 |
| 4.12. Гравитационные процессы на склонах и котлованах………………… | 64 |
| 4.13. Лессовые породы………………………………………………………….. | 67 |
| 5. **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ**……………… | 68 |
| 5.1. Цели и задачи изысканий………………………………………………… | 68 |
| 5.2. Изыскания по видам строительства…………………………………… | 69 |
| 5.3. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городов… | 70 |
| 5.4. Охрана окружающей среды……………………………………………..  **6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**……………………………………………………………… 76  6.1 Инженерно-геологические работы, проводимые в период до проектирования....……………………………………………………………..76  6.2 Изучение геоморфологии района строительства………………………..79  6.3 Инженерно-геологическая съемка как комплексное изучение района строительства…………………………………………………………………..82  6.4 Грунты как основной объект инженерно-геологических исследований  6.5 Изучение гидрогеологических условий местности …………………… 90 | 71 |
| **ПРИЛОЖЕНИЯ**……………………………………………………………… | 93 |
| Вопросы для контроля…………………………………………………………. | 93 |
| Приложение А…………………………………………………………………… | 97 |
| Геохронологическая таблица…………………………………………………. | 97 |
| Шкала интенсивности землетрясений (с сокращениями)…………………… | 102 |
| **Список литературы**…………………………………………………………… | 103 |

**ВВЕДЕНИЕ**

Впервые геологи были привлечены для решения конкретных строительных задач во второй половине 19 века - начале 20 века, когда в России широко развернулись работы по строительству железных до- рог. По мере увеличения объемов строительства и освоения районов Средней Азии, Сибири, Поволжья, Дальнего Востока перед геологами ставились все новые задачи, т. к. усложнялись инженерно- геологические условия, строители встретились с новыми опасными геологическими процессами: плывунами, вечной мерзлотой, пучением, сейсмоопасными участками и др. Потребовалось изучение инженерно- геологических условий крупных территорий и прогнозы их изменения под влиянием деятельности человека на длительное время. Инженер- ная геология, ландшафтная геология и учение о неосфере дали начало развитию нового направления в изучении геологической среды - инже- нерной геоэкологии.

Большой вклад в становление инженерной геологии как науки внесли крупнейшие ученые-геологи – Н. С. Шатский, Ф. П. Саварен- ский, В. А. Приклонский, И. В. Попов, Н. В. Коломенский, Е. М. Сер- геев и др.

Инженерная геология как наука развивается под влиянием диф- ференциации и синтеза и связана с другими науками - геологическими и не геологическими. Кроме того, развитие инженерной геологии свя- зано с техническими и социально-экономическими наукам (рисунок 1).

Инженерная геология

Геологические науки:

Тектоника; Динамическая геология; Историческая геология;

Геология четвертич- ных отложений; Геоморфология; Гидрогеология; Мерзлотоведение; Минералогия; Петрография; Литология; Геохимия; Геофизика.

Социально – экономические науки

Технические науки:

Горные; Строительные;

Естественные не геологические

науки:

Физика; Механика; Химия; Математика; География; Почвоведение.

Рисунок 1 - Связь инженерной геологии с естественными, техническими и социально-экономическими науками (по Е. М. Сергееву).

# ОСНОВЫ ОБЩЕЙ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

* 1. **Инженерная геология как наука**

Инженерная геология одна из наук геологического цикла, кото- рая изучает геологическую среду, ее рациональное использование и охрану в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Под геологической средой следует понимать любые горные по- роды и почвы, слагающие верхнюю часть литосферы (земной коры), которые рассматриваются как многокомпонентные системы, находя- щиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности че- ловека, что приводит к изменению природных геологических процес- сов и возникновению новых антропогенных (инженерно- геологических) процессов, изменяющих инженерно-геологические условия определенной территории (Е. М. Сергеев).

Инженерно-геологические условия характеризуют особенности геологического строения изучаемой территории, состав и свойства слагающих ее пород, геологические процессы, рельеф и подземные воды.

Инженерно-геологические условия строительной площадки вли-

яют:

тов;

* на выбор места расположения объектов;
* на конструкцию сооружений и глубину заложения фундамен-
* на способы производства строительных работ и мероприятия по

охране окружающей среды.

Инженерные сооружения, в свою очередь, могут изменить суще- ствующие природные геологические условия:

* + вызвать осадку (уплотнение) или сдвиги в тех породах, на кото- рых они построены;
  + изменить рельеф планировкой и подсыпкой;
  + изменить микроклимат и глубину промерзания грунтов, уровень грунтовых вод;
  + ускорить развитие оврагов, оползней и других опасных геологи- ческих процессов.

Инженерно-геологическая оценка условий строительства опре- деляется в зависимости как от естественных природных факторов, так и от типа и конструкций сооружения, от характера его воздействия на породы в процессе строительства и эксплуатации.

Основные разделы инженерной геологии:

* + грунтоведение;
  + инженерная геодинамика;
  + региональная инженерная геология.

*Грунтоведение* - изучает горные породы, составляющие литосфе- ру как грунты. Грунтами называют горные породы, находящиеся в сфере инженерной и хозяйственной деятельности человека. Горные породы (грунты) состоят из минералов или минеральных агрегатов, имеющих определенный химический состав и физико-механические свойства, влияющие на строительные характеристики грунтов. Грун- товедение изучает минералогический состав грунтов, их генезис (про- исхождение), структуру и текстуру, т. е. те характеристики, которые влияют на прочность и устойчивость грунтов при нагрузке на них от зданий и сооружений.

Одновременно с грунтоведением формировалась *механика грун- тов* на стыке геологических, физико-математических и строительных дисциплин. Механика грунтов рассматривает те общие закономерно- сти, которые вытекают из применения к горным породам (грунтам) законов теоретической и строительной механики в связи с нагрузками. Грунтоведение характеризует грунты основания сооружений в ненарушенном состоянии до начала строительства и прогнозирует из-

менение их в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

*Инженерная геодинамика* - изучает природные и инженерно- геологические опасные процессы и явления, влияющие на строитель- ство и эксплуатацию сооружений. Это гравитационные процессы на склонах и в котлованах, оврагообразование, геологическая дея- тельность рек, ветра, моря и др.

Инженерно-геологическими процессы и явления называют тогда, когда их зарождение или развитие связано с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Обычно такие процессы и явления занимают меньшие площади, не имеют большие скорости развития.

*Региональная инженерная геология* изучает закономерности формирования и распространения по территории инженерно- геологических условий. Инженерно-геологические условия оказыва- ются одинаковыми или близкими у тех территорий, которые имеют одну и ту же или близкую историю геологического развития и нахо- дятся в одних и тех же природно-климатических зонах. В ее задачу входит составление инженерно-геологических карт, выделение регио- нов, областей, районов и подрайонов (по классификации И. В. Попова) с близкими инженерно-геологическими условиями.

Создание инженерно-геологических карт значительно сокращает время и объемы изыскательских работ на строительных площадках, что дает определенный экономический эффект.

Для инженеров-строителей основным документом при проекти- ровании зданий и сооружений является инженерно-геологическая кар- та и заключение с оценкой инженерно-геологических условий стройплощадки.

# Планета Земля

Земля - третья планета Солнечной системы, имеет форму геоида (апроксимируется с эллипсоидом вращения) и центрально- симметрическое строение с несколькими оболочками или геосферами.

Воздушная оболочка - *атмосфера* - общей высотой около 1300 километров, имеет, в свою очередь, слоистое строение с диффузными, проникающими друг в друга границами. Ее первый этаж - тропосфера, выше - стратосфера, ионосфера и зона рассеяния.

Водная оболочка - *гидросфера* - включает моря, океаны, озера, реки, воду в атмосфере и литосфере в жидком, твердом и газообразном состояниях. Распределение неравномерное. К северу от экватора почти одинаковая площадь суши и воды, а в южном полушарии океаны за- нимают 90% поверхности.

*Литосфера* - каменная оболочка Земли или земная кора сложена горными породами. Имеет различное строение под океанами и конти- нентами (рисунок 2), под земной корой располагается мантия, а с глу- бины 2900 км – ядро.

*Биосфера* - сфера жизни во всех геосферах Земли. При загрязне- нии техногенными выбросами переходит в состояние, непригодное для жизни - неосферу.

Между геосферами существует природные и техногенные связи. Идет непрерывный обмен веществом и энергией, рождаются геологи- ческие процессы внутренней и внешней динамики Земли. Инженерная деятельность человека может ускорить или замедлить развитие опас- ных геологических процессов, что приводит к нарушению природного равновесия геологической среды.

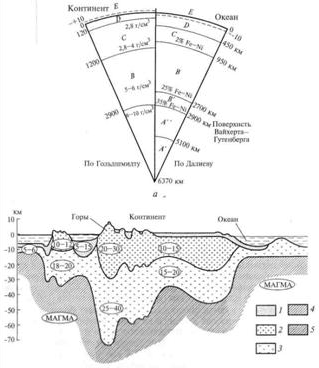
Геологической средой называют верхнюю часть земной коры - литосферу, где протекает инженерная и хозяйственная деятельность человека: шахты, карьеры, фундаменты, скважины на воду, нефть, газ и т. п., определяют ее мощность.

Среди многочисленных гипотез происхождения Солнечной си- стемы и планеты Земля наиболее разработанными в настоящее время являются метеоритная гипотеза О. Ю. Шмидта и космогенная гипотеза В. Г. Фесенкова.

Академик О. Ю. Шмидт в 1944 году предложил гипотезу проис-

хождения Солнечной системы, согласно которой процесс формирова- ния планет и их спутников происходил из первичного метеоритного вещества, захваченного притяжением Солнца, под влиянием гравита- ционного поля которого произошло перераспределение метеоритного вещества с образованием Солнечной системы.

По гипотезе В. Г. Фесенкова (1960 г.) Солнце и планеты образо- вались в результате сгущения одной из гигантских туманностей в кос- мосе. Затем вначале сформировалось Солнце, а затем в процессе его эволюции возникли планеты Солнечной системы.



00

Рисунок 2 - Схематическое изображение строения Земли (а)

и земной коры (б):

А – ядро; В,С – мантия; Д – земная кора; Е – атмосфера

(по М. Васичу); 1 – покровные отложения; 2 – гранитоподобный слой; 3 – базальтовый слой; 4 – верхняя мантия; 5 – мантия.

Изучение космоса, полеты к другим планетам, к Луне дают много новых факторов для практической проверки гипотез и их дальнейшего развития и совершенствования, т. к. ни одна из них в настоящее время не дает полного ответа на вопросы происхождения Солнечной систе- мы и планеты Земля.

# Геологическое время и возраст горных пород

Земная кора формировалась длительное время, постепенно, не- одинаково в разные отрезки времени; разнообразных физико- географических условиях. На отдельных участках происходило накоп- ление осадков, затем их смятие в складки или разрывные (дислокаци- онные) блоки при горообразовательных процессах; затем наступали периоды разрушения гор, перенос материала и накопления его в новых местах на суше или в океанах, которые то занимали большие площади, то отступали от береговой линии, оставляя на суше мощные толщи морских отложений - известняков, мергелей, конгломератов и др.

Для воссоздания истории развития определенной территории, со- ставления геологических карт и разрезов, необходимо знать возраст пород, слагающих тот или иной участок земной коры.

Различают два вида возраста горных пород:

* *абсолютный,* выраженный в годах (млн. лет). Для этого ис- пользуется процесс радиоактивных превращений в направлении обра- зования одних химических элементов из других. Наиболее часто ис- пользуют разработанные методы: свинцовый, стронциевый, аргоновый и углеродный.
* *относительный* - возраст рассматривается для одной горной породы относительно другой, моложе или старше ее по времени обра- зования. Используют следующие методы:

а) стратиграфический - описывает последовательность залегания пород в порядке их образования. Применим при ненарушенном зале- гании пород, когда каждая вышележащая порода моложе нижележа- щей по времени образования.

б) палеонтологический - применим при наличии в осадках окаме- нелостей - остатков живых организмов, захороненных в слоях. Орга- ническая жизнь на Земле развивалась от более простых форм к более сложным. Поэтому более древние слои будут содержать окаменелости более простых организмов. Изучается наукой историческая геология.

На основании общепринятых международных единиц стратигра- фии и относительной геохронологии создана сводная шкала геологи- ческого времени - геохронологическая таблица, где каждому отрезку времени соответствует свой комплекс образовавшихся в это время по- род (таблица. 1).

Таблица 1 - Соотношение таксонометрических единиц

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчленение толщи пород | группа | система | отдел | ярус |
| Соответствующий отрезок времени | эра | период | эпоха | век |

Каждой таксонометрической единице шкалы присвоены свои буквенные и цифровые индексы и строго определенный цвет для лю- бой геологической карты мира (приложение А,Б).

# Минералы и горные породы

Горные породы, слагающие земную кору, представляют собой агрегаты, сложенные теми или иными минералами.

Минералами называют сравнительно однородные по химическо- му составу соединения, образовавшиеся в результате сложных физико- химических процессов в недрах Земли или на ее поверхности. Мине- ралы могут быть твердыми (кварц, роговая обманка), жидкими (само- родная ртуть) и газообразными (сероводород, метан). Подавляющее большинство твердых минералов являются кристаллическими образо- ваньями и лишь незначительная их часть – аморфными. Минералы, находящиеся в кристаллическом состоянии, в природе чаще всего встречаются в виде агрегатов (скоплений зерен) неправильной формы и значительно реже - в виде правильных многогранников – кристал- лов. Размеры минеральных индивидов могут быть от больших, масса которых несколько тонн (полевой шпат, кварц), до мельчайших зер- нышек, видимых только в микроскоп. Большинство минералов встре- чаются именно в виде мелких и мельчайших зернышек, образуя зерни- стую структуру магматических, осадочных и метаморфических горных пород.

В природе встречается около 7000 минералов и их разновидно- стей. Каждый из них имеет определенное строение и обладает прису- щим ему комплексом физических свойств (твердость, удельный вес, спайность, магнитность и др.), влияющих на инженерно-геологические (строительные) свойства горных пород геологической среды.

Наиболее распространенной является химическая классификация минералов:

*Силикаты —* наиболее многочисленный класс, включающий до 800 минералов, являющихся основной составной частью большинства магма-

тических и метаморфических пород. Среди силикатов выделяют группы минералов, характеризующиеся некоторой общностью состава и строе- ния,— полевые шпаты, пироксены, амфиболы, слюды, а также оливин, тальк, хлориты и глинистые минералы. Все они по своему составу алюмосиликаты.

*Оксиды и гидроксиды.* Эти два класса объединяют около 200 минера- лов, на их долю приходится до 17 % всей массы земной коры. Наиболь- шее распространение имеют кварц, опал и лимонит.

*Карбонаты.* К ним относятся более 80 минералов. Наиболее распро- странены кальцит, магнезит, доломит. Происхождение в основном экзо- генное и связано с водными растворами. В контакте с водой они не- много снижают свою механическую прочность, хотя и слабо, но раство- ряются в воде, разрушаются в кислотах.

*Сульфаты.* Этот класс объединяет до 260 минералов, происхождение которых связано с водными растворами. Характеризуются небольшой твердостью, светлой окраской. Сравнительно хорошо растворяются в воде. Наибольшее распространение имеют гипс и ангидрит. При соприкоснове- нии с водой ангидрит переходит в гипс, увеличиваясь в объеме до 33 %.

*Сульфиды* насчитывают до 200 минералов. Типичный представитель пирит. Сульфиды в зоне выветривания разрушаются, поэтому их примесь снижает качество строительных материалов.

*Галоиды* содержат около 100 минералов. Происхождение связано в основном с водными растворами. Наибольшее распространение имеет галит. Может быть составной частью осадочных пород, легко растворя- ется в воде.

Минералы классов *фосфатов, вольфраматов* и *самородных элементов*

встречаются гораздо реже, чем другие.

Существуют и другие классификации минералов.

Горные породы земной коры могут быть мономинеральными, т. е. состоять из одного минерала (мрамор, дунит) или полиминеральны- ми, состоящими из нескольких породообразующих минералов (гранит, габбро). Горная порода образуется в своеобразных геологических условиях, которые и определяют ее минералогический состав, форму залегания структуру и текстуру.

По своему происхождению все горные породы разделяют на три большие группы, которые одновременно отражают их генезис и важ- нейшие петрографические особенности.

* магматические, связанные с процессами магматической дея- тельности;
* осадочные, связанные с экзогенными процессами, т. е. процес- сами внешней динамики Земли;
* метаморфические, образующиеся в результате преобразования магматических и осадочных пород.

# Магматические горные породы.

Магматические горные породы образуются в результате остыва- ния и кристаллизации магмы (таблица 2). Магма - это огненно-жидкий расплав-раствор, содержащий различные элементы, их окислы и лету- чие компоненты (фтор, хлор, воду, углекислоту и др.). В процессе кри- сталлизации магмы происходит перераспределение компонентов. Если образующиеся кристаллы удаляются из магматического очага, напри- мер, опускаются в более глубокие горизонты или всплывают в верх- ние, состав магмы будет постепенно меняться и из нее будут кристал- лизоваться различные горные породы. Большую роль при образовании различных по составу горных пород играют процессы ассимиляции- захвата и расплавления магмой пород на контакте с очагом. На конеч- ной стадии кристаллизации магмы остаточные перегретые магматиче- ские расплавы и растворы, обогащенные летучими компонентами по трещинам проникают в окружающие породы и дают начало пегмати- товым, гидротермальным и пневматометовым процессам минералооб- разования. При застывании магмы на большой глубине при медленном падении температуры и давлении происходит полная раскристаллиза- ция интрузивных (глубинных) магматических пород. Гранит, габбро, диорит и др. имеют полнокристаллическую (зернистую) структуру и массивную текстуру. Блок – диаграмма форм залегания магматических тел (по М. Васичу) (рисунок 3).

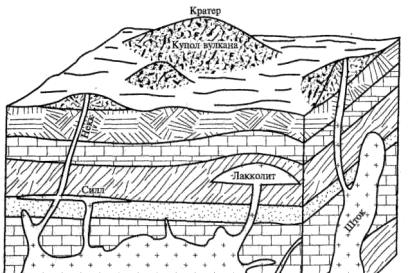


Рисунок 3 - Блок – диаграмма форм залегания магматических

тел (по М. Васичу)

При прорыве магмы по трещинам к поверхности Земли, магма теряет часть летучих соединений, переходит в состояние лавы и при быстрой смене давления и температуры застывает на поверхности или вблизи еѐ, образуя эффузивные (излившиеся) породы: базальты, диаба- зы, порфириты и др. Имеют скрыто-кристаллическую, стекловатую или порфировую структуру и массивную или шлаковую текстуру. Формы залегания: потоки, покровы, конусы и др. (Рисунок 4.)

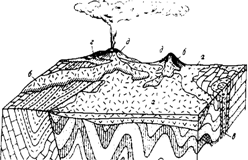


Рисунок 4 - Формы залегания эффузий.

Покровы (а), потоки (б), некки (в), сомма (г), конусы (д), на поверхности и в разрезах.

# Трещиноватость магматических пород

При охлаждении магмы происходит уменьшение ее объема, что вызывает образование трещин в породе.

Этими трещинами масса породы разделяется на отдельности, т. е. на куски или глыбы разнообразной формы. В зависимости от систе- мы расположения трещин наблюдаются плитообразная, параллелепи- педальная, глыбовая, многогранная, столбчатая и шарообразная от- дельности.

*Плитообразная* отдельность образуется при наличии частых го- ризонтальных и весьма редких вертикальных трещин, что позволяет при разработке получать плиты породы крупных размеров.

В том случае, когда порода разбита частыми горизонтальными и вертикальными трещинами, отдельности имеют форму параллелепи- педа.

При неправильной системе трещин получаются *глыбовая* или

*матрацевидная* отдельности. Система трещин, пересекающих породу в нескольких определенных направлениях, приводит к образованию многогранной отдельности.

Трещины могут также разделять породу на многогранные столбы

* столбчатые отдельности - или шарообразные глыбы - шарообраз- ные отдельности.

Трещиноватость может быть:

а) Первичная трещиноватость отдельности образуется в процессе остывания и кристаллизации магмы. Наиболее часто встречаются тре- щиноватости – матрацевидная, столбчатая (базальты), шаровидная (диабазы). Трещины отдельности проявляются при выходе породы на поверхность, при выветривании или взрыве.

б) Вторичная трещиноватость проявляется в виде тектонических трещин в процессе горообразования и выражает направление стресса. Кроме того, к вторичным относят первичные и тектонические трещи- ны, расширенные процессами выветривания.

В зависимости от системы расположения трещин их различают (рисунок 5).

Рисунок 5 - Система трещин и отдельностей изверженных

горных пород

а – плитообразная; б – параллелепипедная; в – глыбовая или матрацевидная; г - столбчатая или шарообразная.

Трещиноватость пород повышает скорости выветривания пород, способствует более глубокому их проникновению, снижает декора- тивные и прочностные характеристики магматических пород и тре- бует исследований свойств не только в отдельных образцах, но и в массиве.

Таблица 2 - Классификации магматических пород

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группы пород | Минералогический состав | Интрузив- ные породы | Эффузивные породы | |
| Кайно-  типные (молодые) | Палеотип-  ные (древние) |
| Ультракис- лые  и кислые SiO2 > 65% | Палевые шпаты (ортоклаз), кварц | Пегматит | Липарит | Кварцевый порфир |
| Полевые пшаты, кварц, слюда | Гранит |
| Средние SiO2 = 52 - 65% | Полевые шпаты (ортоклаз, плагио- клазы), кварц, слюды, роговая об- манка, биотит | Сиенит | Трахит | Ортоклазо- вый Порфир |
| Полевые шпаты (плагиоклаз), рого- вая обманка, авгит, биотит | Диорит | Андезит | Порфирит |
| Основные SiО2 = 45 - 52% | Полевые шпаты, авгит, биотит | Габбро | Базальт | Диабаз |
| Лабрадор | Лабрадорит |
| Ультраос- новные SiО2, < 45% | Авгит | Пироксенит |  | |
| Оливин, авгит | Перидотит |
| Оливин | Дунит |
| Вулкано- генные | Стекло, преимущественно кислого состава | | Обсидиан | |

# Осадочные породы

В образовании осадочных пород (литогенезе) (таблица 3) можно выделить следующие стадии:

* + образование исходного материала при разрушении магматиче- ских, метаморфических или ранее образовавшихся осадочных пород в ходе процессов выветривания, абразии, эрозии, корразии, суффозии и др., а также при извержении вулканов.
  + перенос материала в воде или на суше (транспортирование) в виде растворов, обломков или пыли.
  + накапливание (седименттогенез) в водоемах или на поверхности Земли осадка в виде эоловых форм рельефа, морских, озерных или речных террас, ледниковых морен и др.
  + преобразование осадков в осадочную горную породу (диагенез) при уплотнении, выпадении из растворов и кристаллизации, окисле- ния, гидратации, восстановления в рыхлых осадках.
  + изменение осадочной породы (катагенез) до начала метаморфи- зации или начала выветривания.

При генетической классификации осадочных пород (таблица 3) выделяют группы:

* + обломочные - осадки механического происхождения, ко- торые по размеру обломков разделяют на глубокообломочные, песча- ные, пылеватые и глинистые, рыхлые и сцементированные;
  + химические осадки формируются на дне водоемов в ре- зультате выпадения веществ из истинных водных растворов, а также являются отложениями подземных вод;
  + органогенные осадки образуются за счет накопления продуктов жизнедеятельности организмов морских, реже пресновод- ных беспозвоночных;
  + смешанные осадки - имеют сложный состав и содержат в разных соотношениях обломочный, органогенный и химический мате- риал.

-

Таблица 3 - Классификация осадочных пород

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа пород | Название породы | Главные минералы | Преоблада-  ющие структуры | Преоблада-  ющие текстуры |
| Осадки | Глина, аргил- | Глинистые | Пелитовая | Беспорядоч- |
| механиче- | лит | минералы | ная, слоистая |
| ского | Лесс, алеврит, | Полимине- | Алевритовая | Беспорядоч- |
| проис- | алевролит | ральный | ная, слоистая |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| хождения | Песок, песча- ник | Полимине- ральный | Псаммитовая | Беспорядоч- ная, слоистая |
| Галька, гравий, валуны, ще- бень, дресва, глыбы, кон- гломерат,  брекчия | Полимине- ральный | Псефитовая | Беспорядоч- ная |
| Химиче- ские осад- ки | Известняк | Кальцит | Оолитовая, Пелитовая | Массивная |
| Известковый  туф | Кальцит | Скрытокри-  сталлическая | Пористая |
| Каменная соль | Галит, силь-  вин | Полнокри-  сталлическая | Массивная |
| Гипс | Гипс | Полнокри-  сталлическая | Массивная |
| Ангидрит | Ангидрит | мелко- и  средне кри- сталлическая | Массивная, слоистая |
| Доломит | Доломит | Пелитовая, Тонкозерни-  стая | Массивная, реже слои-  стая |
| Органо- генные осадки | Известняк плотный | Кальцит | Полнокри- сталлическая,  Скрытокри- сталлическая | Массивная, полосчатая |
| Известняк-  ракушечник | Кальцит | Биоморфная | Пористая |
| Мел | Кальцит, примеси гли-  нистых ми- нералов | Пелитовая | Пористая |
| Кремнистые (опока, трепел,  диатомит) | Кварц (опал) | Пелитовая, скрытокри-  сталлическая | Пористая |
| Смешан- ные | Мергель | Кальцит, глинистые  минералы | Пелитовая | Слитная |
| Боксит | Алюмосили- катные мине-  ралы | Псефитовая, оолитовая | Беспорядоч- ная |

# Формы залегания осадочных пород

Осадочные породы залегают в виде слоев, которые образуются в процессе периодического накопления осадков в водной и воздушной сре- де. В составе слоя может быть микрослоистость, отражающая осадкона- копление в различные времена года. Микрослоистость характерна для озерных и речных отложений. В слое горной породы могут быть также тонкие слои других пород. Их называют *прослоями.* Например, в слое песка может быть тонкий прослой глины.

При резком различии слоев по составу, например, слой песка лежит на слое известняка; более или менее постоянной мощности и сравни- тельно большой занимаемой площади слои называют *пластами.* В таких случаях слои (пласты) обычно ограничены с двух сторон четко выраженными поверхностями, которые называют *плоскостями* (поверхно- стями) *напластования,* причем верхнюю плоскость называют — *кровлей,* нижнюю – *ложе или подошва,* а расстояние между ними - *мощностью слоя* (пласта). Наибольшей мощностью пластов обладают морские отложения (до сотен и даже тысяч метров). Континентальные образования четвертич- ной системы, залегающие непосредственно под слоем почвы, имеют, как правило, относительно небольшую мощность (10 - 50 м).

Комплекс слоев, объединенных сходством состава или возраста, или один слой, но значительной мощности, нередко называют *толщей.* Примером могут служить толщи лессовых пород, мощность которых может достигать десятков метров.

Слои образуются в процессе накопления осадков в морях, озерах, долинах рек и т. д. Это обусловливает образование слоев различной фор- мы как по размеру в плане, так и по очертаниям по вертикали. Наибо- лее обычным является *нормальный слой*, для которого характерна срав- нительно большая мощность и протяженность, параллельность кровли подошве. Для континентальных отложений характерны также *линзы* — слои, занимающие малые площади с выклиниванием мощности к краям слоя, и *выклинивающиеся слои,* мощности которых уменьшаются в одну сторону.

Важное практическое значение для инженерной геологии представ- ляет сочетание слоев. При согласном залегании слои лежат параллельно друг другу, чаще всего горизонтально. Такое залегание слоев характерно равнинам. В других случаях за счет тектонических движений земной коры возникает несогласное залегание слоев. Одна группа слоев при этом залегает непараллельно другой группе слоев (рисунок 6).

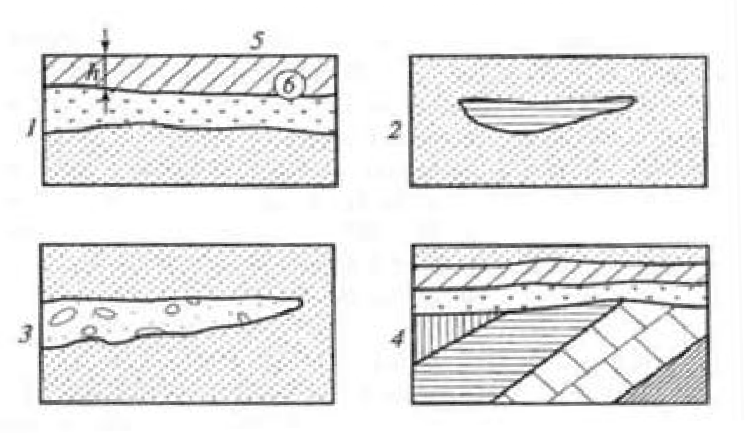


Рисунок 6 - Формы слоев осадочных пород:

1 – нормальное залегание; 2 – линза глины в песке;

3 – выклинивание галечника в песчаной толще; 4 – несогласное залегание грунтов; 5 – поверхность земли (кровли слоя);

6 – подошва (ложе) слоя; h – мощность слоя

Слои, имеющие одинаковые элементы залегания, составляют пачку согласно залегающих пород. Одна пачка слоев относительно другой может залегать несогласно по линии несогласия Несогласие может быть угловое, стратиграфическое, тектоническое и др. видов (рисунок 7).

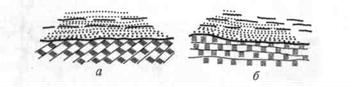


Рисунок 7 - Угловое несогласие (а); перерыв в осадконакоплении (б)

Поверхностная толща литосферы на 75% сложена из осадочных пород, которые чаще всего и являются основанием и средой сооруже- ния. При инженерно-геологической оценке осадочных пород характе- ризуют залегание, минералогический состав, инженерно- геологические (строительные) свойства каждого слоя на всю глубину влияния сооружений.

# Метаморфические горные породы

Попадая в физико-химические условия, отличные от тех, в кото- рых она образовалась, порода начинает приспосабливаться к новым условиям путем изменения минерального состава, структуры и тексту- ры без изменения валового химического состава, либо с его изменени- ем за счет приноса или выноса вещества. Такой процесс называют ме- таморфическим.

Основными факторами, вызывающими метаморфизацию горных пород, являются температура, давление и химические активные веще- ства, растворы и газы. Процессы метаморфизации протекают с сохра- нением твердого состояния системы, без существенного расплавления породы.

Преобразованию (метаморфизму) могут подвергаться любые горные породы - магматические, осадочные и ранее образовавшиеся метаморфические.

В зависимости от преобладающих факторов метаморфизма раз- личают:

- *Региональный метаморфизм* - проявляется на значительных площадях при погружении обширных участков литосферы на глубины, характеризуется высокими давлениями и температурами образуются гнейсы, кварциты, кристаллические сланцы, реже - мрамор и мрамори- зированные известняки.

*- Контактовый метаморфизм -* это процесс изменения горных пород на контакте интрузивных тел с вмещающими породами. Здесь породы подвергаются воздействию высоких температур и химических веществ, входящих в состав магмы. Наиболее распространенными по- родами являются роговики, мрамор.

* *Динамометаморфизм (катакластический)* - проявляется при различных тектонических процессах, обусловливающих возникнове- ние направленного давления. Породы приобретают сланцеватость, подвергаются механическому дроблению. Имеют различную степень сцементированности (брекчии).

Минералогический состав (таблица 4), формы залегания реликто- вые, т. е. унаследованные от исходных пород.

При инженерно – геологической оценке метаморфических пород особое внимание обращают на степень метаморфизации, сланцева- тость и выветрелость.

Таблица 4 – Классификация магматических пород

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип ме-  та- мор физ  ма | Факто- ры ме- тамор- физма | Исход- ный химиче- ский состав | Назва ние поро- ды | Главные минералы | Преоб- ладаю- щие струк- туры | Преоб- ладаю- щие тексту- ры |
| Контактовотермаль- ный | Высо- кая темпе- ратура | Извест- ковый  Алюмо- сили- катный | Мра- мор  Рого- вик | Кальцит  Полевой шпат, кварц,  слюды и др. | Полно- кри- сталли- ческая Скрыто- кри- сталли- ческая | Массив- ная, пятни- стая Массив- ная, пятни- стая |
| Контактовомета- соматический | При- внос веще- ства | Контакт извест- ковых и алюмо- сили- катных пород | Скарн | Пироксен, гранат и др. | Полно- кри- сталли- ческая | Пятни- стая, массив- ная |
| Региональный или динамотермальный | Высо- кая темпе- ратура и дав- ление | Извест- ковый  Кремни- стый  Кремни- стый с приме- сью глино- зема | Мра- мор  Квар- цит  Яшма | Кальцит  Кварц  Кремнезем и глини- стые ми- нералы | Полно- кри- сталли- ческая Кри- сталло- бласто- вая Кри- сталло- бласто- вая | Массив- ная, пятни- стая Массив- ная  Массив- ная и поло- счатая |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Алюмосиликат- ный | Гнейс  Кристалличе- ский сланец Филлит  Глинистый сла- нец | Кварц, полевой шпат, слю- ды  Слюда или тальк, др. минералы  Кварц, слюда  Глинистые минералы | Полно- крстал- личе- ская  Полно- крстал- личе- ская  Полно- крстал- личская кри- сталло- бласто- вая  Кри- сталло- бласто-  вая | Сланце- ватая, очковая  Сланце- ватая  Сланце- ватая  Сланце- ватая |

# Грунтоведение Грунты. Классификация.

*Грунт –* горные породы, почвы, техногенные образования, пред- ставляющие собой многокомпонентную геологическую систему и яв- ляющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека. Грунты могут служить:

* материалом основания зданий и сооружений;
* средой для размещения в них сооружений;
* материалом самого сооружения.

Классификация грунтов отражает их свойства. В настоящее вре- мя грунты, согласно ГОСТ 25100—95, разделяют на следующие клас- сы — природные: скальные, дисперсные, мерзлые и техногенные обра- зования. Каждый класс имеет свои подразделения. Так, грунты скаль- ных, дисперсных и мерзлых классов делятся на группы, подгруппы, типы, виды и разновидности, а техногенные грунты вначале разделя- ются на два подкласса, а далее также на группы, подгруппы, типы, виды и разновидности. Классификация грунтов, согласно ГОСТ

25100—95.

*Скальные грунты.* Их структуры с жесткими кристаллическими связями; например гранит, известняк. Класс включает две группы грунтов: 1) скальные, куда входят три подгруппы пород: магматиче- ские, метаморфические, осадочные сцементированные и хемогенные;

2) полускальные в виде двух подгрупп — магматические излившиеся и осадочные породы типа мергеля и гипса. Деление грунтов этого класса на типы основано на особенностях минерального состава: например, силикатного типа — гнейсы, граниты; карбонатного типа — мрамор, хемогенные известняки. Дальнейшее разделение грунтов на разновид- ности проводится по свойствам: по прочности — гранит — очень прочный, вулканический туф — менее прочный; по растворимости в воде — кварцит — очень водостойкий, известняк — неводостойкий.

*Дисперсные грунты.* В этот класс входят только осадочные гор- ные породы. Класс разделяется на две группы — связных и несвязных грунтов. Для этих грунтов характерны механические и водно- коллоидные структурные связи. Связные грунты делятся на три типа

— минеральные (глинистые образования), органоминеральные (илы, сапропели и др.) и органические (торфы). Несвязные грунты представ- лены песками и крупнообломочными породами (гравий, щебень и др.). В основу разновидностей грунтов положены плотность, засоленность, гранулометрический состав и другие показатели.

*Мерзлые грунты*. Все грунты имеют криогенные структурные связи, т. е. цементом грунтов является лед. В состав класса входят практически все скальные, полускальные и связные грунты, находя- щиеся в условиях отрицательных температур. К этим трем группам добавляется группа ледяных грунтов в виде надземных и подземных льдов. Разновидности мерзлых фунтов основываются по льдистым (криогенным) структурам, засоленности, температурно – прочностным свойствам и др.

*Техногенные грунты*. Эти грунты представляют собой, с одной стороны, природные породы — скальные, дисперсные, мерзлые, кото- рые в каких-либо целях были подвергнуты физическому или физико- химическому воздействию, а с другой стороны, искусственные мине- ральные и органоминеральные образования, сформировавшиеся в про- цессе бытовой и производственной деятельности человека. Последние нередко называют антропогенным образованием.

В приложении к ГОСТу приведены обязательные термины и определения, а также характеристики и разновидности грунтов, уточ- нены ГОСТы методов лабораторных определений, наименований и характеристик грунтов.

# ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

* 1. **Тектонические движения земной коры**

Движения земной коры, в результате которых меняется высотное положение поверхности и слагающих еѐ горных пород, условия и формы залегания, происходит образование новых форм рельефа назы- вают *тектоническим.* Геодезические измерения показывают, что вся поверхность Земли находится в непрерывном тектоническом движе- нии. Эти движения вызываются силами, которые действуют в земной коре и, главным образом, в мантии. Они приводят к деформациям сла- гающих кору пород, трансгрессии и регрессии моря, поднятию одних участков земной коры и опусканию других, рядом с ними расположен- ными.

В земной коре возникают сейсмические явления, образуется складчатость, проявляется магматизм на глубине и вулканизм на по- верхности. Различают тектонику прошлых геологических эпох и со- временную - четвертичного возраста (неотектонику).

Тектонические движения разнообразны по форме проявления, по глубине зарождения, по механизму и причинам возникновения.

Тектонические движения разделяют на вертикальные (радиаль- ные) и горизонтальные (тангенциальные). Они взаимно связаны и пе- реходят один вид в другой.

*Вертикальные,* колебательные движения при проявлении и смене направления приводят к изменению очертания береговых линий, бас- сейнов, озер, меняют направление геологической деятельности, что приводит к затуханию или возобновлению таких экзогенных процес- сов и явлений, как образование террас, подтопление устоев рек, под- болачивание, оврагообразование, нарушение динамического равнове- сия рельефа, накопление мощных толщ четвертичных отложений или их глубокий размыв.

*Тангенциальные* движения приводят к горообразованию, возник- новению складчатых (пликативных) и разрывных (дизъюнктивных) дислокаций, проявлению магматизма, вулканизма и сейсмики.

Горообразовательные процессы происходили весь период фор- мирования литосферы. С ними связаны и дислокации – нарушения первичного залегания слоев. Различают пликативные и дизъюнктив- ные дислокации.

*Пликативные (складчатые) дислокации* - это изменение положе- ния слоя без разрыва его сплошности. Формы пликативных дислока- ций: моноклиналь, флексура, складки (рисунок 8). В зависимости от

положения осей складок различают складки прямые, косые, наклон- ные, лежачие и др.

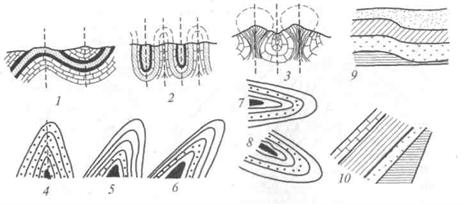


Рисунок 8 - Виды складок:

1 – полная (нормальная); 2 – изоклинная; 3 – сундучная;

4 – прямая; 5 – косая; 6 – наклонная; 7 – лежачая; 8 – опрокинутая;

9 – флексура; 10 – моноклинная;

Элементы складок (рисунок 9).

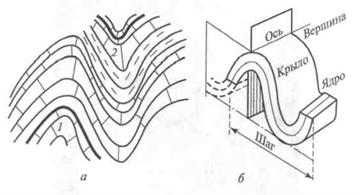


Рисунок 9 - Полная складка (а) и элементы складки (б): 1 – антиклиналь; 2 – синклиналь

*Дизъюнктивные (разрывные) дислокации.* В начале, происходит разрыв слоя, а затем одна часть смещается относительно другой. Ви- ды разрывных дислокаций (рисунок 10).

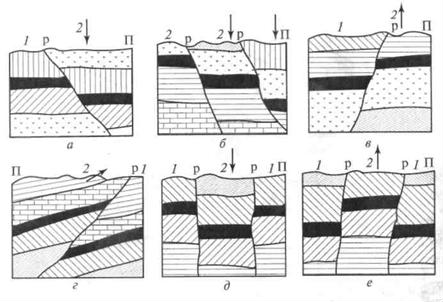


Рисунок 10 - Разрывные дислокации:

а – сброс; б – ступенчатый сброс; в – взброс; г – надвиг; д – грабен; е – горст; 1 – неподвижная часть толщи; 2 – смещенная часть; П – поверхность Земли; р – плоскость разрыва слоев

При и строительстве в районах развития дислокаций следует иметь в виду, что в ядрах складок породы сильно смяты, в сводах - вы- сокая трещиноватость. При моноклинальном залегании в основании могут быть породы разной прочности и сжимаемости. В зонах разломов при разрывных дислокациях породы смяты и со временем по ним про- цессы выветривания проникают на большую глубину, кроме того эти зоны накапливают атмосферные осадки и образуют водоносные гори- зонты.

# Сейсмические явления Землетрясения

Мощное проявление внутренних сил Земли, выраженное колеба- ниями земной поверхности при прохождении сейсмических волн от подземного источника энергии называют землетрясением. Существуют три типа сейсмических волн:

* *Продольные волны.* Они сжимают и растягивают породу, созда- вая в ней напряжение в направлении распространения волн. Они про- ходят со скоростью звука через твердые и жидкие среды.
* *Поперечные волны* - сдвигают частицы вещества в стороны под прямым углом к направлению движения волны со скоростью около 4,5 км/сек. Они распространяются только в твердых средах.
* *Поверхностные волны* имеют период колебания больше, чем волны продольные и поперечные. Их называют волнами тяжести.

Для улавливания и регистрации упругих волн пользуются специ- альными приборами - сейсмографами (рисунок 11)

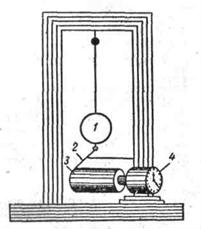


Рисунок 11 - Сейсмограф с вертикальным маятником: 1 – маятник; 2 – пишущий рычаг; 3 – барабан с бумагой;

4 – часы

Очаг зарождения сейсмических волн называют гипоцентром (рисунок 12).

Рисунок 12 - Гипоцентр (Г), эпицентр (Зп) и сейсмические волны: 1 – продольные; 2 – поперечные; 3 – поверхностные

Область Земли, где внезапно, взрывоподобно выделяется потен- циальная энергия, называют *гипоцентром,* а его проекция на поверх- ность Земли - *эпицентром.* Вокруг эпицентра располагается область наибольших разрушений - *плейстосейстовая область* Линии, соеди- няющие пункты с одинаковой интенсивностью колебаний (в баллах) называют *изосейстами* (рисунок 13).

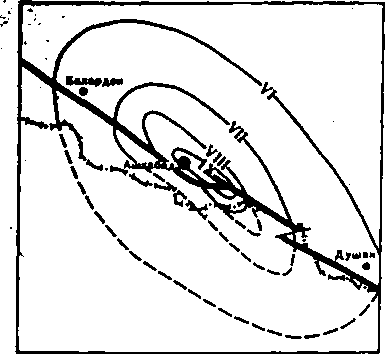


Рисунок 14 - Схема изосейст Ашхабатского землетрясения Горшков (1948 г.).

Расстояние между гипоцентром и эпицентром есть глубина сей- смического очага. По глубине сейсмического очага землетрясения де- лят на поверхностные (до 10 км), нормальные (10-75 км), глубокие (75- 300 км) и очень глубокие (300-700 км).

Гипоцентр может смещаться по глубине при повторении земле- трясений.

Гипоцентр называют центром как точкой землетрясения чисто условно, т. к. это чаще всего разрыв по трещине и в зависимости от энергии разрыва величина и наклон такой трещины разные.

От гипоцентра волны, постепенно затухая, расходятся на рассто- яния до нескольких тысяч километров. Дальность распространения во многом зависит от геологического строения района. В горных обла- стях волны затухают значительно быстрее, чем на равнине. При Ашха- батском землетрясении 1948 г. ударные волны распространились в сто- рону Западно-Сибирской низменности до 2500 км.

Скорость распространения сейсмических волн зависит от упруго- сти и плотности породы. Переходя из более плотной упругой среды в

менее плотную и упругую или наоборот, сейсмические волны испыты- вают отражение и преломление, что записывается на сейсмограмме и позволяет обозначать границы слоев пород разных по составу, плотно- сти, влажности, а затем, используя эталоны, построить геологический разрез.

В зависимости от причин землетрясений их подразделяют на эн- догенные (тектонические), экзогенные (обвальные), вулканические и антропогенные, связанные с деятельностью человека - взрывы, под- земные испытания, аварии на крупных ГЭС и др. Наиболее опасными являются тектонические, т. к. их энергия, выделяемая при землетрясе- нии очень значительна.

Оценка силы землетрясений производится по шкалам магнитуд (М) и бальности (J).

По шкале магнитуд, известной под названием шкалы Рихтера, магнитуда любого землетрясения определяется как десятичный лога- рифм максимальной амплитуды сейсмической волны (выраженной в микронах), записанной стандартным сейсмографом на расстоянии 100 км. от эпицентра.

Известные максимальные значения магнитуд М = 8,5 -9 . Магни- туда - расчетная величина, относительная характеристика сейсмиче- ского очага, используется для оценки общей энергии, выделявшейся в очаге (установлена функциональная зависимость между магнитудой и энергией).

Магнитуда самых больших землетрясений соответствует выделе- нию энергии 1017-1018 Дж.

Интенсивность проявления землетрясений на поверхности земли (сотрясаемость поверхности) определяется по шкалам сейсмической интенсивности и оценивается в условных единицах – баллах. В Рос- сии, как и в большинстве стран мира, используется 12- балльная Меж- дународная сейсмическая шкала MSK – 64.

В учебнике В.П. Ананьева, А.Д. Потапова (2006г.) приведена формула расчета бальности:

*J*  1,5*M*  3,5lg  3

*L*2  *h*2

Бальность (J) является функцией магнитуды (М), глубины очага

(h) и расстояния от рассматриваемой точки до эпицентра (L).

Магнитуда определяется по сейсмограмме. При оценке разруши- тельного воздействия сейсмической волны большое значение имеет угол, под которым она приходит из гипоцентра к поверхности Земли. Результирующая сейсмической волны разлагается на две со- ставляющие - нормальную и горизонтальную (рисунок 14). В эпи-

центре сооружение будет испытывать лишь вертикальные удары. Наибольшие разрушения возникают под действием горизонтальной составляющей сейсмической волны, что следует учитывать при оценке разрушительности землетрясения.

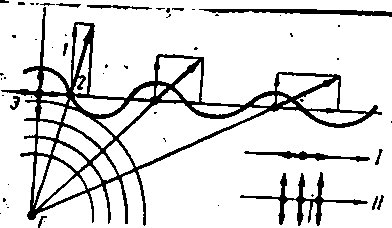


Рисунок 14 - Механизм землетрясения:

Г – гипоцентр; Э – эпицентр; 1 – вертикальная составляющая сейсмиче- ской волны; 2 – горизонтальная составляющая сейсмической волны;

I - колебания частиц при продольных; II – колебания частиц при поперечных волнах.

Для всей территории страны в зависимости от геологического строения и тектоники выделены районы сейсмической опасности раз- ной бальности. Эти районы приурочены к горным системам: Крым, Средняя Азия, Дальний Восток, Камчатка, Сахалин, Монголия и др. На сейсмической карте обозначены области и зоны, для каждой из которых указана возможная потенциальная сейсмическая опасность в баллах от 6 до 9. Она установлена для средних геологических условий, кото- рые могут быть различными. Поэтому на застаиваемых территориях в сейсмически опасных районах вводится микросейсморайонирование. Интенсивность землетрясения в баллах, указанных на карте сейсмиче- ского районирования, в этом случае может быть скорректирована на ± (1-2) балла в зависимости от местных тектонических условий, геомор- фологии, грунтовых и гидрогеологических условий, а также от типа сооружений.

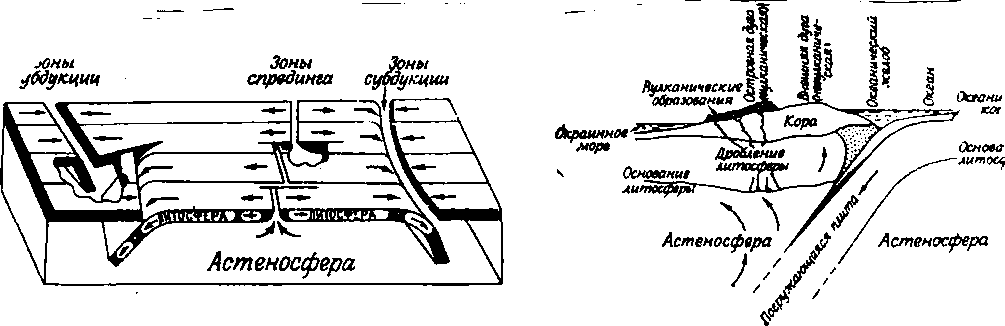
Строительство в сейсмически опасных районах ведется с уче- том требований строительных норм и правил, утвержденных для этих районов. Следует иметь в виду, что при землетрясениях возмож- ны крупные сходы селей, возникновение сейсмических оползней и об-

валов, явления разжижения мелкозернистых и тонкозернистых во- донасыщенных песков, переход их в плывунное состояние.

При возникновении землетрясений на морском дне (моретря- сение) образуются гигантские волны, которые, обрушиваясь на берег, наносят большие разрушения.

# Глобальная тектоника Земли (тектоника плит)

Научно-обоснованных предположений (тектонические гипоте- зы) о причинах движения и деформации земной коры, создающие ее структуры, существует довольно много. Однако вопросы о причинах тектонических деформаций до сих пор нельзя считать окончательно решенными. Наибольшей популярностью пользуется гипотеза «новой глобальной тектоники», предложенная в 60-70-е годы 20 века X. Хес- сом, Р. Дидом и др. «Новая глобальная тектоника» предполагает суще- ствование подкорковых конвекционных течений и опирается на дан- ные палеомагнетизма и результаты бурения морского дна. Согласно

«новой глобальной тектоники», сравнительно «хрупкая» литосфера, подстилаемая пластичной астеносферой, разделена на жесткие плиты, отделенные друг от друга тектоническими разрывами. Плиты включают материки и части океанов и испытывают относительно друг друга раздвиг (спрединг) с образованием рифтовых зон, а затем океанов; *подвиг* (субдукция) с погружением одной плиты под другую (рисунок 15,16) или образуются трансформные разломы. Это дли- тельно действующие правосторонние или левосторонние сдвиги. В процессе созидания или разрушения коры не участвуют. Здесь пре- обладают сдвиговые и разрывные дислокации. В нашей стране во- просы «новой глобальной тектоники» разрабатывали академики В. Е. Хайн, П. И. Кропоткин, А. В. Пейве и др.

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 15 - Блок диаграмма, по- казывающая динамику зарожде-  ния (спрединга) и поглощения (субдукции) литосферы | Рисунок 16 - Схема субдукции океанического дна |

В настоящее время в верхней оболочке Земли выделяют семь крупных плит: Тихоокеанская, Евразийская, Индо-австралийская, Антарктиче- ская, Африканская, Северо- и южноамериканская (рисунок 17). В пре- делах крупных плит выделяют средние и мелкие плиты или блоки. Все плиты перемещаются друг относительно друга, поэтому их границы чѐтко маркируются зонами повышенной сейсмичности.

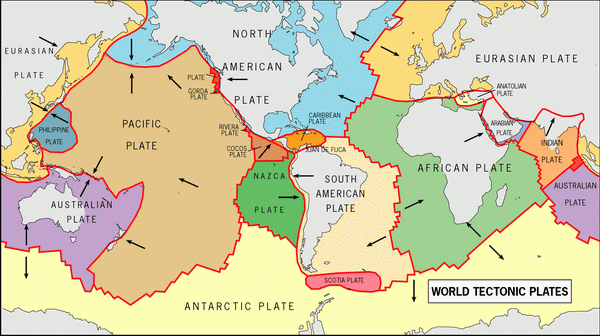


Рисунок 17 - Схема плит

# ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ

* 1. **Подземные воды**

Вода в природе имеет широкое распространение. Она содержится в атмосфере, гидросфере и биосфере.

Горные породы по своему происхождению и вследствие вторич- ных процессов (выветривания, выщелачивания, тектонические подви- жек и др.) не являются монолитными, а содержат в себе поры, пустоты и трещины самых различных форм и размеров. Это облегчает инфиль- трацию атмосферных осадков и конденсацию паров воды в коре вы- ветривания, способствуя образованию в ней водоносных горизонтов. Воды могут стекать по уклону кровли водоупорных плотных невывет- релых или слабо затронутых выветриванием пород. Воды, нахо- дящиеся в верхней части литосферы называют подземными. Подзем- ные воды играют большую роль в жизни и хозяйственной деятельно- сти человека.

Для строителей подземные воды служат либо источником водо- снабжения, или выступают как фактор, затрудняющий строительство.

Особенно сложно производство земляных и горных работ в условиях притока подземных вод, затапливающих котлованы, карьеры, и другие виды выработок. Появление подземных вод в рыхлых породах ведѐт к ухудшению их физико-механических свойств. В глинистых породах насыщение водой, как правило, приводит к текучести, а в песчаных - к плывучести. В известняках, гипсах, каменной соли подземные воды вызывают растворение вещества с образованием крупных пустот.

Виды воды в зависимости от того, в каком состоянии в грунтах находится вода, она классифицируется следующим образом: парооб- разная; связанная — прочносвязанная (гигроскопическая), рыхлосвя- занная; свободная — капиллярная, гравитационная; в твердом состоя- нии (лед); кристаллизационная и химически связанная

*Парообразная вода.* Наряду с другими компонентами в состав грунтовой атмосферы входит водяной пар. Обычно количество водя- ного пара в грунтах не превышает тысячных долей процента от общего веса грунта. Однако водяной пар играет большую роль в процессах, протекающих в грунтах, в силу того что может свободно передвигать- ся в грунте при незначительной его влажности (что отличает его от всех других видов воды в грунтах), а также потому, что при конденса- ции пара на поверхности грунтовых частиц образуются другие виды воды.

Парообразная вода в грунте находится в постоянном динами- ческом равновесии с другими видами воды, например, с гигро- скопической и с водяным паром в атмосфере. Парообразная вода спо- собна при определенных условиях конденсироваться.

Возможность образования из парообразной воды других видов связана со способностью и интенсивностью адсорбции парообразной воды минеральными частицами.

Интенсивность адсорбции определяется различными факторами, в частности, она зависит от относительной упругости водяного пара. С ростом упругости количество адсорбируемой влаги возрастает. Около 50 % конденсационной воды адсорбируется поверхностью грунтовых частиц, а оставшаяся часть конденсируется в микропорах грунта, где она переходит в связанную воду.

Особенностью адсорбции водяного пара на поверхности грунто- вых частиц является то, что помимо отдельных молекул формируются комплексы молекул водяного пара, а это сказывается как на количе- стве адсорбированной влаги, так и на интенсивности ее взаимообмена с грунтовой атмосферой и с атмосферой вообще.

Подвижность парообразной влаги в определенных условиях вли- яет на свойства грунтов, особенно глинистых, лессовых, где она воз-

действует на их естественную влажность.

*Связанная вода.* Еще в начале нашего века специалистами, изу- чавшими поведение почв и грунтов, установлено, что минеральные частицы в них окружены рядом концентрических слоев воды. Слои воды удерживаются частицами с различной силой в зависимости от того, насколько данный слой воды близок к минеральной частице: чем ближе, тем прочнее он с ней связан.

Современные исследования подтвердили изложенные предпо- ложения, и было установлено, что связь между пленками воды и мине- ральными частицами обусловлена молекулярными силами. Связанная вода составляет более 40 % всей воды, содержащейся в глинистых по- родах. Присутствие различных категорий связанной воды в грунтах любого состава резко изменяет их состояние и свойства.

По своим характеристикам связанная вода существенно отли- чается от свободной воды (в частности, от той, которую мы знаем в обыденной жизни). Средняя плотность ее лежит в диапазоне 1,20— 1,40 г/см3. Здесь небезынтересно отметить, что существующими спо- собами, например механическими, удается лишь уплотнить воду на доли процента, и обычно во всех расчетах в диапазоне нагрузок, воз- никающих в строительной практике, вода принимается как практиче- ски несжимаемая жидкость. Связанная вода перемещается в грунтах в сторону падения электрического потенциала, увеличения дисперсно- сти грунта, большего содержания глинистых минералов, в сторону падения температур грунта. Связанная вода замерзает при температу- ре, близкой к - 4 0С.

Связанную воду принято подразделять на прочносвязанную и рыхлосвязанную.

*Прочносвязанная вода.* Максимальное количество прочносвязан- ной воды в грунтах примерно соответствует максимальной гигроско- пичности, т. е. той влажности грунта, которая образуется при адсорб- ции грунтовыми частицами парообразной влаги при относительной ее упругости, равной 100 %.

Сама прочносвязанная вода имеет несколько разновидностей, каждая из которых существенно влияет на свойства пород; например, так называемая вода базальных поверхностей глинистых минералов (поверхности, перпендикулярные ребрам и сколам их кристаллической решетки) образует вокруг глинистых частиц сплошные пленки воды, вследствие этого величина связи между отдельными частицами уменьшается, что ведет к снижению прочности глинистых грунтов. При полном содержании всех видов прочносвязанной воды, т. е. при влажности, близкой к максимальной гигроскопичности, указанная по-

теря прочности глинистыми грунтами весьма значительна.

Содержание прочносвязанной воды в дисперсных грунтах опре- деляется их минералогическим составом, дисперсностью, степенью однородности, формой и характером поверхности минеральных ча- стиц, а также составом обменных катионов в них.

В зависимости от комплекса факторов содержание прочносвя- занной воды лежит в пределах 0,2 - 30 % (в монтмориллонитовых гли- нах содержание этой воды доходит до 20%, а в каолинитовых - всего около 1 %).

*Рыхлосвязанная вода* по своим свойствам существенно отлича- ется от прочносвязанной, например, имеет плотность, близкую к плот- ности свободной воды. Остановимся на этой разновидности воды не- сколько подробнее. Рыхлосвязанная вода подразделяется на пленоч- ную и осмотическую. *Пленочная* влага как бы облекает собой прочно- связанную и удерживается молекулярными силами в значительно меньшей степени, хотя природа ее взаимодействия с частицами весьма близка к поведению прочносвязанной влаги, но она подвижнее и ди- поли молекул воды в водной оболочке сориентированы относительно частицы грунта в значительной мере хуже. Суммарное содержание всех видов прочносвязанной и пленочной воды составляет влажность, которая называется максимальной молекулярной влагоемкостью грун- тов Wм.м.в*.* Величина максимальной молекулярной влагоемкости пока- зывает, какое количество связанной воды содержится в грунте под воздействием поверхностных сил притяжения грунтовых частиц. Мак- симальная молекулярная влагоемкость у песка в среднем около 1 - 2 %, а в монтмориллонитовых глинах может достигать почти 135 %.

*Осмотическая* вода образуется в результате проникновения мо- лекул воды из грунтовых растворов. Этот вид воды весьма слабо свя- зан с поверхностью грунтовых частиц, подвижность ее весьма близка к подвижности свободной воды и по структуре и свойствам практически от нее не отличается.

Наличие в грунтах осмотической влаги обусловливает, особенно в глинистых грунтах, их пластичность во вполне определенных для различных грунтов диапазонах влажности.

*Свободная вода.* Рассмотрим сначала капиллярную влагу.

*Капиллярную воду* подразделяют на три вида: 1) вода углов пор;

1. подвешенная вода; 3) собственно капиллярная вода.

Первый вид воды *(вода углов пор, или стыковая вода)* иногда называют капиллярно-разобщенной водой или капиллярно- неподвижным состоянием свободной грунтовой воды. Этими назва- ниями вполне четко характеризуется данный вид воды. Вода углов пор

обычно образуется в местах соприкосновения - на контактах частиц - в виде отдельных капель, занимающих суженные части пор и ограни- ченных менисками воды. Содержание этого вида воды, например в песках, составляет 3 - 5 %, в супесях - 4 - 7 %. С ростом дисперсности количество воды до определенного предела растет.

При увеличении влажности грунта капиллярные поры могут быть полностью заполнены водой, в этом случае капиллярную воду подраз- деляют на собственно капиллярную и подвешенную воду (в зависимо- сти от того, соединяется она с уровнем грунтовых вод или нет.)

*Собственно капиллярная* вода формируется за счет поднятия во- ды вверх от уровня грунтовых вод, образуя под грунтовыми водами в массиве грунта капиллярную кайму. Мощность капиллярной каймы определяется высотой капиллярного поднятия *Нк.* Капиллярное подня- тие зависит от ряда факторов, например, степени дисперсности, неод- нородности грунта, его минералогического состава, формы и характера поверхности грунтовых частиц, плотности и пористости грунта (например, в песках она равна в среднем 50 см, а в супесях и других глинистых грунтах доходит до 2 - 3 м).

При уменьшении капиллярной воды в связи с высыханием грунта наблюдается ее восстановление благодаря подъему по капиллярным порам новых порций воды из водоносных горизонтов, подобно тому, как это происходит в капиллярной трубке, опущенной одним концом в воду.

Влажность грунта, у которого все капиллярные поры заполнены водой, называют *капиллярной влагоемкостью,* которая зависит от тех же факторов, что и высота капиллярного поднятия, а также такой спе- цифической характеристики, как капиллярная пористость.

При промачивании грунтов сверху, например, при атмосферных осадках, при возведении грунтовых плотин гидромеханизацией или отсыпкой, при увлажнении и укатке грунта, а также в других случаях, возникающих в строительной практике, в грунтах образуется *подве- шенная вода.* Наиболее часто формирование ее происходит в песках, как в однородных, так и слоистых их толщах. Образование подвешен- ной воды зависит от гранулометрического состава песка и его исход- ной влажности.

Наибольшее количество подвешенной влаги, которое может удерживаться грунтом, называют *наименьшей влагоемкостью* или *во- доудерживающей способностью* грунта. Вся влага, которая поступает в грунт сверх величины наименьшей влагоемкости, стекает по порам в нижележащие слои массива или слоистой толщи грунта.

Капиллярная вода, подобно гравитационной воде, передает гид-

ростатическое давление, по другим свойствам она имеет как сходства, так и различия, например, температура замерзания у нее, как и у свя- занной воды, может быть значительно ниже нуля.

Эта вода способна передвигаться за счет разности температур (от холода к теплу), растворять и переносить соли; при испарении воды эти соли кристаллизуются и этим разрушают структуру грунтов и строительных материалов, например в дорожных одеждах.

Переходим к рассмотрению *гравитационной воды,* которую по- дразделяют на: 1) просачивающуюся и 2) воду грунтового потока.

Первый вид воды преимущественно располагается в зоне аэрации (зона аэрации это часть грунтового массива, располагающегося между поверхностью земли и поверхностью грунтовых вод; в этой зоне грунт находится в трехфазном состоянии: минеральные частицы—воздух— вода) и перемещается под действием гравитационной силы сверху вниз. Это движение продолжается до тех пор, пока вода не встретит на своем пути слой грунта, обладающий малой водопроницаемостью,— фактически водонепроницаемый, водоупорный горизонт. После этого дальнейшее движение воды происходит под влиянием напора в виде потока грунтовых вод. Слой грунта, в котором движется вода грунто- вого потока, называют *водоносным горизонтом.*

В различных по степени дисперсности и неоднородности грунтах количество гравитационной воды может быть различным: так, в круп- нообломочных грунтах (гравий, галечник) и в крупнозернистых песках гравитационная вода преобладает над другими видами воды.

Максимально возможное содержание в грунте связанной, ка- пиллярной и гравитационной воды при полном заполнении его пор называют *полной влагоемкостью грунта.*

Гравитационная вода обладает всеми свойствами обычной воды. Она содержит в себе растворенные соли и газы, а также вещества в коллоидальном состоянии. Общая минерализация лежит в пределах от нескольких сот миллиграммов до нескольких сот граммов на литр, к примеру, соленость морской воды равна 35 г/л.

Минерализация подземных вод увеличивается с глубиной. Рас- творенные в воде соли находятся в подвижном равновесии с твердой составляющей грунтов и взаимодействуют с ней.

Гравитационная вода практически всегда находится в движении. Проблемами динамики подземных вод и влиянием их на строительные свойства массивов и слоистых толщ грунтов занимается *гидрогеология.* Движущаяся вода способна к растворению горных пород, выносу из них частиц, т. е. к изменению структуры и состава грунтов, к образо- ванию и активизации геологических процессов.

***Вода в твердом состоянии.*** При температурах ниже нуля грави- тационная вода замерзает и содержится в грунте в виде льда. Лед мо- жет формировать в грунте как прослои различной, иногда зна- чительной мощности, так и рассеянные в его толще отдельные кри- сталлы. Кристаллический лед в большинстве случаев играет роль при- родного цемента, скрепляющего минеральные частицы друг с другом. Присутствие льда резко изменяет свойства грунта.

Свойства мерзлых рыхлых грунтов зависят от изменений тем- пературы, особенно при колебаниях ее около 0 °С, так как вблизи этой границы резко меняется количество в грунте незамерзшей воды. Соот- ношение содержания незамерзшей воды и льда в грунте влияет на из- менение большей части физических и химических свойств дисперсных мерзлых грунтов.

Резкое изменение строения грунтов происходит при миграции влаги и льдовыделении в процессе промерзания дисперсных, особенно глинистых, грунтов. Эти изменения влекут за собой естественное из- менение физических и механических свойств грунтов. Следует иметь в виду, что повторное замерзание и оттаивание дисперсных пород при- водят к необратимым изменениям структуры (и в том числе степени дисперсности) и свойств этих пород, так, например, увеличивается количество свободной воды, возрастает фильтрационная способность, изменяются прочность, электрические и другие свойства.

Влажные песчаные грунты при промерзании резко изменяют свои свойства уже при близких к нулю отрицательных температурах; глинистые же грунты при замерзании изменяют свои свойства более плавно, монотонно и в более значительном диапазоне отрицательных температур. Неразрушенные скальные породы при промерзании изме- няют свои физические и механические свойства в наименьшей мере. Изучением свойств мерзлых грунтов занимается мерзлотоведение. Мерзлые грунты распространены в России широко, поэтому в строи- тельстве их используют очень часто. Кроме того, значительные терри- тории страны относятся к климатическим зонам, где грунты испыты- вают постоянное (ежегодное) сезонное промерзание — оттаивание.

***Кристаллизационная и химически связанная вода.*** Кристаллиза- ционная и химически связанная вода, часто называемая консти- туционной, участвует в формировании кристаллических решеток раз- личных минералов. Так, вода входит в состав таких минералов, как гипс (CaS04 · 2Н20) и ряда других. *Кристаллизационная вода,* участвуя в построении кристаллической решетки минералов, сохраняет свою молекулярную форму.

*Химически связанная вода* входит в состав таких соединений, как,

например, лимонит (Fe203 · *n*Н20). Эта вода не сохраняет своего моле- кулярного единства, однако более прочно, по сравнению с кристалли- зационной, связана с другими молекулами кристаллических решеток.

Для того чтобы удалить химически связанную воду из минерала, его нужно нагреть примерно до 200 °С, а это может привести к распа- ду (разрушению) минерала.

В химически связанной воде, в отличие от кристаллизационной, в некоторых случаях ион водорода может замещаться ионом металла (Са, Mg, Na, К, Fe).

Химически связанная и кристаллизационная вода или одна из них присутствуют во вторичных минералах. Среди первичных минералов значительное количество безводных. Поэтому в глинистых грунтах вода, входящая в кристаллические решетки минералов, играет более значительную роль, чем в песчаных.

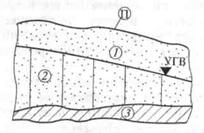
Изучением происхождения подземных вод, движения, состава и их свойств занимается наука – гидрогеология.

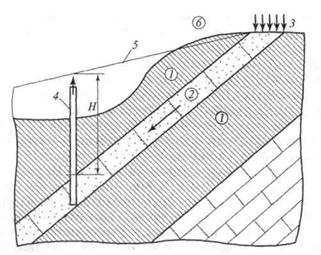
Подземные воды классифицируются по гидравлическим признакам, по температуре, по химическому составу и т.д.

По гидравлическому признаку делятся на: ненапорные, напорные.

* 1. Не напорные воды:
* Грунтовые воды - над первым от поверхности водоупором; различают: зону аэрации, зону насыщения, кона капиллярного под- нятия (кайма) (рисунок 18).
* Верховодка – накапливается в зоне аэрации над ограничен- ными по площади водоупорами; носит сезонный характер и непосто- янный химический состав;
* Межпластовые воды - залегают между двумя водоупорами, питание идет в местах выклинивания верхнего водоупора или его раз- мыва.
  1. Напорные воды. Условия залегания - наличие водоносного горизонта между двумя водоупорами при пликативных дислокациях

– моноклинального или антиклинального залегания слоев, когда об- ласти питания по абсолютным отметкам выше областей дренирования (рисунок 19, 20).



Рисунок 19 - Артезианская вода при моноклинальном залегании слоев:

1. – водоупоры; 2 – водоносный слой; 3 – область питания водой; 4 – буровая скважина; 5 – пье- зометрический уровень;

6 – поверхность земли;

Н – высота (величина) напора воды

По температуре:

* + холодные t ‹ 200С
  + теплые t 200 – 400С
  + горячие t › 400С

Рисунок 18 - Грунтовая вода: 1 – уровень грунто- вых вод (УГВ); 2 – мощ- ность рунтовой воды; 3 – ложе (водоупор); П – по- верхность земли

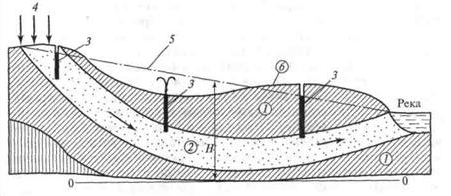


Рисунок 20 - Артезианский бассейн (в условиях синклинального залегания слоев пород):

1 – водоупор; 2 – водонапорный слой; 3 – буровые скважины; 4 – область питания водой; 5 – пьезометрический уровень; 6 – поверх-

ность земли; Н – высота (величина) напора воды

При строительстве фундаментов и подземных сооружений в зоне влияния подземных вод последние анализируются на предмет их агрессивного воздействия на конструкции. Виды агрессии: общекис- лотная, углекислая, сульфатная, магнезиальная, выщелачивающая. Расчеты проводят по нормативным документам. В зависимости от ви- да агрессивности грунтовых вод принимаются мероприятия по защите конструкций.

Возраст грунтовых вод определяется по возрасту вмещающих пород. Например, юрские, четвертичные и др.

Свободную поверхность грунтовых вод называют зеркалом или уровнем грунтовых вод. По условиям своего залегания эти воды могут образовывать потоки, озѐра или бассейны. Территория, на которой воды просачиваются в горные породы, называется областью питания. Площадь, в пределах которой они залегают, называют областью рас- пространения. Местность, где грунтовые воды выходят на поверх- ность, называют областью дренажа. Поверхностные слои горных по- род, не содержащие свободную воду, называют зоной аэрации.

Уровень грунтовых вод не остаѐтся постоянным. Его колебания зависят от времени года, количества выпадающих осадков, расположе- ния участка относительно поверхностных водоѐмов или постоянных водотоков. Кроме того, как показал опыт строительства во многих го- родах, уровень грунтовых вод значительно повышается в результате инфильтрации промышленных и питьевых вод при эксплуатации ин- женерных водоводов.

Знание режима, направления движения и скорости движения по-

тока грунтовых вод имеет важное значение для строительства.

Например, по результатам изысканий, выполненных в засушли- вое время года, будет дано заключение о глубоком залегании грунто- вых вод. Однако при таянии снегового покрова или в дождливый сезон уровень грунтовых вод резко повысится и может вызвать затруднения не только в период строительства, но и при эксплуатации сооружения. При утечке неочищенных сточных вод происходит загрязнение грун- тового потока и очень важно, чтобы эти воды не проникали в санитар- ные зоны и области питания водозаборных скважин.

# Гидрогеологические карты и динамика подземных вод

Для оценки гидрогеологических условий местности, выявления возможностей водоснабжения, устройства полей фильтрации, ороше- ния или осушения территории, а также борьбы с карстовыми прова- лами и оползнями составляются гидрогеологические карты.

Из всех видов специальных гидрогеологических карт наиболь- ший интерес и практическое значение для инженерных целей имеют карты гидроизогипс.

При отсутствии карты гидроизогипс для решения гидрогеоло- гических задач, определения направления движения грунтовых вод и анализа гидрогеологических условий применяют метод скважин. За- меры уровня грунтовых вод делают обязательно в одно и то же время во всех трѐх скважинах. Скважины располагают по углам треугольни- ка, длина сторон которого обычно от 50 до 300 м.

Гидроизогипсы – это линии, соединяющие одинаковые уровни ненапорных подземных вод. Направление потока определяется как кратчайшее расстояние между двумя гидроизогипсами в любом месте площадки. Поток направлен от большей гидроизогипсы к меньшей. В зависимости от положения линий токов различают потоки плоские (а)

– линии токов параллельны между собой, радиальные (б,в) – линии токов расходятся (расходящиеся) или сходятся (сходящиеся), криво- линейные (г). При наличии нескольких видов потоков в одном, его называют сложным (рисунок 21).

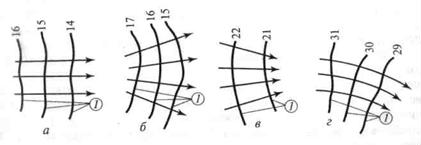


Рисунок 21 - Формы потоков грунтовых вод: а – плоский; б – радиальный расходящийся;

в – радиальный сходящийся; г - криволинейный

# Виды водозаборов

Водозаборы могут быть *совершенными,* когда скважиной или ко- лодцем пройден весь водоносный слой и приток воды идет со стенок на всю мощность водоносного слоя и *несовершенным,* когда водоносный слой полностью не вскрыт, а приток воды идет со дна колодца и со стенок на вскрытую мощность (рисунок 22).

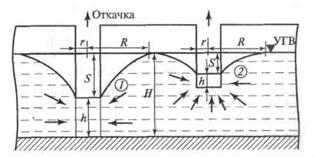


Рисунок 22 - Водозаборные колодцы совершенного (1) и несовершенного (2) видов

Движение подземных вод в порах и трещинах в зоне аэрации происходит при неполном заполнении пор водой и называется *ин- фильтрацией.* В зоне насыщения движения подземных вод проис- ходит при полном заполнении пор водой, называется *фильтрацией* и подчиняется закону Дарси.

Q=k J w; где Q – расход воды в м3/сутки;

w – поперечное сечение водоносного пласта, м2;

k – коэффициент фильтрации, характеризующий водопроницае- мость породы, м/сутки;

J – напорный коэффициент – потеря напора на единицу длины пути, величина безразмерная.

# ПРОЦЕССЫ ВНЕШНЕЙ ДИНАМИКИ ЗЕМЛИ

* 1. **Процессы и явления**

*Экзогенные* процессы (процессы внешней динамики Земли) явля- ются результатом геологической деятельности ветра, льда, моря, теку- чих вод. Их главная движущая сила – энергия солнца, процессы грави- тации и магнетизма, взаимодействие геосфер.

Экзогенные процессы, возникающие и развивающиеся в ре- зультате хозяйственной или строительной деятельности человека, называют *инженерно-геологическими.*

Таблица 5 - Группы геологических процессов и виды явлений (по В. Д. Ломтадзе)

|  |  |
| --- | --- |
| **Процессы** | **Явления** |
| Деятельность поверх- ностных вод (морей, озер, водохранилищ, рек и временных потоков) | Подмыв и разрушение берегов морей, озер и водохранилищ. Подмыв и разрушение реч- ных берегов. Размыв склонов - овражно- балочные явления |
| Паводки на горных реках | Сели |
| Деятельность поверх- ностных и подземных вод | Заболоченные территории, карст, плывуны, суффозионные явления |
| Действия гравитацион- ных сил | Оползни, обвалы |
| Деятельность ветра | Развевание и навевание |
| Промерзание и оттаива-  ние горных пород | Термокарст, морозные пучения, наледи |
| Действие внутренних сил в горных породах | Сейсмические явления, дислокации |
| Инженерная деятель- ность человека | Разрушение и уничтожение полезных пло- щадей при разработке месторождений твер- дых полезных ископаемых. Оседание по- верхности земли при значительных откачках подземных вод, нефти и газа. Затопление и подтопление территорий. Вторичное засоле- ние горных пород при орошении террито- |

# Процессы выветривания

Под выветриванием понимают разрушение горных пород под влиянием колебания температуры, кислорода, углекислоты находя- щихся в воздухе и в воде, а также различных органических веществ, образующихся при жизни растений или при их отмирании и разложе- нии.

Наиболее активно выветривание протекает вблизи поверхности Земли, где горные породы находятся под непосредственным воздей- ствием инсоляции атмосферы, гидросферы и биосферы.

Различают типы выветривания: физическое, химическое, органо- генное. *Физическое выветривание* вызывает разрушение, дробление горных пород на отдельные угловатые обломки разной величины. В вертикальном разрезе выделяют несколько подзон выветрелого мате- риала, отличающегося друг от друга разной степенью дробления горных пород (рисунок 23). Непосредственно над невыветрелой гор- ной породой располагается грубообломочная, или глыбовая подзона, которая сверху сменяется мелкообломочной, или щебеночной подзо- ной, а выше располагается зона более мелкого и тонкого дробления (рисунок 23).

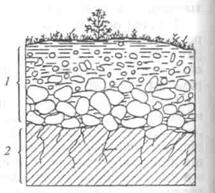


Рисунок 23 - Схема выветривание грунтовых горных пород: 1 – кора выветривания; 2 – коренная порода (порода, не тронутая выветриванием)

Физический тип выветривания характерен для высокогорных областей и районов с резко континентальным климатом.

*Химическое и органическое выветривание.* В этих случаях элементы породообразующих минералов вступают в реакции с эле- ментами окружающей среды и в результате реакции окисления, гид- ратации, растворения и гидролиза образуются вторичные минераль- ные образования, более устойчивые в новой среде.

В природе все виды выветривания почти всегда идут одновре-

менно с преобладанием того или иного типа, в зависимости от геологи- ческих, географических и климатических условий.

Разрушенный материал частично уносится водными и воздуш- ными потоками, а оставшуюся на месте разрушения породу называют *элювием.* Нижняя граница элювия обычно не повторяет дневную по- верхность. Образуются выступы выветрелой породы вглубь свежей породы в виде воронок, языков и клиньев. Наблюдаются на участках смены пород разной устойчивости или трещиноватости. Выступы выветрелости, направленные вниз называют карманами. В результате выветривания пород со временем на поверхности массива накаплива- ются мощные толщи элювиальных пород, которые образуют *кору вы- ветривания.*

Процессы выветривания активно развиваются в открытых строи- тельных котлованах, траншеях, при долгострое. Выветриванию подвер- гаются и строительные конструкции, которые покрывают защитными плѐнками и растворами.

# Геологическая деятельность ветра

Одним из рельефообразующих факторов суши является ветер. Особенно интенсивно его деятельность проявляется в пустынях и по- лупустынях, занимающих около 20% поверхности континентов. Этому способствуют резкие суточные колебания температуры, вызывающие активные процессы физического выветривания, испарения, во многом превышающие количество выпадающих атмосферных осадков, в от- сутствии или разреженности растительного покрова. Кроме того, ак- тивная работа ветра проявляется в непокрытых побережьях морей и некоторых крупных рек. Все процессы, обусловленные деятельностью ветра, называются *эоловыми.* Эоловыми называются и континенталь- ные отложения, возникающие при ветровой аккумуляции и соответ- ственные формы рельефа: барханы, дюны, бугры и др. Ветер - это дви- жение воздуха в атмосфере, почти параллельное земной поверхности. Возникает ветер в следствии неравномерного горизонтального распре- деления давления, которое, в свою очередь обусловлено неравенством температур в атмосфере, ветер характеризуется скоростью и на- правлением.

Деятельность ветра состоит из процессов *дефляции* (выдува- ние и развевание), *корразии* (обтачивание), *переноса и аккумуляции* (накапливание). Это сложный единый процесс. Можно говорить лишь о том, что в одних местах преобладают одни виды деятельности вет- ра, в других - иные.

*Дефляция* - возникает в результате воздействия механической силы ветра. От породы выдуваются, т.е. отрываются и уносятся части- цы. Наиболее ярко этот процесс проявляется в районах, сложенных рыхлыми и мягкими породами. Ветер выдувает котлованы, борозды и траншеи в солончаках, пылеватых суглинках, песках, в пахотном слое. Выдувание или дефляция значительно усиливается после нарушения дернового покрова, вырубки кустарников и деревьев. Ме- ханическая сила ветра создает ветровую нагрузку на здания и со- оружения, что необходимо учитывать при проектировании и строи- тельстве.

*Корразия* - перенося песок и постоянно ударяя песчинками о скальные выступы, ветер обтачивает, истирает их, высверливает раз- личные отверстия. Наибольшее количество песка, гонимого ветром, наблюдается в нижних, приземных слоях воздушного потока именно здесь и происходит максимальная *корразия.* Сильные и ча- стые удары песка подтачивают скалы в основании. В результате кор- разии и дефляции возникают скалы - останцы, нередко встречаются грибообразные формы. В неоднородных породах состоящих из минералов различной стойкости под ударами песчинок, получающих вращательное движение, высверливаются небольшие отверстия – ячеи. Так возникают ячеистые скальные поверхности. Размеры переносимых ветром обломков зависят от скорости ветра. Так при скорости 10 м/сек диаметр переносимых частиц до 1мм., а при ско- рости 20 м/сек уже 4 – 5 мм. и одновременно идет перебрасывание частиц диаметром до 2 – 3 см. Расстояние, на которое переносится песчаный материал, зависит не только от скорости ветра, но и от силы восходящих потоков воздуха.

Одновременно с дефляцией и переносом частиц ветром происхо- дит и аккумуляция, в результате которой образуются особые типы континентальных эоловых отложений.

Песчаные эоловые отложения обычно распространены в непо- средственной близости от областей дефляции на более далекое рассто- яние переносятся ветром пылеватые частицы, которые при накаплива- нии образуют эоловые лессы.

Эоловые пески хорошо окатаны, отсортированы (до 80-90% диаметр песчинок 0,25 - 0,05мм), в составе преобладают кварц и дру- гие устойчивые минералы. В пустынях и полупустынях эоловые отло- жения представлены главным образом *барханами* (рисунок 24)*.* Это подвижная песчаная форма рельефа, поперечная к направлению ветра. Образуется у небольших препятствий затем возрастает за счет прине- сенного песчаного материала. Бархан представляет собой асимметрич-

ный холм высотой от 1 – 10м., до 150м (в поперечнике до 250м.) с полным подветренным склоном и осыпающимся подветренным скло- ном, образующим острый гребень на стыке. Крутизна склона от 28° до 38о.

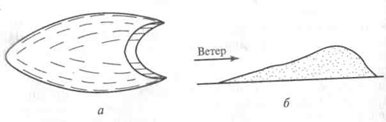


Рисунок 24 - Бархан:

а – план; б – продольный разрез

*Дюны* - это песчаные холмы, возникающие в результате деятель- ности ветра на песчаных берегах морей, рек, озер. Дюны движутся по господствующему направлению ветра в сторону суши. Формируются из песчаного материала, доставляемого деятельностью воды на побе- режье, морей, озер, рек. На берегах морей и озер вещественный состав дюн более однообразен, тогда как на речных берегах он зависит от пород, слагающих водосборные площади.

Дюны образуются на разных широтах независимо от климатиче- ских условий. Высота дюн от 15 до 30м., иногда до 75 – 100м.

Дюны, наступая на побережье, заносят большие площади, кана- лы, дороги, оазисы, они наносят большой ущерб и бороться с подвиж- ными песками трудно и малоэффективно. Подвижные пески дюн и бархан, просадочные свойства эоловых лессов усложняют строитель- ство и эксплуатацию сооружений в районах их развития, требуются специальные мероприятия по закреплению грунтов и значительные финансовые затраты.

# Геологическая деятельность текучих вод

При движении воды по поверхности земли происходит смыв - смещение струйками дождя или талыми водами мелких частиц грунта. Если смыв происходит без фиксирования движения воды - это *плос- костная эрозия,* которая ведет к выполаживанию местности. Продукты смыва - делювиальные отложения накапливаются в понижении скло- нов, представлены суглинками, реже глинами или песками, и содержат грубые обломки. Мощность делювия увеличивается к основанию

склона. Устойчивость склона с делювием к оползанию зависит от кру- тизны погребенного рельефа и наличия водоносного горизонта.

При строительстве делювиальные отложения, как правило, про- резают фундаментами и основанием сооружений служат коренные по- роды.

*Линейная* или *глубинная эрозия* - это вертикальный размыв. Воз- никает при легко размываемых породах. Вынос делювия идет до ба- зиса эрозии, т. е. до поверхности, на уровне которой поток теряет живую силу. Размыв идет регрессивно - от устья к верховью. Вна- чале это небольшие промоины, которые со временем переходят в крутостенные рытвины - овраги (рисунок 25,26).

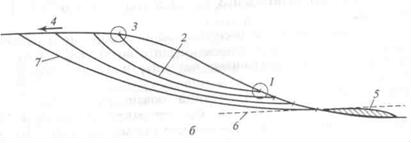


Рисунок 25 - Продольный профиль оврага:

1 – устье; 2 – ложе; 3 – вершина; 4 – направление роста оврага; 5 – конус выноса; 6 – базис эрозии; 7 – максимальная глубина оврага

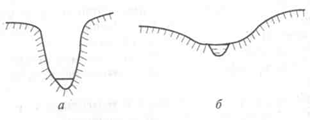


Рисунок 26 - Поперечное сечение оврага: а – активный овраг; б – балка

Овраги наносят большой вред, так как они полностью разрушают почвенный слой, расчленяют крупные массивы на мелкие участки, усложняют их конфигурацию, перехватывают дороги, а выносы из овра- гов - овражный делювий - заносит полезные площади, заиливают пруды и реки. При решении вопросов строительства в районах развития овра- гов необходимо разрабатывать противоэрозионные мероприятия, учи- тывать всю водосборную площадь. При естественном развитии овра- гов крутые склоны его постепенно выполаживаются, зарастают и овраг превращается в балку. Инженерно-геологические овраги за- рождаются и развиваются в результате инженерно-хозяйственной дея- тельности человека, когда овраги используются для сброса промыш- ленных вод или стоков поверхностных вод при неправильной плани- ровке территории. Такие овраги всегда сохраняют крутые борта, повы- шенные скорости развития и разветвления. Меры борьбы с оврагообра- зованием на застроенных территориях должны быть своевременными и эффективными.

# Геологическая деятельность реки

*Река* это водный поток, протекающий в долине и характеризую- щийся достаточно большим размером (от нескольких километров до тысяч км). По характеру стока различают реки постоянные и периоди- ческие; по характеру питания они могут быть дождевого, снегового, ледникового, подземного и смешанного питания; по условиям форми- рования - реки равнинные, горные, болотные, карстовые. Различают *исток* реки - место откуда река вытекает и *устье* - место где она за- канчивается. Оно может быть при впадении в конечный водоем или другую реку. В засушливой зоне реки иногда кончаются слепым усть- ем. Выделяют главные реки принимающие другие притоки, которые относительно главной реки считаются притоками *первого* порядка, впа- дающие в притоки первого порядка, именуются притоками *второго* по- рядка и т.д. Совокупность всех притоков главной реки составляет *реч- ную систему.*

Каждая река характеризуется длиной, шириной, глубиной, расхо- дом воды, твердым стоком (наносами) и химизмом воды. Линия падения русла от истока к устью называется продольным профилем. Геологиче- ская деятельность реки зависит от энергии потока и проявляется в виде разрушения пород (эрозия), переноса продуктов разрушения (транспор- тирование) и отложения осадков (аккумуляция). Осадки называют ал-

лювием. Продукты разрушения переносятся реками в растворенном виде, во взвешенном состоянии, а также волочением по дну.

Энергия (живая сила) потока (К) зависит от количества воды (m) в реке и скорости потока (V), которая в свою очередь зависит от уклона дна реки: К =mV2/2.

В результате эрозии и аккумуляции река постепенно вырабатывает долину с плавным продольным профилем по длине своего русла и по- степенным выполаживанием уклонов вниз по течению. Этот профиль называют профилем (кривой) равновесия.

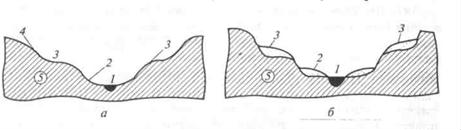
Положение профиля равновесия определяется базисом эрозии. *Базисом эрозии* называют уровень бассейна, в который впадает река и который определяет глубину донной эрозии на всем протяжении реки. Разработка продольного профиля идет от базиса эрозии в направ- лении к истокам реки по закону регрессивной эрозии.

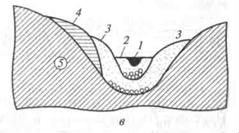
После разработки профиля равновесия положение русла реки в нижнем течении приближается к горизонтальному, глубинная эрозия почти полностью прекращается, заканчивается период активного разви- тия реки, наступает ее старение, когда в широко разработанной долине русло реки часто меняет свое положение, оставляя заиленные участки старого русла (старицы).

В зависимости от геологического развития района и хода текто- нических движений земной коры изменяется дальнейший ход развития реки. При вертикальных поднятиях вновь усиливается донная эрозия, русло реки углубляется, оставляя ранее принесенный материал в виде продольных террас. Река формирует новую пойму и повторяет все ста- дии своего развития. Опускание местности несет за собой смену эро- зии аккумуляцией, ранее образовавшиеся террасы перекрываются более молодым аллювием. Река постепенно теряет живую силу.

***Строение долины реки.***

Первая, возвышающаяся над уровнем воды терраса, называется пойменной. Обычно она затапливается водой в паводок. Выше по борту долины располагаются надпойменные террасы. Чем ближе террасы к руслу реки, тем они моложе по времени накопления аллю- вия. Различают террасы аккумулятивные (вложенные и прислонен- ные), эрозионные и смешанные (рисунок 27,28).



Рисунок 27 - Типы надпойменных

террас:

а – эрозионные; б – цокольные; в – аккумулятивные; 1 – русло;

1. – пойма; 3 – надпойменная терраса; 4 – то же, вторая; 5 – коренные породы

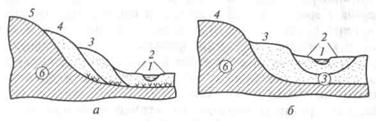


Рисунок 28. Виды надпойменных аккумулятивных террас: а – вложенные; б – наложенные; 1 – русло; 2 – пойма;

3-5 надпойменные террасы; 6 – коренные породы

Если количество террас правого и левого борта одинаково - до- лина симметричная, если нет - асимметричная. Распространение и со- отношение террас различных типов и их количество определяется ис- торией геологического развития района.

По характеру осадков и месту их накопления речные отложения разделяются на четыре вида:

* + *Дельтовые* - представлены песчано-глинистыми осадками;
  + *Русловые -* это пески, галечники, в верховье - более круп- ные обломки и валуны составляют острова, перекаты, отмели;
  + *Пойменные -* отложения представлены супесями, суглинками, пылеватыми песками разного состава, нередко с органическим вклю- чением;
  + С*таричные -* отложения содержат илистые пески с большим содержанием органического вещества.

При строительстве следует проводить изыскания в переделах каждого элемента долины. Разведочные выработки по глубине долж- ны вскрывать всю мощность аллювиальных отложений террас, поймы, русла. При этом обобщающие показатели инженерно-геологических (строительных) свойств грунтов как оснований сооружений и обобще- ние опыта строительства следует проводить только в границах каждого элемента, ибо они имеют каждый свой гранулометрический состав, структуру, плотность, влажность, обводненность и другие показатели, формирование которых происходило в разных геологических условиях.

# Геологическая деятельность моря

Велика геологическая роль Мирового океана, занимающего в настоящее время 36 млн. кв. км, или более 70,8% поверхности земного шара. В океанах и морях сосредоточено около 1,4 млрд. куб. км воды. Вся эта масса, находится в непрерывном движении и взаимодействии с горными породами дна и береговых зон и производят огромную раз- рушительную и созидательную (аккумулятивную) работу. Разнооб- разный обломочный и растворенный материал, приносимый с суши реками и полученный в результате разрушительной работы моря, в конце концов, осаждается на дне водоемов, образуя морские осадки. Мировой океан не раз менял свои границы. Вся поверхность современ- ной суши в геологическом прошлом неоднократно заливалась его во- дами, на дне формировались мощные толщи осадков, превратившихся впоследствии в осадочные породы, которые часто содержат полезные ископаемые, нефть, горючие.

Разрушительная работа моря активно проявляется в береговой зоне, к которой относится непосредственно берег и прибрежная по- лоса морского дна. При больших штормах волны ударяют о берег с силой достигающей 30-38 т/м2 в океанах и до 15т/м2, во внутренних морях.

Разрушительная работа моря называется *абразией.* Особенно ин- тенсивно разрушаются берега, сложенные осадочными породами, в меньшей - магматическими породами. Скорость размыва морского берега на разных участках различна, на Балтийском море - 0,5 мм/год, на Ла-Манше 2 мм/год, п. о. Медок (Франция) до

35мм/год. В результате образуются подводные морские террасы слабо наклоненные к морю. Узкая полоса между подводной террасой и бе- реговым уступом называют пляжем. Скорость абразии зависит от силы удара волны, прочности пород берега и условий их залега- ния. При падении слоев к морю абразия идет медленнее, при па- дении в сторону берега, при прочих равных условиях, разрушение берега идет быстрее.

Весь материал - принесенный, растворенный, обрушенный, море переносит, сортирует и откладывает (аккумулирует) вновь в опреде- ленных фациальных условиях: мелководной (литоральная зона) и глу- боководной зон. В литоральной зоне, границы которой определяются максимальным приливом и минимальным отливом, накапливается са- мый крупный материал. Материковый склон обозначается вокруг ма- териков и островов поясом шириной 60-70км. с глубиной от 20м. до 200-300м. Здесь ближе к берегу накапливаются пески, дальше глины, илы, химические и органические осадки. При наступлении моря на сушу (трансгрессии) и отступлении (регрессия моря) фациальные зоны смещаются и в результате накапливаются мощные слоистые толщи морских отложений.

При инженерно геологической оценке морских отложений как ос- новании здании и сооружении обращают внимание на засоленность пород. Для трасс трубопроводов, автомобильных и железных дорог проблемой является защита берегов от Абразии. В этих случаях для погашения ударной силы волны устраивают волноломы, а для защиты берега сохраняют или дополнительно увеличивают ширину пляжей.

# Геологическая деятельность подземных вод (суффозия, карсты, плывуны)

*Суффозия* - механический вынос подземными водами мелкозер- нистой фракции из слоя неоднородных по гранулометрическому соста- ву песков, основная масса которых составляет частицы с соотношени- ем диаметров частиц *>* 20 при I > 5. В результате суффозии слой пес- ка уплотняется, а на поверхности образуются провалы - суффозионные воронки. Меры борьбы с суффозией направлены на уменьшение вели- чины критического значения напорного градиента Iкр., достигается это устройством на пути движения подземного потока противофильтраци- онных завес, откачек из скважин, устройством дренажных канав и др. В зоне разгрузки (выхода потока) устраивают обратные фильтры.

*Карст* - химическое растворение горных пород в земной коре и на ее поверхности грунтовыми водами, которые движутся по трещинам

в массивах карбонатных, сульфатных, солекаменных и калийных по- род. Растворенный материал выносится из массива в основание склона и выклинивается в виде нисходящего источника. Растворяющая спо- собность подземных вод повышается с повышением температуры и давления. Кроме того, она зависит также от уже растворенных в воде газов и химических соединений.

Сравнительно легко растворяются каменная соль, гипсы, ангид- риты, известняки, мрамор, мел, мергель. В результате карстовых про- цессов образуются полости и пещеры в массиве, карстовый рельеф на поверхности в виде воронок, корытообразных понижений, а также про- валов. Уровень грунтовых вод в областях развития воронок и польев понижается, что приводит к исчезновению растительности и широкому развитию процессов выветривания. Процесс карстообразования идет тем быстрее, чем длиннее путь фильтрации - от дневной поверхности до уровня дренирования и выше трещиноватости массива (рисунок 29).

Наличие карста может привести к нарушению монолитности и устойчивости пород, увеличению их водопроницаемости и большей обводненности.

Области развития карста имеют сложные инженерно- геологические условия и требуют тщательного изучения, прежде чем возводить на карстующихся породах те или иные сооружения (здания, тоннели, железнодорожные пути и др.).

Разрабатывают и применяют комплексные мероприятия по за- креплению грунтов, уменьшению фильтрации в массиве. В зависимо- сти от вида грунтов массива и степени их трещиноватости применяют глинизацию, силикатизацию, битумизацию и др. На поверхности, в местах выхода растворимых пород, применяют покрытия - замки из глины, битума или другого материала.



Рисунок 29 - Пещерная схема в известняках.

*Плывуны.* В строительстве и горной практике *плывунами* называ- ют пески тонко- и мелкозернистые, пылеватые и сильнопылеватые, водоносные, которые при вскрытии котлованами или горными выра- ботками в результате перепада гидродинамического давления *плывут,* т. е. они приходят в движение, приобретая свойства вязкой жидкости. Оплывание может происходить как медленно толстым слоем, так и быстро и даже катастрофически быстро в виде прорыва, как только их вскрывают и чем больше извлекают грунт, тем большее количество его поступает со дна и стенок.

Если плывуны пришли в движение, значит нарушена их устойчи- вость, нарушена устойчивость вмещающих их пород, склонов, откосов, оползней, подземных выработок, территорий и расположенных или только строящихся на них сооружений.

Различают плывуны фильтрационные (ложные) и тиксотропные (истинные). Фильтрационные плывуны возникают при изменении гид- родинамического режима, что обычно происходит при откачке воды из котлована или траншеи. При снятии динамического режима вода освет- ляется, пески оседают и даже уплотняются. Тиксотропные или истин- ные плывуны в тонкой фракции гранулометрического состава содер- жат коллоиды - частицы размером менее 0,1 микрона. Поэтому взбол- танный с водой плывун имеет устойчивую коллоидную часть и не осе- дает в течение многих месяцев. Водоудерживающая способность их достигает 240%.

При строительстве в районах залегания плывунных пород приме- няются специальные методы подготовки основания: замораживание, крепление шпунтовым ограждением, осушение иглофильтрами и др.

# Геологическая деятельность озер и болот

*Озера.* Водоемы на поверхности материков, не имеющие сообще- ния с морями и океанами, называют озерами. Они имеют углубленную центральную область, где не развивается прибрежная растительность. Озера располагаются на разных абсолютных высотах (Мертвое озеро - 392 метра, озеро Тибета +5000 метров). Размеры - от десятых долей до десятков сотен километров (озеро Байкал - 31 тыс. км2, Каспийское озеро - 395 тыс. км2). Общая площадь озер на Земле приблизительно 2,7 млн. км2 (1,8% суши). Глубина озер - от десятков сантиметров (озеро Эльтон - 80 см) до нескольких сотен метров (озеро Байкал - 1741 м). По режиму их делят на проточные, питающиеся реками и отдающими воды в другие озера или реки (Ладожское, Онежское) и бессточные,

питающиеся речным стоком, но расход только на испарение (Каспий, Арал, Иссык Куль). Режим определяет и минерализацию воды: прес- ные, солоноватые и соленые. Впадины, занятые озерами, имеют разно- образное происхождение:

* + *тектоническое -* озера во впадинах тектонического происхож- дения (например оз. Байкал, Ладожское, Онежское),
  + *эрозионное -* озера в котлованах размыва;
  + *карстовое -* озера в заполненных водой карстовых воронках (например оз. Ая на Алтае и др.).
  + *плотинное и запрудное -* озера образуются в результате обва- лов, схода селей, запруживания рек, отсыпок дамб и т.д.

Геологическая работа озер проявляется в абразии (разрушении) берегов в результате деятельности волн, нагоняемых ветром, перера- ботке обломочного материала и накапливание его в виде озерного ал- лювия. Вдоль побережья формируются пляжи, навеваются дюны, обра- зуются валы материала при впадении в озера рек. Дюнная часть озер заполняется глинистыми осадками, на дне солевых озер отлагаются соли. Мелкие озера постепенно зарастают и могут переходить в болото.

Приливные явления в озерах малы. Абразия берегов идет более интенсивно под влиянием тектонических процессов - подъемов или опусканий. Когда уровень воды в озере резко меняется на искус- ственно созданных озерах (водохранилищах) процессы абразии наибо- лее активно проявляются в первые годы наполнения и частично пре- вышают запланированное отступление береговой линии в десятки раз (например, Обское, Цимлянское и др.). Меры борьбы с абразией на берегах озер включают их закрепление, увеличение естественных пляжей или их искусственная отсыпка, наброски крупных ж/б элемен- тов для уменьшения силы ударной волны и др.

*Болота.* Болота - это избыточно увлажненный участок суши со слоем торфа, покрытый своеобразной растительностью, различной в отдельных климатических зонах.

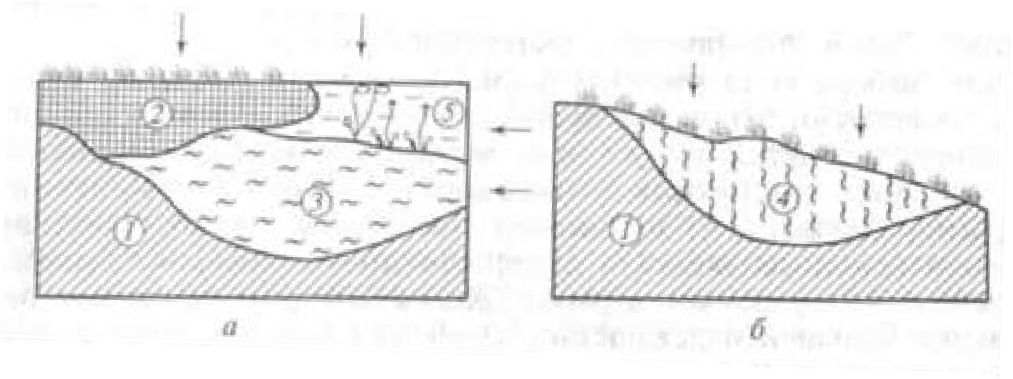
Торфом называют органический грунт, образовавшийся в резуль- тате естественного отмирания и неполного разложения растений в условиях повышенной влажности и при недостатке кислорода и со- держании 50% (по массе) и более органического вещества (ГОСТ 25100-95).

Грунт заторфованный - песок и глинистый грунт, содержащий в своем составе в сухой навеске от 10 до 50% (по массе) торфа (ГОСТ 25-100-95).

Болотом называют участок при мощности торфа более 0,5 метров, при меньшей мощности торфа участок называют заболоченными зем- лями. Различают болота верховые и низинные. *Верховые болота* рас- полагаются на ровных водораздельных пространствах или при высо- ких террасах, питаются преимущественно за счет атмосферных осад- ков, торф беден минеральными веществами. *Низинные болота* распола- гаются в долинах рек, на побережьях озер и морей, образуются в ре- зультате зарастания озер и стариц, покрыты травянистой растительно- стью, имеют минеральное питание, торф здесь хорошо разлагается (рисунок 30).

Болотные образования относят к слабым, сильно и неравномерно сжимаемым грунтам. Строительство ведут в сложных инженерно- геологических условиях. Массовое гражданское и промышленное строительство на заболоченных территориях обычно производят по- сле их осушения, а иногда - после планировки отсыпкой или намывом глинистых, песчаных, гравийно-галечниковых или щебеночных пород.

Рисунок 30- Типы болот:



а – низинное; б – верховое; 1 – минеральное дно; 2 – торф;

1. – ил; 4 – заболоченный грунт; 5 – вода (стрелки показывают питание болот атмосферной водой)

Болотные образования относят к слабым, сильно и неравномерно сжимаемым грунтам. Строительство ведут в сложных инженерно- геологических условиях. Массовое гражданское и промышленное строительство на заболоченных территориях обычно производят по- сле их осушения, а иногда - после планировки отсыпкой или намывом глинистых, песчаных, гравийно-галечниковых или щебеночных пород. Трубы по болоту прокладывают в траншеях при частичном или пол- ном выторфовывании.

Инженерно-геологическая оценка территории зависит от типа болота или заболоченной территории. Всегда требуются специаль- ные методы исследований определения мощности торфа степени его разложения, степени зольности и агрессивности воды. Без учета осо- бенностей строительства возможны аварийные ситуации.

# Ледники

*Ледники* это движущиеся естественные скопления льда атмо- сферного происхождения на дневной поверхности, образующиеся из твердых атмосферных осадков выше снеговой границы. Снеговой гра- ницей (линией) называется высота, на которой годовой приход твердых атмосферных осадков равен их годовому расходу, или за год снега вы- падает столько, сколько его стаивает. Ниже этой границы накопление снега невозможно. Выше линии снега лед не тает, а только накаплива- ется. Высота снеговой линии и интенсивность оледенения зависит от географической широты, местного климата, географии местности и саморазвитии ледника. На юго-востоке Гренландии высота линии снега опускается до уровня моря, на Земле Франца Иосифа - она на высоте от 50 до 300м., у Полярного круга уже 1000м., в Альпах 2700-2800м., на Гималаях 5500-6000м., в горах экваториальной Африки 5000-6000м., Толщина льда может быть от 10-20м. до нескольких километ-

ров. Так Атлантический ледяной покров имеет мощность 4,3 км.

Запас воды в ледниках оценивается в 27млн км3 и равен объему стока всех рек Земли за 700 лет.

Ледники делятся на три типа:

*Горные* ледники образуются высоко в горах и располагаются либо на вершинах, либо в ущельях, впадинах, различных углублени- ях. Также ледники есть на Кавказе, на Урале, на Алтае и др. Лед обра- зуется за счет перекристаллизации снега, он обладает способностью к пластическому течению, образуя потоки в виде языков.

Горные ледники бывают висячие и карстовые.

*Низменные* (материковые) *ледниковые покровы.* В них лед расте- кается от ледоразделов к периферии. Такие ледники характерны для Гренландии, Антарктиды.

*Шельфовые* ледники - в них лед движется от берега к морю. При отрыве от основного массива в море уплывают айсберги, которые, по- падая в теплые воды, постепенно растаивают.

Аккумуляция снега в горах сопровождается противоположными процессами - разгрузкой снежных областей. Она происходит двумя путями:

а) падением снежных лавин;

б) преобразованием снега в лед.

*Лавины -* обвалы снега, соскальзывающего с горных склонов и увлекающие на своем пути новые снежные массы. Образуются на склонах крутизна которых более 15°. Мощность удара лавины достига-

ет 100т/м2.

Если под снегом погребен весь рельеф, снег накапливается и пе- реходит в фирн, а затем в ледниковый лѐд. Фирн это масса состоящая из крупных зерен, которые спрессовываются в кристаллическую массу глетчерного льда.

Под давлением масса приобретает пластичные свойства. Нижние слои льда как бы выползают из-под вышележащего фирна и начинают свое движение от областей питания к областям стока по понижениям в рельефе.

11 м3 снег фирн 1 м3 лѐд.

При этом ледник выполняет большую работу по разрушению, пе- реносу и накапливанию обломочного материала. При большой мощно- сти льда создаются огромные давления на подледниковое ложе и борта долины и ледник разрушает породы, вырабатывая ледниковую долину. Разрушительная работа значительно усиливается благодаря обломкам горных пород, захваченных ледников при своем движении в его при- донные части. Ледники насыщенные обломочным материалом исти- рают, полируют, бороздят поверхность подстилающих и вмещающих твердых скальных пород. На поверхностях остаются царапины, штри- хи, борозды (ледниковые шрамы). В результате сглаживание скал возникают своеобразные формы (бараньи лбы). Сочетанием разных форм воздействия ледников образуются "курчавые скалы".

При своем движении ледники переносят огромное количество раз- нообразного обломочного материала - от тонких частиц до крупных валунов. Весь обломочный материал, попадающий в тело ледника, пе- реносимый и откладываемый им называют *мореной* (рисунок 31)*.*

Морены бывают разные, одни из них находятся в движении и перемещаются вместе с телом ледника, другие - уже отложены.

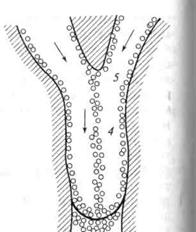
Кроме движущихся выделяют морены:

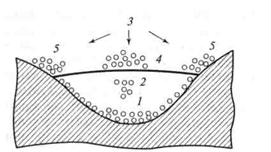
*Боковые* - в виде вытянутых валов или гряд вдоль ледникового языка.

*Конечные* - гряды моренного материала у кромки тающего лед- ника. Они имеют дугообразную форму в плане и высоту от несколь- ких метров до 30-40м.

В теплое время идет более интенсивное таяние льда и водные по- токи приносят в приледниковые озера материал, состоящий из песка, пылеватых и глинистых частиц. В холодное время потоки ослабевают и приносят только тонкие глинистые частицы. В результате образуются озерно-ледниковые (лимногляциальные) ленточные глины с очень тон- ким переслаиванием песков и глины.

При таянии ледника образуются постоянные потоки вод, которые

размывают донную и конечную морены. Вода подхватывает материал размываемых морен, выносит за пределы ледника и откладывает в опре- деленной последовательности. Такие водно-ледниковые отложения назы- вают – флювиогляциальными (рисунок 32).



а б

Рисунок 31 - Морены горного ледника: а – язык ледника в поперечном разрезе;

б – то же, в плане; 1 – донная; 2 – внутренняя;

3 – поверхностная; 4 – срединная; 5 – боковая; 6 - конечная

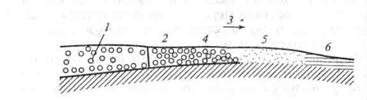


Рисунок 32 - Схема образования флювиогляциальных отложений: 1 – ледник; 2 – конечная морена; 3 – поток талых ледниковых вод;

1. – 6 флювиогляциальные отложения (крупные обломки, пески, глины)

Каждый вид этих отложений имеет свои особенности в составе и условиях залегания. В. А. Приклонский отмечает, что все моренные отложения в силу условий образования отличаются неоднородностью как по мощности, так и по простиранию, а так же по инженерно- геологическим характеристикам. Глины донных морен переуплотнены

и обладают пучинистыми свойствами, песчано-гравийные отложения озов и зандров успешно используются как грунты основания если при этом учитывают их особенности. Ленточные глины при увлажнении от- носят к слабым грунтам. Боковые и конечные морены содержат валуны, обломки скальных пород и песчано-глинистый заполнитель. Все это затрудняет инженерно-геологическую оценку моренных отложений при их использовании в качестве оснований различных сооружений или строительных материалов.

# Селевые потоки

Селевые потоки или *сели* представляют собой кратковременные разрушительные потоки, перегруженные грязекаменным материалом. Возникают они при выпадении обильных ливней или интенсивном таянии снега в предгорных и горных районах в бассейнах небольших речек и логов с большим уклоном тальвега (более 0,100) и уклоном ру- сел > 0,020 (иногда 0,350). Они движутся с большой скоростью в виде одного или нескольких последовательных валов. Огромная масса воды устремляется вниз по ущельям, смывая и захватывая по дороге элювий и делювий. В результате водный поток обогащается твердым материа- лом и превращается в грязекаменный поток, который содержит огром- ное количество обломочного материала, часто достигающего 75-80% от общего объема. Величина обломков иногда может достигать не- скольких метров в поперечнике.

По преобладанию переносимого материала различают сели грязе- вые, грязекаменные и водно-каменные. Распространены они в горах Закавказья, Средней Азии, Южного Казахстана. Сели обладают боль- шой разрушительной силой и часто носят опустошительный характер. Средняя скорость движения селя колеблется часто от 2 до 8 м/с. Мате- риал селей откладывается в предгорных равнинах, перегружая прине- сенным материалом полезные площади. Отлагающийся из селевых потоков материал называется – *пролювием*. Для него характерна слабая отсортированность. Часто с ним связаны явления усадки.

В районах опасных сходами селей создаются специальные служ- бы лавин, создаются селенаправляющие лотки, защитные плотины, дамбы (например, урочище Медео у Алма-Аты). В этих районах ве- дутся работы по сохранению и закреплению естественных склонов, запрещению вырубки лесов и др. мероприятия; постоянно ведется мониторинг за состоянием склонов на опасных участках. Иногда для изменения направления селевого потока изменяют рельеф местности.

# Мерзлота

Мерзлые породы – это природные минералы и органо- минеральные агрегаты, имеющие отрицательную температуру, содер- жащие лѐд и криогенные структурные связи. Образуются в верхнем слое земной коры при еѐ кратковременном, сезонном и многолетнем промерзании.

По условиям залегания мерзлота может быть трех видов:

* + Сплошная (слитная) монолитная или слоистая по составу.
  + Мерзлота с островками талых участков (с таликами).
  + Островная мерзлота, которая залегает в виде прослоев или линз среди талых вод.

По длительности непрерывного пребывания в мѐрзлом состоянии породы делятся на сезонномѐрзлые и многолетнемѐрзлые.

*Грунт многолетнемерзлый* (грунт вечномерзлый) это грунт, находящийся в мерзлом состоянии в течение трех и более лет.

Мощность слоев вечной мерзлоты от 1-2м. до нескольких сотен метров. Верхний слой вечномерзлых пород летом оттаивает на не- большую глубину, а зимой вновь замерзает. Мощность этого слоя, который называют *деятельным,* зависит от климатических условий, состава пород, характера растительности. Для Восточной Сибири с юга на север мощность деятельного слоя уменьшается с 3 до 0,2-0,5 метров.

В строении мерзлой толщи принимают участие подземные воды, которые могут образовывать три горизонта:

* + Горизонт надмерзлых вод - располагается в основании дея- тельного слоя;
  + Межмерзлотные воды - в таликах слоистой мерзлоты;
  + Подмерзлотные воды, залегающие под вечной мерзлотой.

Проектирование фундаментов при строительстве на мерзлых грунтах следует выполнять согласно СНиП 2.02.04-88 на основе ре- зультатов специальных инженерно-геокриологических изысканий с учетом конструктивных и технологических особенностей проектируе- мых сооружений.

# Гравитационные процессы на склонах и в котлованах

Проявляются, когда в массиве грунта склона или в слоистой толще нарушаются силы сцепления между частицами, т. е. прочность породы. Обычно это бывает при увлажнении пород в период или после обиль- ного выпадения осадков. Движущаяся сила здесь гравитационная и

движение оторвавшейся массы грунта идет до базиса (уровня) эрозии (до основания склона). Различают осыпи, обвалы и оползни.

***Осыпи.*** Это склоновые процессы. В природных условиях харак- терны для скальных и грубообломочных пород, когда при увеличении сил сдвига относительно сил сцепления (обычно при крутизне склона более 10-12%) происходит отделение обломков и их осыпание до угла естественного откоса. Это склоновый делювий.

Со временем такой склон задерновывается, но строители должны помнить, что основанием сооружений в этих случаях должны быть только коренные породы, ненарушенные движением. В последующем склоновый делювий переходит в устойчивые отложения (осовы и ку- румы), если сохраняется угол естественного откоса и задернованность.

***Обвалы.*** В отличие от осыпей обвалы имеют угол отрыва всегда больше угла естественного откоса, что не обеспечивает в дальнейшем устойчивость склона и обвалы при новом ослаблении сил сцепления будут продолжаться. Обвалы обычно происходят под действием толч- ка, вызванного атмосферными явлениями (буря, сильный ливень) или землетрясениями, т. е. природными или антропогенными (пригрузка склона) причинами. Характерной особенностью обвалов является вращение и опрокидывание оторвавшихся масс.

В строительных котлованах обвалы стенок котлованов происхо- дят по вине строителей, когда близко от бровки котлована устанавли- вают монтажные краны или проходят подъездные пути или складиру- ются строительные материалы - тогда динамическая или статическая пригрузка приводят к обвалу стенок котлована.

***Оползни.*** Смещение называют оползнем при плавном или быстром движении оторвавшейся породы без вращения и опрокидыва- ния. Характер оползня зависит от строения склона. На рисунке 33 при- ведена схема строения оползня.

Ф. П. Саваренский предложил разделять оползни на асеквентные, образующиеся в однородных породах; *консеквентные,* образующиеся в неоднородных и трещиноватых породах, поверхность скольжения предопределена строением склона, *инсеквентные* - образуются при слоистом горизонтальном залегании пород. В этом случае поверхность скольжения пересекает слои разного состава.

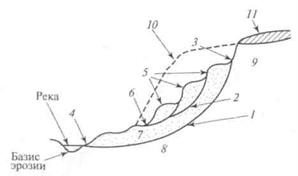


Рисунок 35 - Основные элементы оползневого цирка (по М. Васичу): 1 – наиболее глубокая линия скольжения; 2 – верховая линия сколь- жения; 3 – оползневый уступ (обрыв); 4 – «язык» оползня; 5 – сме- щенные мелкие тела (части оползня); 6 - оползневые террасы с укло- ном к оползню; 7 – тело оползня; 8 – подстилающие породы; 9 – по- роды (коренные) оползневого склона; 10 – форма склона до оползня; 11 - делювий

Классификация оползней:

По углу поверхности скольжения:

* + пологие – до 5°,

- крутые – 5-15°,

* + очень крутые – более 15°.

По глубине залегания поверхности скольжения:

* + мелкие (оплывины) - 0,5 м,
  + неглубокие - до 5-8 м,
  + глубокие- 10-20 м,
  + очень глубокие - более 20 м.

Мониторинг гравитационных процессов выполняется специаль- ными службами оползневой станции. В их задачу входит геодезиче- ское наблюдение за подвижками, информация о состоянии стабилиза- ции или движении и составление прогнозов развития или стабилиза- ции этих процессов.

Мероприятия по борьбе с оползнями:

Пассивные - предупреждающие появление и развитие гравитаци- онных процессов:

* + Запрещается вырубка леса на сколах более 10°.
  + Запрещается снятие дерна.
  + Не допускается продольная распашка склонов и сброс про- мышленных отходов на склон.
  + Запрещается подрезка склонов при террасировании без укрепи- тельных работ.

Активные меры зависят от строения склона.

* + Устройство подпорных стенок и террасирование при однород- ных массивах грунта.
  + Укрепление железнодорожными шпильками при пологих оползнях.

Все мероприятия - и активные, и пассивные – должны сопро- вождаться устройством дренажных систем.

# Лессовые породы

Лессовые породы имеют широкое распространение. Они пред- ставляют собой петрографический тип континентальных осадков. По условиям залегания лессовые породы повсеместно покровные. Лессо- вые толщи часто содержат прослои песка, различные включения, по- гребенные почвы и гумусированные прослои.

Мощности толщ лессовых пород достигают десятков и даже со- тен метров. Обычно лессовые породы подразделяют на первичные лессы и переотложенные лессовидные суглинки. В строительной прак- тике их объединяют, а по гранулометрическому составу и пластичности подразделяют на супеси, суглинки и глины. *Грунт лессовый -* пылева- тоглинистый грунт, содержащий по гранулометрическому составу бо- лее 50% пылеватых (размером 0 05-0,005 мм) частиц, легко и средне- растворимые соли и карбонаты кальция; однородный, преимуществен- но макропористый. Макропоры могут быть инкрустированы карбонатами или гидрокислотами железа; пористый грунт в маловлаж- ном состоянии способен держать вертикальный откос; при замачивании маловлажный грунт дает просадку, легко размокает и размывается, а при полном водонасыщении может переходить в плывунное состояние.

Для лессовых пород характерна анизотропность фильтрационных свойств. По вертикали она в 5-10 раз превышает величину водопрони- цаемости по горизонтали. Естественная влажность лессовых пород - 10-14%.

Тонкая фракция лессовых пород представлена гидрослюдами, кварцем, кальцитом, монтмориллонитом. Остальные глинистые мине- ралы имеют второстепенное значение.

Основным отличительным свойством многих лессовых пород является их способность давать просадку при замачивании.

*Грунт просадочный* - грунт, который под действием внешней нагрузки и собственного веса (I тип просадочности) или только от соб-

ственного веса (II тип просадочности) при замачивании водой или дру- гой жидкостью претерпевает вертикальную деформацию (просадку) и имеет относительную деформацию s1 > 0,01. Наибольшая просадочность приурочена к горизонтам, залегающим непосредственно под современ- ными и погребеными почвами. Просадочность возрастает в зоне сезон- ного промерзания и оттаивания грунтов и уменьшается к основанию толщи лессовых пород.

Проблема генезиса лессов до сих пор еще окончательно не реше- на. «Очевидно лессовые породы, подобно песчаным и глинистым по- родам, могут быть различного генезиса, они полигенетичны» (Е. М. Сергеев).

Существует ряд гипотез и теорий происхождения лессовых по- род. Наиболее известные - эоловая, пролювиальная, аллювиальная и др. В геологической истории формирования лессовых пород различают два основных этапа:

1. Накопление осадков.
2. Преобразование их при литификации в лессовые породы.

Как показали научные разработки ученых МГУ Е. М. Сергеева, А. В. Минервина и др., решающая роль в приобретении лессовыми по- родами разного генезиса просадочности принадлежит сезонному и многолетнему промерзанию-оттаиванию и быстрым фазовым перехо- дам влаги по схеме лед - вода - пар.

При проектировании и строительстве зданий и сооружений на лессовых просадочных грунтах согласно СНиП должны предусматри- ваться меры по устранению опасного влияния возможных просадок на их устойчивость, а также наружный мониторинг за состоянием проект- ного положения объектов.

# ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

* 1. **Цели и задачи изысканий**

Проводятся:

* Для обеспечения проектирования различных видов строи- тельства инженерно-геологической характеристикой строительных площадок.
* При разведке и эксплуатации месторождений строительных ма- териалов.
* Для обеспечения данными об инженерно-геологических усло- виях при реконструкции и других видах строительных работ на застро- енных территориях.

Основные задачи:

* Изучение геоморфологических, геологических, гидрогеологиче- ских условий и современных геологических процессов.
* Определение прочностных и деформационных свойств грунтов для расчетов рациональных типов фундаментов и конструкций.
* Определение распространения условий залегания, генезиса, воз- раста, мощности, инженерно-геологических свойств пород в массиве и свойств, приуроченных к ним подземных вод, а также все виды совре- менных геологических и инженерно-геологических процессов и явле- ний.

Итоги исследований:

* Инженерно-геологическое заключение с оценкой геологических условий строительства.
* Карты, разрезы, таблицы результатов лабораторных и полевых исследований грунтов - графики, схемы, таблицы, фотографии.

# Изыскания по видам строительства

Промышленное и гражданское строительство (ПГС).

Изыскания проводят в одну или две стадии. Для малоэтажного строительства и для районов застройки обычно ограничиваются стади- ей ПЗ. При внутриквартальной застройке изыскания проводят в 2 ста- дии. Глубина и количество выработок зависят от геологических усло- вий и класса сооружений, но в любом случае разведочные выработки должны пройти всю глубину влияния сооружений. Строительные нор- мы и правила на изыскания при строительстве регламентируют объе- мы полевых работ.

Гидротехническое строительство. Изыскания проводят в три этапа:

ТЭО. *Первый этап -* Сбор и систематизация материалов и поле-

вое обследование района строительства совместно с геодезистами с целью выбора возможного места расположения дамбы и возможные варианты ее положения.

ПЗ. *Второй этап* - Общие инженерно-геологические исследова- ния долины реки, выбор района гидроузла, инженерно-геологическая съемка, бурение по ряду поперечников, наблюдения за уровнем реки. Дается общая и сравнительная характеристика отдельных вариантов.

РЧ - *Третий этап -* Проводят подробные исследования на пло- щадях выбранного варианта строительства. Обязательно проводят по- левые геофизические работы, полевые опытные работы по определе-

нию коэффициента фильтрации и другие виды работ.

Автомобильные и железные дороги.

Изыскания проводят в две стадии, каждая из которых имеет свои задачи.

*Первый этап* - проводят изыскания для выбора рационального направления дороги, выявляют вредные и опасные для строительства и эксплуатации геологические процессы и явления, такие как оползни, глубокие болота, солончаки, лавиноопасные места, места проявления наледей и др.

*На втором этапе* выполняется съемка и разведочные работы на выбранной трассе и местах инженерных сооружений - мостов, трубо- проводов, дамб, насыпей и врезок в грунт, т. е. где будет изменение рельефа и др. Глубина и расстояния между разведочными выработка- ми зависят от геологических и геоморфологических условий трассы, класса дороги, особенностей ее строительства и эксплуатации. Инже- нерно-геологическое заключение должно содержать не только геоло- гическую оценку трассы, но и прогнозировать те изменения, которые произойдут в результате строительства и эксплуатации дорог.

Тоннели и метро.

Изыскания ведутся по специальному заданию, проходят более глубокие выработки, проводят откачки воды из скважин, встретивших водоносные горизонты, исследуют коррозионные свойства грунта и другие виды работ.

Трубопроводы.

Сюда относят водоводы, нефтепроводы, газопроводы, паропро- воды, рассолопроводы, шламопроводы, хвостопроводы, канализаци- онные трубопроводы. Изыскания проводят по намеченным трассам магистральных трубопроводов и разводящим сетям. Разведку и про- ектирование проводят в две стадии, которые включают выбор трассы, ее профиля, работы на трассе окончательного варианта и при сложных инженерно-геологических условиях на отдельных участках выполня- ются дополнительные специальные исследования.

# Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городов

Градостроительство ведется во всех природных зонах в разно- образных и, нередко, сложных инженерно-геологических условиях. Недоучет одного из этих факторов ведет к сокращению сроков экс- плуатации объектов и удорожанию стоимости при их реконструкции

или восстановлении, к повышенному загрязнению геологической сре- ды.

Особенности инженерной геологии и геоэкологии городов вклю- чают:

* Многоотраслевое строительство гражданское, промышленное, гидротехническое, горное, коммунальное, транспортное, наземное, заглубленное, подземное, т. е. разные виды воздействия на геологиче- скую среду.
* Большое разнообразие типов сооружений по весу, размеру, кон- фигурации, конструкциям, режиму эксплуатации, нагрузкам (статиче- ским, динамическим, переменного режима).
* Большие площади городских территорий, где ведется новое строительство, подвергаются полному сносу старых сооружений или реконструируются существующие объекты (подводят новый фунда- мент, надстраивают этажи, меняют внутреннюю планировку, тип кровли и др.). При этом породы оснований испытывают не только нарастание нагрузок, но иногда и ряд циклов нагрузки и разгрузки. В результате происходит уплотнение грунта в зоне влияния сооруже- ния, изменяются некоторые физико-механические свойства грунтов.
* В существующих городах подвергнуты техногенному измене- нию атмосфера, гидросфера, рельеф, растительный и почвенный покров (насыпи, подрезки, планировки и др.); и чем древнее город, тем эти процессы значительнее. Под влиянием динамических воз- действий от движущегося транспорта под проезжей частью дорог происходит уплотнение грунтов до глубины 1,5-2,0 метра. При утеч- ке воды из инженерных сетей формируются техногенные водоносные горизонты.
* Во многих городах (Санкт-Петербург, Киев, Омск и др.) строи- тельство ведется на намывных грунтах.
* При расширении городских территорий в черте города ока- зываются старые свалки, кладбища, отработанные и еще действую- щие карьеры, сельскохозяйственные угодья, что осложняет геоэколо- гическую обстановку городской территории.

Основной градостроительный документ - генеральный план го- рода, на основании которого разрабатывают детальные планы застрой- ки и планировки отдельных жилых комплексов, промышленных узлов, транспортных и инженерных коммуникаций. В генеральном плане должны учитываться особенности геологического строения террито- рии, гидрогеологические условия, инженерно-геологическое и геоэко- логическое районирование с учетом видов и особенностей техноген- ной нагрузки на геологическую среду.

# Охрана природной среды

В строительном деле важнейшей задачей является прогноз воз- можных нарушений природной среды и выработка рекомендаций по их устранению, т. е., иначе говоря, для этого нужна система управления природными процессами, которые будут сопровождать строительство.

Важнейшим управляющим инструментом является нормативно- правовой механизм, регламентирующий в данном случае геоэкологиче- ские аспекты производственной, в том числе строительной, деятельно- сти. Следует отметить, что инженерные изыскания и инженерно- геологические, в частности, относятся к виду строительной деятельно- сти и подлежат обязательному лицензированию. В последнее входят как составной элемент — обязательное выполнение требований по охране и рекультивации среды при выполнении этих работ.

В России действует единая система государственных стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ре- сурсов. В систему стандартов входит ряд документов (в форме ГОС- Тов): на охрану водных объектов, флоры, фауны, атмосферы, а также на защиту почвы от загрязнения и эрозии, рациональное использование поверхности и недр земной коры. Система стандартов является эффек- тивным средством государственно-правового регулирования и управ- ления всеми мероприятиями в области охраны природной среды.

Кроме государственных имеются стандарты отдельных отраслей народного хозяйства, которые детализируют государственные стандар- ты применительно к местным условиям, учитывают особенности зем- ной коры каждого региона и характер своей хозяйственной деятельно- сти в данном регионе и при данной деятельности.

Естественно, что только нормативными актами и контролем за их исполнением проблемы не решить. К сожалению, на данный момент самый эффективный из механизмов управления — экономический, в виде достижения прибыли, «выгодности» экологической деятельности в строительстве в полной мере у нас в стране, да и за рубежом пока ра- ботает недостаточно. Это является, в частности, результатом пока по- чти полного отсутствия экологического образования и воспитания.

Основы мониторинга. В последние годы деятельность человека по охране природной среды резко активизировалась. В связи с этим по- явился мониторинг, как новая отрасль науки. Мониторинг — это си- стема наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей человека природной среды. Дополнительно к этому в практику вошел другой термин — литомонитринг, который применим к земной коре или, иначе

говоря, к геологической среде.

Основной целью литомониторинга является выявление наруше- ний в природной среде и выработка прогноза ее сохранения. Это отно- сится к атмосфере, гидросфере, биосфере и земной коре. Мониторинг работает в интересах человека и выявляет необходимые условия для его нормальной жизни. Система мониторинга органически вписывается в глобальный (мировой), региональные (областные) и местные (район- ные) уровни. Мониторинг в рамках одного государства называют наци- ональным.

В России в рамках мониторинга организована сеть станций, кото- рые контролируют состояние атмосферы, гидросферы, биосферы и земной коры (особенно почв). Результаты наблюдений этих станций используют органы власти для принятия мер по устранению выявлен- ных экологических нарушений. Станции имеют право контроля за ис- полнением государственных нормативных актов по сохранению при- родной среды. К своей работе кроме государственных учреждений станции привлекают общественные организации и население. В горо- дах создаются общественные комитеты по охране природы.

В настоящее время осуществляется программа «Литомониторинг России», куда входят вопросы наблюдения, оценки, контроля и прогно- за за состоянием земной коры, которая подвергается нарушениям под влиянием техногенной (строительной) деятельности человека. В этой работе ведущая роль принадлежит инженерной геологии.

Охрана земной коры складывается из трех основных проблем:

* охрана геологической среды;
* охрана почв;
* борьба с инженерно-геологическими процессами. Геологиче- ская среда включает в себя рельеф и горные породы земной коры. Строительство объектов серьезно нарушает геологическую среду. По- этому при проектировании объектов следует составлять программу по предотвращению или восстановлению техногенно нарушенной геоло- гической среды. При этом следует помнить, что природа, в свою оче- редь, постоянно изменяет геологическую среду. В силу естественных причин, связанных с глобальными геологическими процессами, проте- кающими как в глубинных зонах Земли, так и в ее поверхностной ча- сти, стоит только упомянуть такие явления, как землетрясения, вулка- низм, речная эрозия и т.д.

Охрана почв. Поверхностный слой земной коры — почвы играют одну из важнейших ролей в протекании жизненных процессов, в фор- мировании первичного природного органического вещества и в разло- жении остатков живых организмов и отходов жизнедеятельности. Во многом следуя идеям В.И. Вернадского, почвы можно рассматривать как границу между «живым» и «неживым» и как источник получения продуктов питания: Общая площадь почвенного покрова на планете сокращается, за последнее пятидесятилетие на Земле потеряна пахотная площадь размером с полуостров Индостан, многие почвы теряют свое плодородие. Это во многом связано с отрицательным воздействием техногенной деятельности человека. Правовая охрана почв представля- ет совокупность законодательных мероприятий, направленных на эф- фективное и рациональное их использование, на всемерное сохранение и защиту от вредных воздействий. Перед строительством почвенный слой должен быть снят и размещен на другой территории, где почва может впоследствии принести человеку необходимую пользу.

Строительство и эксплуатация объектов нередко приводят к обра- зованию инженерно-геологических процессов, которые серьезно нару- шают целостность земной коры (оползни, обвалы, провалы земной по- верхности над подземными выработками, подтопление водой объектов и т. д.). Охрана земной коры в этих случаях заключается в разработке способов защиты территорий. При этом следует помнить, что выбор способа защиты диктуется местными геологическими условиями и природной обстановкой (рисунок 34).

Рекультивация нарушенных земель. Всестороннее восстановление поверхности земной коры, нарушенной в процессе техногенной дея- тельности человека, называется рекультивацией земель. В настоящее время разработана научная классификация нарушенных земель, дана их характеристика по пригодности для того или иного хозяйственного ис- пользования. Это позволяет решать практические задачи рекультива- ции.

Опыт рекультивации показал, что можно вернуть к жизни даже очень сильно нарушенные земли. Основные задачи рекультивации за- ключаются в следующем:

* исключение или сведение до минимума неблагоприятных воз- действий техногенной деятельности человека, в частности при произ- водстве строительных котлованов, карьеров, отсыпки отвалов и т. д.;
* восстановление экологического равновесия в местах нарушения земной поверхности.



Рисунок 34 - Схема геоинформационной системы оценки влияния строительства на геологическую среду

При разработке проектов рекультивации для данного участка учи- тывают рельеф местности, тип горных пород, характер подземных вод, климат, особенности растительности. В разработке принимают участие инженеры-геологи, экологи, биологи, геодезисты, почвоведы и другие специалисты. В проектах предусматривают сложный комплекс горных, гидротехнических, гидрогеологических, мелиоративных, строительных и сельскохозяйственных работ. Рекультивация бывает в основном двух видов: горно-техническая и биологическая.

Горно-техническая рекультивация. Основная ее задача — приве- дение нарушенной поверхности земли к условиям до приложенного воздействия. Работа начинается с планировки территории и покрытия слоем почвы (до 15 см). На базе этого создается дерновый слой, кото- рый хорошо укрепляет поверхность земли, особенно склоны рельефа. При необходимости грунтовые воды регулируются дренажами. Прини- маются меры по предотвращению появления инженерно-геологических процессов, создаются устойчивые откосы, упрочняется поверхность земли от размыва и развевания ветром.

Биологическая рекультивация предусматривает освоение террито- рии под жилую застройку или создание зон отдыха. После планировки поверхность покрывают почвой с последующей посадкой деревьев, кустарников и посевом сельскохозяйственных культур. В местах отра- ботанных карьеров возможно создание водоемов.

Опыт работ по рекультивации показал следующее: 1) рекультива- цию нарушенной территории по планировке земли необходимо прово-

дить в кратчайшие сроки после завершения или в период строительства объекта; 2) откосы склонов и отвалов земли следует покрывать лесом или засевать многолетними травами. Для посадки леса поверхность земли необходимо выполаживать до 18 - 20°, под сады - до 11°, а сель- скохозяйственные культуры - до 3 - 5°.

***Задачи строителей по охране природной среды.*** При производ- стве работ, как и при эксплуатации объектов, нарушения природной среды практически неизбежны. Задача строителей сводится к тому, чтобы всегда находить средства и технические возможности для их устранения. Для этого в проекты строительства и на период эксплуата- ции объектов следует закладывать природосовместимые решения, с помощью которых можно либо не допускать, либо сводить до миниму- ма нарушения природной среды. Природоохранные мероприятия необ- ходимо разрабатывать на основе опыта строительства, прогноза дина- мики развития и изменения земной поверхности в силу природных и техногенных факторов. О выполнении этих мероприятий в период строительства должно быть указано в акте на сдачу объектов в эксплуа- тацию.

Строители должны относиться к охране природы, как к важней- шей своей служебной обязанности, быть организаторами и руководите- лями всех природоохранных работ. При проектировании следует оце- нивать степень будущего нарушения природы. Возможны случаи, когда от строительства необходимо отказаться. Нежелательно занимать зем- ли, пригодные для сельского хозяйства, для застройки целесообразнее использовать земли непригодные или малопригодные. В период строи- тельства необходимо особое внимание уделять сохранению почв. Вскрышные грунты, которые образуются при вскрытии котлованов, следует вовлекать в сферу строительства (отсыпка насыпей, планировка территорий и т. д.) и не делать отвалов.

Не менее важным мероприятием по охране природы при строи- тельстве и эксплуатации объектов является борьба с запылением возду- ха, загрязнением водоемов и зеленых массивов,

против усиления эрозии, отравления почв.

# ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

**6.1 Инженерно-геологические работы, проводимые в период до проектирования**

# Значительное место в строительной практике занимает вопрос строительство новых объектов, реконструкция и реставрация существующих зданий, как правило, в пределах существующей городской застройки. Это накладывает особую ответственность на инженеров-геологов, которые должны оценить степень изменений в геологической среде за период эксплуатации зданий и сооружений.

# Цель инженерно-геологических исследований – получить необходимые для проектирования объекта инженерно-геологические материалы, так как ни один объект нельзя построить без этих данных.

# Задача исследований – изучение геологического строения, геоморфологии, гидрогеологических условий, природных геологических и инженерно- геологических процессов, свойств горных пород и прогноз их изменений при строительстве и эксплуатации различных сооружений.

# Ведение инженерно-геологических изысканий регламентируется нормативным документом СНиП 11-2-96 «Инженерные изыскания для строительства». Состав исследований определяется программой, согласованной с проектной организацией. В состав работ входят: сбор, изучение и анализ имеющихся геологических материалов по району строительства; инженерно-геологическая, гидрогеологическая съемка; буровые и горнопроходческие разведочные работы; геофизические исследования; опытные полевые работы; стационарные наблюдения; лабораторные исследования грунтов и подземных вод; камеральная обработка и составление отчета. Во всех случаях исследования должны начинаться со сбора имеющихся материалов о природных условиях района. Эту работу выполняют в подготовительный период до начала полевых работ, что позволяет составить программу исследований и сократить их объем. Изучение геологии местности позволяет установить лучший участок для строительства, влияние геологических процессов на сооружение и влияние самого сооружения на природную обстановку. Изучение грунтов позволяет определить их свойства, составить представление о наличии в данном районе строительных материалов. Важное место занимают инженерные выводы. При этом устанавливается глубина заложения фундаментов и величина допускаемых давлений на грунт, прогнозируется устойчивость сооружения, величины ожидаемых осадков. В период строительства при проходке котлованов производят сверку наблюдаемых геологических данных с геологическими материалами, полученными в период инженерно-геологических исследований до проектирования. При наличии расхождений назначают дополнительные инженерно-геологические работы для подтверждения правильности выполненного проекта или внесения в него необходимых исправлений.

# Инженерно-геологические работы выполняют в три этапа: подготовительный, полевой, камеральный.

# Подготовительные работы включают изучение района по архивным, фондовым и литературным материалам. В полевой период производят все инженерно – геологические работы, предусмотренные проектом для данного участка: инженерно-геологическая съемка; разведочные работы и геофизические исследования; изучение подземных вод; опытные полевые исследования грунтов; анализ опыта местного строительства. В течение камерального периода производят обработку полевых материалов и результатов лабораторных анализов, составляют инженерно-геологический отчет с соответствующими графическими приложениями в виде карт, разрезов и т.д. инженерно-геологический отчет является итогом инженерно-геологических изысканий. Отчет передается проект- ной организации, и на его основе выполняется необходимая проектная документация для строительства. Отчет состоит из введения, общей и специальной частей, заключения и приложений. Во введении указывают место проведения изыскательских работ и время года, исполнители и цель работ. В общей части дается описание: рельефа, климата, населения, растительности; геологии с приложением геологических карт и разрезов; карт строительных материалов, которые необходимы для выполнения строительных работ. В специальных главах уделяется внимание грунтам и подземным водам. В заключительной части дается общая инженерно-геологическая оценка участка по пригодности для данного строительства.

# Инженерно-геологические заключения составляются вместо больших отчетов. Выделяется три вида заключений: 1)по условиям строительства объекта; 2)о причинах деформации зданий и сооружений; 3)экспертиза. В первом случае заключение носит характер сокращенного инженерно-геологического отчета, Такое заключение может быть выполнено для строительства отдельного здания. В основу заключения о причинах деформации зданий и сооружений кладутся материалы ранее проведенных исследований, осмотр местности, сооружения. Экспертиза проводится по проектам крупных сооружений. Основой для экспертизы является наличие спорных и разноречивых оценок природных условий или аварий сооружений. По объему работы экспертиза бывает кратковременная и длительная. В первом случае вопрос решается практически сразу. Выводы излагаются в виде заключения. Во втором случае экспертиза кроме изучения имеющихся материалов требует выполнения специальных работ по определен- ной программе с указанием сроков. По окончании работ выводы могут быть изложены в виде заключения или небольшого инженерно-геологического отчета.

# 6.2 Изучение геоморфологии района строительства

# Наука, которая занимается изучением рельефа земной поверхности, его происхождением и развитием, называется геоморфологией.

# Рельеф – это совокупность всех форм земной поверхности – возвышений, равнин и углублений. Эти «неровности» на поверхности Земли динамичны, находятся в состоянии непрерывного изменения и превращения. В процессе этих изменений уничтожаются старые и возникают новые формы рельефа. Все это происходит в результате воздействия на земную поверхность сил, возникающих при проявлении эндогенных (внутренних) и экзогенных (внешних) процессов на Земле.

# Рельеф имеет серьезное значение для перераспределения тепла и влаги, поверхностных и грунтовых вод, отложений рыхлых наносов, для передвижения воздушных масс.

# По своему происхождению формы рельефа подразделяют в зависимости от преобладающего фактора – силы вызвавшей образование данной формы. Прежде всего их делят на две большие группы: формы рельефа, обусловленные деятельностью эндогенных сил, т.е. тектоникой земной коры; формы рельефа, обусловленные деятельностью экзогенных сил на поверхности земли.

# Первая группа форм рельефа связана с движениями земной коры (колебательными, горообразующими). Эти формы называют тектоническими. Вторая группа связана с процессами выветривания, текучими водами, ветром, деятельностью живых организмов, в том числе и человека. Эти формы разделяют на эрозионные, например вызванные деятельностью текучих вод, и аккумулятивные, например накопление наносов в реках. Среди второй группы выделяют формы: речные (аллювивальные), ветровые (эоловые), ледниковые и т.д. В гео- морфологии различают элементы и формы рельефа. К элементам рельефа от- носят поверхности, линии и точки, составляющие формы рельефа. Поверхности образуют форму рельефа, они могут быть горизонтальными, наклонными, выпуклыми, вогнутыми и сложными. Линии являются результатом пересечения поверхностей. Различают линии водораздельную, водосливную, подошвенную, бровку. Водораздельная линия разделяет поверхностный сток двух противопо- ложных склонов. Водосливная линия является результатом пересечения двух поверхностей – склонов и проходит по дну долин, балок, оврагов. Подошвенная ограничивает основания склонов различных форм рельефа; бровка – это линия, по которой происходит резкий перегиб склона, т. е. резкая смена его крутизны. К характерным точкам рельефа относят вершинные (наибольшая высота на данном участке местности), перевальные (дно понижений гребней хребтов), устьевые (устья рек) и донные (наиболее низкая точка понижений рельефа). Формы рельефа образованы из различных сочетаний элементов рельефа. Различают две группы: положительные – выпуклые по отношению к плоскости горизонта, и отрицательные – вогнутые. Самыми крупными являются тектонические формы рельефа (горные хребты, равнины, морские понижения, т. е. все, что образует основной и постоянный облик рельефа земной поверхности). Эро- зионные (речные долины, овраги и пр.) и аккумулятивные (речные террасы, дюны, барханы и т. д.) формы имеют значительно меньшие размеры и непостоянны во времени. Формы рельефа на каждой территории встречаются в определенных сочетаниях, что придает ей своеобразный облик. Если они повторяются на местности и находятся в закономерных связях друг с другом и окружающей средой, то мы имеем их комплексы или типы рельефа. Существуют три типа рельефа: равнинный, холмистый и горный. Холмистый рельеф представляет собой переходный тип между равнинным и горным. Это холмы с относительными высотами не более 200 м и понижениями между ними в виде ложбин и котловин. Равнина – это тип рельефа, который отличается малыми колебаниями высот, не выходящих за пределы 200 м. Равнины подразделяют: по отношению к уровню моря – отрицательные, лежащие ниже уровня моря; низменные, в пределах от 0 до 200 м над уровнем моря; возвышенные с отметками от 200 до 500 м; нагорные, имеющие отметки поверхности свыше 500 м; по общей форме поверхности – горизонтальные, наклонные, вогнутые и выпуклые; по глубине, степени и типу расчленения – плоские, нерасчлененные или слаборасчлененные (уклон 0,005%); мелкорасчлененные (уклон от 5 до 25 м на 2 км протяженности); по происхождению – структурные, аккумулятивные и скульптурные. Структурные равнины – это поверхности, обусловленные геологическим строением (например, лава, остывая, образует ровную поверхность – столовая равнина). Аккумулятивными равнинами называют пространства, образовавшиеся в результате накопления материала в море или на суше. Предгорные наклонные равнины образуются в результате аккумуляции отложений конусов выноса, ал- лювия. Скульптурные равнины возникают в результате разрушения горных пород рельефообразующими агентами. Равнины более удобны для расселения, где человек активно занимается инженерно-строительной деятельностью. Горный рельеф представляет собой крупные с относительной высотой более 200м возвышенности (горы, хребты) и понижения (долины, впадины, котловины). По происхождению горы принято делить на тектонические, вулканические и эрозионные. По высоте горы делят на высокие, средневысотные и низкие. Высокие имеют отметку более 2000 м. Средневысотные горы имеют абсолютные отметки от 700 м до 2000 м. низкие горы имеют абсолютные отметки до 700 – 800 м.

# Изложение основных представлений из геоморфологии и изучение динамики земли убеждает в том, что для правильного решения инженерно- геологических задач необходимо проводить почти полный цикл геоморфологических исследований, особенно динамики экзогенных сил. Так, в настоящее время для инженерного проектирования совершенно не достаточно обоснования выбора места для строительства объекта с точки зрения механики грунтов и общей оценки геологического строения местности. Поэтому возникает вопрос о создании новой отрасли знаний на стыке инженерной геологии и геоморфологии – инженерной геоморфологии. Это наука будет заниматься исследованием и оценкой рельефообразующих процессов и форм рельефа для поиска оптимального варианта размещения инженерно-строительных сооружений, обеспечения их рациональной и эффективной эксплуатации и защиты от разрушительных стихийных процессов. Основной задачей инженерной геоморфологии является изучение состояния динамического равновесия рельефа, выявления степени его устойчивости и прогнозирование изменений форм его в результате строительства. Такие прогнозы необходимы не только для выбора оптимального варианта размещения объекта, но и для гарантии его службы. В период проектирования зданий и сооружений инженер – строитель должен четко представлять задачи, которые следует решать геоморфологически: определять при- годность данного рельефа, как такового, так и в динамике для строительства; устанавливать форму и тип рельефа; определять происхождение рельефа в целях выяснения его устойчивости во времени; определять возможную скорость изменения форм рельефа на строительной территории, т. е. составлять прогноз на будущее, на период эксплуатации объекта (например, скорость размыва берега и дна реки, рост оврагов и т.д.); устанавливать, как динамика рельефа может повлиять на устойчивость объекта и возможности его бесперебойного функционирования.

# 6.3 Инженерно-геологическая съемка как комплексное изучение района строительства

# Инженерно-геологическая съемка представляет собой комплексное изучение геологии, гидрогеологии, геоморфологии и других естественно - исторических условий района строительства. Эта работа дает возможность оценить территорию со строительной точки зрения.

# Масштаб инженерно-геологической съемки определяется детальностью инженерно-геологических исследований и колеблется от 1:200 000 до 1:10 000 и крупнее. Основой для проведения съемки служит геологическая карта данной территории. Геоморфологические исследования уточняют характер рельефа, его возраст и происхождение. При геологических работах определяют условия залегания пород, их мощность, возраст, тектонические особенности, степень выветрелости и т. д. Для этой цели изучают естественные обнажения, представляющие собой выходы на поверхность слоев горных пород на склонах гор, оврагов, речных долин. Для каждого слоя записывают наименование породы, окраску, состав, примеси. Наиболее характерные для данного района обнажения зарисовывают и фотографируют. Районы, где наблюдается большое количество обнажений, называют открытыми, при отсутствии их – закрытыми. В закрытых районах геологическое строение изучают с помощью разведочных выработок (буровых скважин, шурфов и т. д.). Выработки документируются. Одно- временно из них отбирают пробы образцов пород для лабораторных исследований. На основе полученных данных составляют инженерно-геологическую кар- ту района строительства. Это дает возможность произвести инженерно- геологическое районирование территории и выделить участки, наиболее при- годные под строительство крупных объектов (промышленные предприятия, жилые микрорайоны и т.д.). Для ускорения сроков съемочных работ и повышения их качества используют аэрометоды, которые особенно эффективны в районах, труднодоступных для наземного изучения (заболоченные низменности, пустыни). Широкое применение получили методы космической съемки, для которых разработана специальная аппаратура, методики дешифрирования снимков, позволяющие получить точную информацию. Буровые и горнопроход- ческие разведочные работы являются существенной частью инженерно- геологических и гидрогеологических полевых исследований. С помощью буровых скважин и горных выработок (шурфов, штолен) выясняют геологическое строение и гидрогеологические условия строительной площадки на необходи- мую глубину, отбирают пробы грунтов и подземных вод, проводят опытные работы и стационарные наблюдения. К главнейшим разведочным выработкам относят: расчистки – выработки, применяемые для снятия слоя рыхлого делю- вия или элювия с наклонных поверхностей естественных обнажений горных пород; канавы (траншеи) – узкие (до 0,8м) и неглубокие (до 2м) выработки, выполняемые вручную или с помощью техники с целью обнажения коренных пород, лежащих под наносами; штольни – подземные горизонтальные выработки, на склонах рельефа и вскрывающие толщи горных пород в глубине массива; шурфы – колодцеобразные вертикальные выработки прямоугольного (или квадратного) сечения. Отбор образцов производят из обнажений, буровых скважин, шурфов и других выработок. Пробы отбирают послойно, на всю глубину выработки, но не реже чем через каждые 0,5 – 1,0 м. Наиболее детально опробуется слой, который будет несущим основанием сооружений. Из всех образцов, полученных при инженерно-геологических исследованиях, 5-10 % отбирают для последующих лабораторных анализов. Пробы подземной воды берут из каждого водоносного горизонта в количестве от 0,5 до 2 л. Количество отбираемой пробы зависит от вида химического анализа и степени минерализации воды. Вода набирается в емкость и тщательно закупоривается.

# Геологические карты и разрезы

# По окончании работ по инженерно-геологической съемке и проходке буровых скважин и горнопроходческих выработок создаются геологические кар- ты и разрезы, которые являются важнейшей и обязательной геологической документацией при решении вопросов строительства. Карты составляются в основном для больших площадей, где намечается крупное строительство. Разрезы создаются во всех без исключения случаях строительства. Геологические карты представляют собой проекцию геологических структур на горизонтальную плоскость. По этим картам можно судить о площади распространения тех или иных пород, условиях их залегания, дислокациях. При построении геологических карт используют топографические карты соответствующего масштаба. Все карты подразделяются на карты коренных пород и четвертичных отложений. На картах четвертичных отложений принято показывать расположение в плане пород различного происхождения (речные, ледниковые) и расположенные на поверхности земли. Карты коренных пород показывают горные породы (характер залегания, состав и т.д.), которые располагаются под четвертичными отложениями и скрыты от прямого наблюдения. Инженерно-геологические карты бывают трех видов: инженерно-геологических условий; инженерно- геологического районирования; инженерно-геологические карты специального назначения. Первые содержат информацию с расчетом удовлетворения всех видов наземного строительства. Ее используют для общей оценки природных условий местности, где будет осуществляться строительство. Вторые отражают разделение территории на части (регионы, области, районы) в зависимости от общности их инженерно-геологических условий. Третьи составляют применительно к конкретным видам строительства. Они содержат оценку инженерно- геологических условий территории строительства и прогноз инженерно- геологических явлений. Геологические разрезы представляют собой проекцию геологических структур на вертикальную плоскость и являются важным дополнением геологических карт. Они позволяют выявить геологическое строение местности на глубине. На разрезе показывают возраст, состав, мощность, условия залегания пород, гидрогеологические условия. Разрезы строятся по геологической карте или по данным разведочных выработок (шурфов, буровых скважин).

# 

# Понятие о геологической хронологии земной коры

# Установление возраста горных пород необходимо для оценки их свойств и определения положения среди других пород. Вся геологическая документация требует применения показателей возраста пород. Различают абсолютный и относительный возраст горных пород. Абсолютный возраст – это продолжительность существования (жизни) породы, выраженная в годах. Для его определения применяют методы, основанные на использовании процессов радиоактивных превращений, которые имеют место в некоторых химических элементах (уран, калий, рубидий), входящих в состав пород. Относительный возраст по- зволяет определить возраст пород относительно друг друга, т.е. устанавливать, какие породы древнее, какие моложе. Для установления относительного возраста используют два метода: стратиграфический и палеонтологический. Стратиграфический метод применяют для толщ с ненарушенным горизонтальным залеганием слоев. При этом считают, что нижележащие слои (породы) являются более древними, чем вышележащие. Палеонтологический метод по- зволяет определять возраст осадочных пород по отношению друг к другу неза- висимо от характера залегания слоев и сопоставлять возраст пород, залегающих на различных участках. В историю метода положена история органической жизни на Земле. Животные и растительные организмы развивались постепенно, последовательно. Остатки вымерших организмов захоронились в тех осадках, которые накапливались в тот отрезок времени, когда они жили. Зная последовательность и период жизни вымерших организмов, по их остаткам можно определить относительный возраст слоев осадочных пород.

# Тектонические движения земной коры

# Движения земной коры, вызывающие изменение залегания геологических тел, называют тектоническими движениями. Тектонические движения в земной коре появляются постоянно. В одних случаях они медленные, мало заметные для глаза человека (эпохи покоя), в других – в виде интенсивных бурных процессов (тектонических революций).

# Тектонические движения земной коры можно разделить на три основных типа: колебательные, выражающиеся в медленных поднятиях и опусканиях от- дельных участков земной коры и приводящие к образованию крупных поднятий и прогибов; складчатые, обусловливающие смятие горизонтальных слоев земной коры в складки, так возникают складчатые дислокации; разрывные, приводящие к разрывам слоев и массивов горных пород.

# Значение дислокаций для инженерной геологии

# Для строительных целей наиболее благоприятными условиями является горизонтальное залегание слоев, большая их мощность, однородность состава. В этом случае здания и сооружения располагаются в однородной грунтовой среде, создается предпосылка для равномерной сжимаемости пластов подвесом сооружения. В таких условиях сооружения получают наибольшую устойчивость. Наличие дислокаций усложняет инженерно-геологические условия строительных площадок - нарушается однородность грунтов оснований сооружений, образуются зоны дробления, снижается прочность грунтов, по трещи- нам разрывов периодически происходят смещения, циркулируют подземные воды. Для зданий неблагоприятными условиями являются сложный характер складок. Нежелательно располагать сооружения на линиях разломов.

# Процесс выветривания

# Под процессом выветривания понимают разрушение и изменение состава горных пород, происходящие под воздействием различных агентов, действующих на поверхности земли, среди которых основную роль играют колебания температур, замерзание вод, кислот, щелочей, углекислоты, действие ветра, организмов и т.д. Процесс выветривания воздействует не только на природные тела (минералы, горные породы), а также и на искусственно созданные строи- тельные материалы и сооружения. Процесс выветривания протекает при одно- временном участии многих агентов, но роль их при этом далеко неодинакова. Существует три вида выветривания: физическое, химическое и биологическое. Физическое выветривание выражается в механическом дроблении пород без существенного изменения их минерального состава. Породы дробятся в результате колебания температур, замерзания воды, механической силы ветра и уда- ров песчинок, переносимых ветром и т.д. Физическое выветривание воздействует и на искусственные строительные материалы. Особенно интенсивно вы- ветриваются наружные части зданий. Химическое выветривание выражается в разрушении горных пород путем растворения и изменения их состава. Наиболее активными химическими реагентами в этом процессе являются вода, кислород, углекислота и органические кислоты. Простейшим видом химического выветривания является растворение в воде. Биологическое (органическое) выветривание проявляется в разрушении горных пород в процессе жизнедеятель- ности живых организмов и растений. Механическое разрушение производят растения своей корневой системой. Корни деревьев способны расщеплять даже прочные скальные породы.

# 6.4 Грунты как основной объект инженерно-геологических исследований

# Грунтоведение – это наука о грунтах. Понятие «грунт» до сих пор считается неоднозначным, вокруг него ведется много споров, и до конца вопрос определения этого термина еще не решен. Например, одним из таких определений является следующее: грунты – это любые горные породы (магматические, оса- дочные, метаморфические) и твердые отходы производства, залегающие на поверхности земной коры и входящие в сферу воздействия на них человека при строительстве зданий, сооружений, дорог и других объектов.

# Состав грунтов

# Химический состав грунтов является одной из важнейших характеристик, определяющих их свойства и состояние. При обычных исследованиях в составе инженерно-геологических изысканий для строительства обычно ограничиваются оценкой общего химического состава по результатам химического анализа по солянокислой и водной вытяжкам, иногда определяют валовый химический

# 

# состав. Важной характеристикой грунтов является их минералогический или минеральный состав, определяющий как саму породу, так и ее состояние и инженерно-геологические свойства. Наиболее распространенными в горных по- родах являются примерно 100 минералов. Содержание некоторых из них в по- роде составляет несколько десятков процентов. Эти минералы называют главными породообразующими. Другие содержатся в породе в незначительном количестве (доли %) и их называют второстепенными минералами. Также встречаются случайные минералы или примеси, не являющиеся характерными для данной породы. Микроагрегатный состав грунтов, отражает степень агрегированности породы в данных условиях и используется для характеристики структурных связей в породе. Микроагрегатный состав породы не является постоянным во времени, так как в породе непрерывно происходит образование и раз- рушение вторичных частиц, в связи, с чем в отдельных фракциях изменяется содержание частиц.

# Строение грунтов

# Под строением грунтов понимают совокупность их структурно-текстурных особенностей, т.е. их структуру и текстуру. Под структурой грунта понимают размер, форму, характер поверхности, количественное соотношение слагающих его элементов (минералов, обломков минералов и горных пород) и характер взаимосвязи их с другом, а под текстурой – пространственное расположение слагающих элементов грунта (независимо от их размера). Все структурные элементы (минеральные зерна и обломки), которые являются слагающими горных пород, связаны между собой структурными связями. Эти связи могут быть прочными, кристализационными; они могут быть слабыми, едва проявляющимися в обычных условиях. Типы структурных связей: химическая, молекулярная, ионно-электростатическая.

# Состояние грунтов

# К числу характеристик, определяющих состояние грунтов, относят степень трещиноватости, выветрелости, влажности, водонасыщенности, плотности и др. Такие характеристики, как трещиноватость и выветрелость, определяют свой- ства пород в образце и в массиве. Трещины выветривания заполнены вторичным минеральным материалом, а это повышает неоднородность массива и уменьшает прочностные, деформационные и фильтрационные свойства пород в массиве. Степень влажности учитывают при оценке свойств дисперсных грун- тов. Она определяет возникновение оползней, селеобразования. Степень водонасыщенности применяется к скальным трещиноватым грунтам. Эти две категории определяют способность грунтов деформироваться под нагрузкой и мо- розостойкости.

# Физические свойства грунтов

# Плотность грунта – это отношение массы породы, включая массу воды в ее порах, к занимаемому этой породой объему. Плотность зависит от минералогического состава, влажности и характера сложения (пористости).

# Удельный вес грунта – характеризует отношение веса грунта, включая вес воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему, включая поры.

# Плотность скелета породы или плотность сухого грунта, представляет собой отношение массы минеральных частиц породы при естественной структуре, исключая массу воды в его порах, к занимаемому этой породой объему.

# Пористость представляет собой характеристику пустот или свободных промежутков между минеральными частицами, составляющими породу.

# Деформационные и прочностные свойства грунтов

# Расчет оснований сооружений, проектирование фундаментов, качественных насыпей, создание проектов производства работ, оценка и прогноз эксплуатации оснований и фундаментов, выяснение причин развития и активизация природных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений невозможны без определения физико-механических свойств грунтов, наиболее важными из которых являются деформационные и прочностные. Сжимаемость грунтов характеризует их способность деформироваться под влиянием внешней нагрузки, например, давления от возведенных сооружений, не подвергаясь разрушению. Прочностные характеристики грунтов являются определяющими при решении инженерно-геологических задач, возникающих при оценке оснований, проектировании, строительстве и эксплуатации фундаментов сооружений.

# Методы определения свойств грунтов

# Грунты определяют устойчивость возводимых на них зданий и сооружений, поэтому необходимо правильно определять характеристики, которые обуславливают прочность и устойчивость грунтов при их взаимодействии со строительными объектами. Химический минеральный состав, структуры и текстуры грунтов, содержание органического вещества определяются в геологических лабораториях, оснащенных необходимой аппаратурой. Физико-механические свойства грунтов изучают в грунтоведческих лабораториях и в полевых условиях, т. е. непосредственно на будущих площадках. Методика определения физико-механических свойств выбирается в зависимости от состава и состояния грунтов, условий их поведения в основании, как при строительстве, так и в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Особое внимание при этом обра- щается на достоверность получаемых результатов, так как грунты и грунтовые напластования изменчивы в пространстве и во времени. По каждой физико- механической характеристике грунтов выполняется несколько определений и проводится их статистический анализ. Количество определений зависит от характера грунтов, назначения сооружения и его конструктивных особенностей. Для каждого инженерно-геологического элемента минимальное количество оп- ределений должно быть не менее шести и только в случаях продолжительных полевых испытаний значения механических характеристик устанавливается по данным трех испытаний.

# 

# Характеристика скальных грунтов

# Скальные грунты обладают монолитностью и состоят из кристаллов и их обломков, либо из обломков тех или иных горных пород. Эти грунты находятся в плотном состоянии и имеют высокую прочность за счет кристаллических структурных связей. В массивах скальные грунты имеют трещины, возникающие в процессе движения земной коры. Скальные грунты в силу глубокого залегания в земной коре редко служат основанием зданий и сооружений. Когда это происходит, то объекты лучше опирать на «материнский» скальный грунт, т.е. фундаменты должны прорезать кору выветривания. Фундаменты можно опирать и на кору выветривания, но для этого ее следует упрочнять каким-либо методом технической мелиорации грунтов. При строительстве на скальных грунтах следует учитывать, что скальные грунты по своим свойствам довольно однотипны и необходимо устанавливать степень растворимости. По раствори- мости их разделяют на три группы: труднорастворимые – известняки, доломи- ты; среднерастворимые – гипс, ангидрит; легкорастворимые – каменная соль.

# Природные дисперсные грунты

# Грунты этого класса имеют широкое распространение на поверхности земной коры и с ними связано строительство объектов. Обломки и частицы дисперсных грунтов находятся в механическом взаимодействии, например, как в сухом песке, или связаны друг с другом с помощью пленок воды, как в мок- ром песке или глине. В этот класс входят две группы: несвязанные грунты (с механическими связями) – обломочные осадочные породы в виде крупнообломочных образований и песков; связные грунты – осадочные породы в виде ми- неральных (глинистых) и органических образований.

# Лессовые породы

# Для лессовых пород и их толщ можно выделить общие особенности: отсутствие слоистости; изменение окраски от светло-палевой до шоколадной вниз по разрезу; наличие в лессовых породах погребенных почв, прослоев песка и гравийно-галечных образований, прослоев вулканического происхождения. По гранулометрическому составу лессовые породы характеризуются значительным разнообразием. Они включают различные разности по крупности, начиная от пылеватых песков до лессовидных глин. Просадочность - типичное свойство лессовых пород. Она выражается в способности лессов уменьшать под нагрузкой свой объем при увлажнении, вследствие чего происходит опускание поверхности земли, называемое просадкой. Явление просадки можно изложить следующим образом: вода, попадая в недоуплотненную лессовую породу с большой пористостью, размягчает и частично растворяет соли на контакте ме- жду частицами, благодаря чему связи между частицами нарушаются. Частицы приобретают возможность перемещения в новые положения равновесия при данном внешнем давлении, а это и вызывает изменение (уменьшение) объема породы и просадку поверхности земли над толщей этой породы.

# 

# 6.5 Изучение гидрогеологических условий местности

# Воды, находящиеся в верхней части земной коры, носят название подземных вод. Науку о подземных водах, их происхождении, условиях залегания, за- конах движения, физических и химических свойствах, связях с атмосферными и поверхностными водами называют гидрогеологией. Для строителей подземные воды в одних случаях служат источником водоснабжения, а в других вы- ступают как фактор, затрудняющий строительство. Строители должны изучать подземные воды и использовать их в производственных целях, уметь бороться с ними при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

# Происхождение подземных вод

# Подземные воды образуются путем инфильтрации. Атмосферные осадки, речные и другие воды под действием гравитации просачиваются по крупным порам и трещинам пород. На глубине они встречают водонепроницаемые слои горных пород. Так создаются горизонты подземных вод. Количество воды, ин- фильтрующейся с поверхности, определяется действием многих факторов: характером рельефа, составом и фильтрующей способностью пород, климатом, растительным покровом, деятельностью человека.

# Водные свойства горных пород

# Горные породы по отношению к воде характеризуются следующими показателями: влагоемкость – способность породы вмещать и удерживать в себе воду. В том случае, когда все поры заполнены водой, порода будет находиться в состоянии полного насыщения. Влагоотдача – способность пород, насыщенных водой, отдавать гравитационную воду в виде свободного стока, при этом считают, что физически связанная вода из пор породы не вытекает. Водопроницаемость – способность пород пропускать гравитационную воду через поры (рыхлые породы) и трещины (плотные породы). Чем больше размер пор или крупнее трещины, тем выше водопроницаемость пород. Не всякая порода, ко- торой присуща пористость, способна пропускать воду, например, глина с по- ристостью 50-60% воду практически не пропускает. Непроницаемые породы называют водоупорами, а полупроницаемые и водопроницаемые – единым термином водопроницаемые, или водоносными горизонтами.

# Свойства и состав подземных вод

# При оценке свойств подземных вод исследуют вкус, запах, цвет, прозрачность, температуру и другие физические свойства подземной воды, которые характеризуют так называемые органолептические свойства воды (определяемые при помощи органов чувств). Температура подземных вод колеблется в широких пределах в зависимости от глубины залегания водоносных слоев: воды холодные - температура от 0 до 20 С, теплые, субтермальные – 20 - 37 С, термаль- ные – 37-100 С, перегретые свыше 100 С. Химически чистая вода бесцветна. Окраску воде придают механические примеси (желтоватая, изумрудная). Прозрачность воды зависит от цвета и наличия мути. Вкус связан с составом рас- творенных веществ: соленый – от хлористого натрия, горький – от сульфата магния и т.д. Запах зависит от наличия газов биохимического происхождения (сероводород и др.) или гниющих органических веществ. Плотность воды – масса воды, находящаяся в единице ее объема. Вязкость воды характеризует внутреннее сопротивление частиц ее движению. С повышением температуры вязкость подземных вод уменьшается. Электропроводность подземных вод за- висит от количества растворенных в них солей и выражается величинами удельных сопротивлений от 0,02 до 1,00 Ом\*м. Радиоактивность подземных вод вызвана присутствием в ней радиоактивных элементов (урана, стронция, радия и др.). Растворенные в воде газы придают ей определенный вкус и свойства. Количество и тип газов обуславливает степень пригодности воды для питьевых и технических целей. Подземные воды у поверхности земли бывают загрязнены органическими примесями (различные болезнетворные бактерии, органические соединения, поступающие из канализационных систем и т.д.). Такая вода имеет неприятный вкус и опасна для здоровья человека. Количество и состав солей устанавливают химическим анализом. Суммарное содержание растворенных в воде минеральных веществ называют общей минерализацией. О ее величине судят по сухому или плотному остатку, который получается после выпаривания определенного объема воды при температуре 105-110 С. Жест- кость и агрессивность подземных вод связана с присутствием солее. Жест- кость воды – это свойство, обусловленное содержанием ионов кальция и магния. Агрессивность – подземных вод выражается в разрушительном воздействии растворенных в воде солей на строительные материалы, в частности, на портландцемент.

# Характеристика типов подземных вод

# Подземные воды по условиям их залегания в земной коре делятся на верховодки, грунтовые, межпластовые подземные воды. Верхняя часть земной коры в зависимости от степени насыщения водой пор горных пород делится на две зоны: верхнюю - зону аэрации расположена между поверхностью земли и уровнем грунтовых вод и нижнюю - зону насыщения горных пород расположена ниже уровня грунтовых вод. Верховодки – это временные скопления подземных вод в зоне аэрации. Грунтовые воды – постоянные во времени и значи- тельные по площади распространения горизонты подземных вод, залегающие на первом от поверхности водоупоре. Межпластовые подземные воды располагаются в водоносных горизонтах между водоупорами. Они бывают ненапорными и напорными (артезианскими).

# Движение подземных вод

# Подземные воды могут передвигаться в горных породах, как путем инфильтрации, так и фильтрации. При инфильтрации передвижение воды происходит при частичном заполнении пор воздухом или водяными парами, что обычно наблюдается в зоне аэрации. При фильтрации движение воды происходит при полном заполнении пор или трещин водой. Масса этой движущейся воды создает фильтрационный поток.

# 

# Геологические явления и процессы

# При таянии снега и дождя на склонах рельефа отдельные струйки образу-ют временные ручьи. Возникает струйчатая эрозия, что приводит к образованию вытянутых понижений рельефа – оврагов. Овраг может вскрыть грунтовую воду. На крутых склонах, особенно в горных районах, где развиты скальные породы, активно действует процесс физического выветривания. Породы растрескиваются, и обломки скатываются вниз по склонам до места, где склон вы- полаживается. Этот процесс называется осыпанием. Так, у подножья склонов накапливаются продукты осыпания – глыбы, щебень, более мелкие обломки – и образуются валы – осыпи. Оползни – это скользящее смещение горных пород на склонах под действием гравитации и при участии поверхностных или под- земных вод. Они разрушают здания и сооружения на самих склонах и ниже их. При фильтрации подземная вода совершает разрушительную работу. Из пород вымываются составляющие их мелкие частицы. Это сопровождается оседанием поверхности земли, образованием провалов, воронок. Этот процесс выноса частиц, а не его последствия, называют суффозией. Карстовые процессы – это процессы выщелачивания водорастворимых горных пород (известняков, доло- митов, гипсов) подземными и атмосферными водами и образования в них раз-личных пустот.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

**Вопросы для контроля**

1. Охарактеризуйте взаимное влияние инженерных сооружений и геологической среды.
2. Назовите основные разделы инженерной геологии.
3. Дайте краткую характеристику геосфер.
4. Для каких целей определяется возраст горных пород, какие суще- ствуют методы.
5. Что называют минералами и горными породами.
6. Как разделяют горные породы по генезису.
7. Образование и формы залегания магматических пород, их трещи- новатость и строительные свойства.
8. Образование и условия залегания осадочных пород, их классифи- кация, приминение в строительстве.
9. Метаморфические породы. Основные факторы метаморфизации, применение в строительстве.
10. Основы грунтоведения.
11. Процессы внутренней динамики Земли. Виды тектонических дви- жений.
12. Виды дислокаций, их влияние на инженерно-геологические усло- вия при строительстве.
13. Сейсмические явления, Виды сейсмических волн и характер зем- летрясений.
14. Литосферные плиты верхней оболочки Земли и виды их контак- тов.
15. Что изучает гидрогеология.
16. Виды воды в горных породах.
17. Классификация подземных вод.
18. Что характеризует карта гидроизогипс.
19. Виды водозаборов. Закон Дарси.
20. Назовите процессы внешней динамики Земли и их влияние на геологическую среду.
21. Процессы выветривания и продукты выветривания. Элювий.
22. Геологическая деятельность ветра: дефляция, коррация, транспор- тирование и аккумуляция.
23. Плоскостная и глубинная эрозия. Оврагообразование. Элементы оврага.
24. Геологическая деятельность реки. Элементы долины, виды террас, инженерно-геологические особенности при строительстве.
25. Охарактеризуйте опасные геологические процессы, такие как:

* Суффозия;
* Карст;
* Плывуны;

Назовите особенности строительства.

1. Геологическая деятельность озѐр и болот, особенности строитель- ства в этих условиях.
2. Виды ледников. Особенности строительства на моренных отложе- ниях.
3. Селевые потоки. Районы проявления и меры сохранения склонов.
4. Виды мерзлоты. Условия залегания, гидрогеология и особенности строительства.
5. Гравитационные процессы на склонах и котлованах: осыпи, обва- лы, оползни. Зарождение, механизм движения, классификация, меры борьбы.
6. Инженерно-геологические особенности лессовых пород.
7. Цели и задачи инженерно-геологических изысканий.
8. Изыскания по видам строительства.
9. В чѐм заключаются инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городов.

**Вопросы для зачета (заочная форма обучения)**

1. Инженерно-геологическая съёмка (сущность, этапы, объём)

2. Цели и задачи изысканий для строительства.

3. Состав инженерно-геологических изысканий.

4. Этапы инженерно-геологических изысканий.

5. Инженерно-геологический отчёт. (форма, содержание)

6. Инженерно-геологическое заключение и экспертиза.

7. Главнейшие разведочные выработки. Буровые работы. Буровые скважины.

8. Грунты их виды и характеристика.

9. Геологическая карта (определение, виды, характеристика)

10. Элементы рельефа.

11. Геоморфология. Формы рельефа.

12. Типы рельефа.

13. Подземные воды. Гидрогеология. Виды подземных вод. Классификация подземных вод

14. Методы осушения грунтов.

15. Инженерно-геологическая съёмка.

**Таблица вариантов заданий для контрольной работы обучающихся заочной формы**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант/**  **номер вопроса** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 2 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 3 | 31 | 32 | 33 | 34 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 4 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 1 | 2 |
| зачет | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Геохронологическая таблица**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Эра***  **(группа)** | **Период (система)** | **Эпоха (отдел)** | **Длитель тель- ность,**  **млн. лет** | **Главные**  **геологические события** |
| Кайно- зойская *КZ.* | Антропоген- ный четвер- тичный. Q. | Голоцен (совре- менный) Q4 плейстоцен: поздняя (верх- ний)Q3 средняя Q2  нижняя (ниж- ний) Q1 | г-2 | Великое оледенение Русской Западно- Сибирской равни- ны: поднятие гор Кавказа, Урала, Тянь-Шаня. Обра- зование современ- ного ландшафтных зон тундры, степей,  пустынь. |
| Неоген N. | Плиоценовая (верхний)N2 миоценовая (нижний)N | 25 | Альпийская склад- чатость и образова- ние гор на Кавказе, в Крыму. Неоген - четвертичный вул-  канизм. |
| Палеоген Р. | Олигоценовая (верхний)Р3 эоценовая (сред- ний)Р2 палеоце- новая (нижний) Р1 | 41 | Море периодически затапливает Украи- ну, Поволжье, За- падную Сибирь. Среднюю Азию. |
| Мезо- зойская МZ. | Мел К | Поздняя (верх- ний)К2;  ранняя (нижний)  К1, | 70 | Затопление морем многих районов. |
| Юра J. | Поздняя (верх- ний) J3  Средняя (сред- ний)J2  ранняя (нижний)  J1 | 55-58 | Складчатость, вул- канизм и образова- ние гор на северо- востоке Азии. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Триас Т | Поздняя (верх- ний)Т3  средняя (сред- ний)Т2  ранняя (нижний)  Т1 | 40-45 | Значительная часть территории пред- ставлялась сушей. |
| Палео- зойская PZ. | Пермь Р. | Поздняя (верх- ний)P2  ранняя (нижний) Р1 | 45-50 | Герценекая склад- чатость. Вулканизм, образование гор Урала, Алтая, Тянь.- Шаня. Сухой кли-  мат в Приуралье. |
| Карбон С. | Поздняя (верх- ний)C3  средняя (сред- ний) C2  Ранняя (нижний)  С1 | 65-70 | Море затапливает большую часть тер- ритории. Образова- ние углей в Под- московном бас-  сейне. |
| Девон D. | Поздняя (верх- ний)D3  средняя (сред- ний)D2  ранняя (нижний)  D1 | 65-70 | Море затопляет всю территорию. |
| Сипур S. | Поздняя (верх- ний)S2  ранняя (нижний)  S1 | 30-36 | Каледонская складчатость, вул- канизм и горообра- зование в Саянах, море покрывает Сибирь, Среднюю Азию. |
| Ордовик О. | Поздняя (верх- ний)O3  средняя (сред- ний)O2  ранняя (нижний)  О1 | 60-70 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Кембрий € | Поздняя (верх- ний)€3  средняя (сред- ний)€2  ранняя (нижний)  €1 | 70-80 |  |
| Проте- розой- ская PR. | Ранний протерозой |  |  | Складчатость, вул- канизм, образование высоких хребтов в Карелии, Забайка- лье, на Кольском полуострове, Укра- ине |
| Средний протерозой |  |  |
| Поздний протерозой | рифей, венд. |  |
| Архей- ская AR. | Архей AR. |  |  |

# Шкала интенсивности землетрясений (с сокращениями)

|  |  |
| --- | --- |
| Интенсивность,  балл | Краткая характеристика землетрясений |
| I | *Неощутимые землетрясения.* Сотрясения  почвы обнаруживаются и регистрируются только приборами. |
| II | *Едва ощутимые землетрясения.* Колебания  ощущаются только отдельными людьми. |
| III | *Слабое сотрясение.* В зданиях наблюдаются раскачивания висячих предметов, иногда слышится дребезжание посуды. Землетрясение  ощущается многими людьми. |
| IY | *Заметное землетрясение.* Колебания почвы сходны с сотрясениями, вызываемыми проез- жающим тяжело нагруженным грузовиком. В домах слышно дребезжание стекол, посуды,  скрип дверей, полов, стен. |
| Y | *Пробуждение.* Землетрясение ощущается всеми людьми, спящие просыпаются, животные беспо- коятся. Висячие предметы сильно рас- качиваются, а неустойчивые опрокидываются. В зданиях появляются небольшие трещины,  осыпается побелка и штукатурка. |
| YI | *Испуг.* Люди, находящиеся в зданиях, пуга- ются и выбегают на улицу, животные поки- дают укрытия. Мебель смещается со своих мест. В сырых грунтах появляются трещины  шириной до 1 см. |
| YII | *Повреждение зданий.* Люди с трудом удержи- ваются на ногах. Наблюдаются случаи разруше- ния построек из природного камня (глинобитных и рваного кирпича), на дорогах появляются тре- щины, нарушаются стыки трубопроводов. Наблюдаются отдельные случаи оползней в  горах и на берегах рек, морей. |
| YIII | *Сильное повреждение зданий.* Испуг и паника, обламываются ветви деревьев. Разрушаются многие здания из природного камня. В камен- ных домах появляются многочисленные трещи- ны, осыпается штукатурка. Памятники и статуи |

|  |  |
| --- | --- |
|  | сдвигаются. Трещины в грунтах достигают не- скольких сантиметров. |
| IX | *Всеобщее повреждение зданий.* Всеобщая па- ника. Отдельные случаи разрушения кирпич- ных построек. Искривляются железнодорож- ные пути. Трещины в грунтах достигают 10 см в ширину. На поверхности водоемов обра- зуются волны, на равнинах возникают навод-  нения. |
| X | *Всеобщее разрушение зданий.* Кирпичные зда- ния разрушаются, серьезные повреждения воз- никают в плотинах, дамбах, мостах. Дорожные асфальтированные покрытия приобретают вол- нистую поверхность. Трещины в грунтах до- стигают 1 м. На берегах рек, морей, склонах гор наблюдаются крупные оползни. Отмеча-  ются случаи выплескивания воды в озерах, каналах, реках. |
| XI | *Катастрофа.* Повреждаются здания железобе- тонных конструкции. Значительным разрушени- ям подвергаются мосты, плотины, железнодо- рожные пути. Ровная поверхность становится волнистой. Ширина трещин и грунтах достигает 1 м. Вдоль разрывов происходит вертикальные и горизонтальные перемещения горных пород. В  горах многочисленны оползни и обвалы. |
| XII | *Изменения рельефа.* Сильные повреждения или разрушения практически всех наземных и под- земных сооружении. Трещины в грунтах со- провождаются значительными вертикальными и горизонтальными перемещениями. Изменяется рельеф за счет многочисленных обвалов, оползней, смещений. Возникают озера и во-  допады, меняется направление русел рек. |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев В. П., Потапов А. Д. Инженерная геология – М.: Выс- шая школа, 2000
2. Гольдшейн М. Н. Механические свойства грунтов. - М.: Стройиздат, 1979
3. Геологический справочник. В 2-х т. - М., 1973.
4. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. - М., 1995
5. Дружинин М. К. Основы инженерной геологии. - М.: Недра. 1978.
6. Иванов М.Ф. Общая геология. - М.: Высшая школа. 1974.
7. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология, инженерная геодинамика

- Л., 1977.

1. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологам и механики грун- тов.- М.: Высшая школа, 1982.
2. Маслин Н. Н., Котов М. Ф. Инженерная геология. - М.: Стройиздат, 1971.
3. Пешковский Л. М., Перескокова Т. М. Инженерная геология. - М.: Высшая школа, 1982.
4. Сергеев И. М. Инженерная геология - М.: Изд-во МГУ, 1979.
5. СНнП II - 02 - 96. Инженерные изыскания для строительства. Ос- новные положения. - М., 1996.
6. Справочник по инженерной геологии. - М.: Недра, 1968.
7. Справочник по инженерным изысканиям для строительства М., 1963.
8. Чернышев С. Н., Чумаченко А. Н., Ревелнс И. Л. Задачи и упражнения по инженерной геологии. - М.: Высшая школа, 2001.
9. Швенов Г. И. Инженерная геология - М: Высшая школа , 1997.
10. Горбунова Т. А., Камаев С. Г. Элементы грунтоведения и геоди- намические процессы. Учебное пособие. – Барнаул: Из-во АлтГТУ, 2004.