

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-  
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУ-  
НИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

**Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование  
Разработчик: доцент, к.г-м.н. Гильдеева И.М.**

**Санкт-Петербург  
2015**

## 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 дорог. По мере увеличения объемов строительства и освоения районов Средней Азии, Сибири, Поволжья, Дальнего Востока перед геологами строители ставили все новые задачи, т. к. усложнялись инженерно-геологические условия, строители встретились с новыми опасными геологическими процессами: пльвунами, 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. Инженерная геология, ландшафтная геология и учение о неосфере дали начало развитию нового направления в изучении геологической среды - инженерной геэкологии.

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

Инженерная геология как наука развивается под влиянием дифференциации и синтеза и связана с другими науками - геологическими и естественно-негеологическими. Кроме того, развитие инженерной геологии связано с техническими и социально-экономическими науками (рисунок 1).



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

# 1. Основы общей и инженерной геологии.

## 1.1. Инженерная геология как наука.

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

Под геологической средой следует понимать любые горные породы и почвы, слагающие верхнюю часть литосферы (земной коры), которые рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека, что приводит к изменению природных геологических процессов 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 влияют:

- на выбор места расположения объектов;
- на конструкцию сооружений и глубину заложения фундаментов;
- на способы производства строительных работ и мероприятия по охране окружающей среды.

Инженерные сооружения, в свою очередь, могут изменить существующие природные геологические условия:

- вызвать осадку (уплотнение) или сдвиги в тех породах, на которых они построены;
- изменить рельеф планировкой и подсыпкой;
- изменить микроклимат и глубину промерзания почвы, уровень грунтовых вод;
- ускорить развитие оврагов, оползней и других опасных геологических процессов.

Инженерно-геологическая оценка условий строительства определяется 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 литосферу 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. Грунтоведение изучает минералогический состав грунтов, их генезис (происхождение), 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 грунтов* на стыке геологических, физико-математических и строительных дисциплин. Механика грунтов рассматривает те общие закономерности, которые вытекают из применения к горным породам и почвам законов теоретической и строительной механики в связи с нагрузками.

Грунтоведение характеризует грунты основания сооружений в ненарушенном состоянии до начала строительства и прогнозирует изменение их в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

*Инженерная геодинамика* - изучает природные и инженерно-геологические опасные процессы и явления, влияющие на строительство и эксплуатацию сооружений. Это гравитационные процессы на склонах и в котлованах, оврагообразование, геологическая

деятельность 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 оказываются одинаковыми или близкими у тех территорий, которые имеют одну и ту же или близкую историю геологического развития и находятся в одних и тех же природно-климатических зонах. В ее задачу входит составление инженерно-геологических карт, выделение регионов, 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 проектировании зданий и сооружений является инженерно-геологическая карта и заключение с оценкой инженерно-геологических условий стройплощадки.

### 1.2. Земля как планета

Земля - третья планета Солнечной системы, имеет форму геоида (аппроксимируется 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 занимают 90% поверхности.

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

100

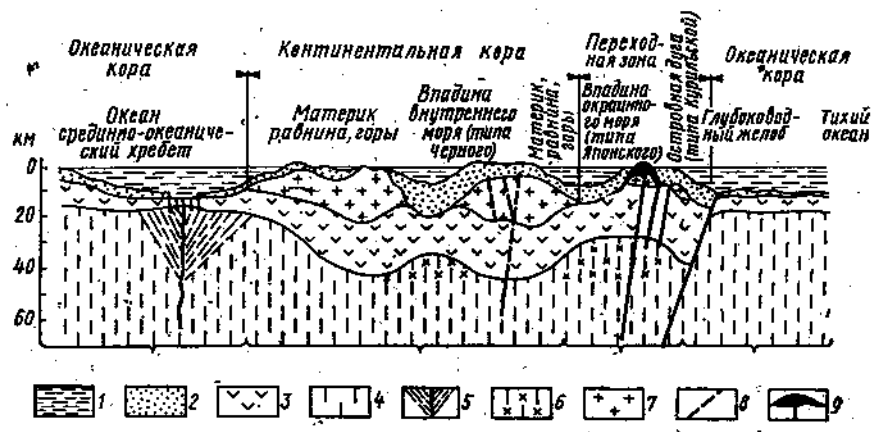


Рисунок 2. Схема строения земной коры (по М. В. Муратову, 1975):

1 - вода, 2 - осадочные породы, 3 - базальтовый слой, 4 - мантия Земли, 5 - участки мантии с пониженной плотностью, 6 - участки мантии с повышенной плотностью, 7 - гранитометаморфический слой, 8 - глубинные разломы, 9 - вулканические конусы, магматические очаги и каналы.

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

Между геосферами существует природные и техногенные связи. Идет непрерыв-

ный обмен веществом и энергией, рождаются геологические процессы внутренней и внешней динамики Земли. Инженерная деятельность человека может ускорить или замедлить развитие опасных 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 системы 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 происхождения Солнечной системы, согласно которой процесс формирования планет и их спутников происходил из первичного метеоритного вещества, захваченного притяжением Солнца, под влиянием гравитационного поля которого произошло перераспределение метеоритного вещества с образованием Солнечной системы.

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

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 системы и планеты Земля.

### **1.3. Геологическое время и возраст горных пород.**

Земная кора формировалась длительное время, постепенно, неодинаково в разные отрезки времени; разнообразных физико-географических условиях. На отдельных участках происходило накопление осадков, затем их смятие в складки или разрывные (дислокационные) 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, составления 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 используется процесс радиоактивных превращений в направлении образования одних химических элементов из других. Наиболее часто используют разработанные методы: свинцовый, стронциевый, аргонный и углеродный.

- *относительный* - возраст рассматривается для одной горной породы относительно другой, моложе или старше ее по времени образования. Используют следующие методы:

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

б) палеонтологический - применим при наличии в осадках окаменелостей - остатков живых организмов, захороненных в слоях. Органическая 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 стратиграфии и относительной геохронологии создана сводная шкала геологического времени - геохронологическая таблица, где каждому отрезку времени соответствует свой комплекс образовавшихся в это время пород (таблица. 1).

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 любой геологической карты мира (приложение).

#### **1.4. Минералы и горные породы.**

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

Минералами называют сравнительно однородные по химическому составу соединения, образовавшиеся в результате сложных физико-химических процессов в недрах Земли или на ее поверхности. Минералы могут быть твердыми (кварц, роговая обманка), жидкими (самородная ртуть) и газообразными (сероводород, метан). Подавляющее большинство твердых минералов являются кристаллическими образованиями 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 – кристаллов. Размеры минеральных индивидов могут быть от больших, масса которых несколько тонн (полевой шпат, кварц), до мельчайших зернышек, видимых только в микроскоп. Большинство минералов встречаются именно в виде мелких и мельчайших зернышек, образуя зернистую структуру магматических, осадочных и метаморфических горных пород.

В природе встречается около 4000 минералов и каждый из них имеет определенное строение и обладает присущим 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:

I - самородные элементы - золото Au, сера S и др.

II - окислы (оксиды) - кварц  $\text{SiO}_2$ , корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и др.

III - гидроокислы (гидроксиды) - опал  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , лиманит  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и др.

IV - сульфиды - соли сероводородной кислоты - пирит  $\text{FeS}_2$ , галенит  $\text{PbS}$  и др.

V - сульфаты - соли серной кислоты - гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , барит  $\text{BaSO}_4$  и др.

VI - галоиды - соли соляной, фтористоводородной и др. кислот - галит  $\text{NaCl}$ , флюорит  $\text{CaF}_2$  и др.

VII - силикаты - имеют сложный химический состав, но обязательно в своей структуре кремнекислородный тетраэдр  $[\text{SiO}_4]^{-4}$  и в зависимости от сочетания с другими элементами выделяют подклассы и группы:

- цепочечные - авгит и др.,
- островные - оливин и др.,
- ленточные - роговая обманка и др.,
- листоватые - слюды: мусковит, биотит, глинистые минералы: каолинит, монтмориллонит и др.,
- каркасные - ортоклаз, лабрадор и др.

Существуют и другие классификации минералов.

Горные породы земной коры могут быть мономинеральными, т. е. состоять из одного минерала (мрамор, дунит) или полиминеральными, 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 важнейшие петрографические особенности.

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

### Магматические горные породы.

Магматические горные породы образуются в результате остывания и кристаллизации магмы. Магма - это огненно-жидкий расплав-раствор, содержащий различные элементы, их окислы и летучие компоненты (фтор, хлор, воду, углекислоту и др.). В процессе кристаллизации магмы происходит перераспределение компонентов. Если образующиеся кристаллы удаляются из магматического очага, например, опускаются в более глубокие горизонты или всплывают в верхние, состав магмы будет постепенно меняться и из нее будут кристаллизоваться 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 конечной стадии кристаллизации магмы остаточные перегретые магматические расплавы и растворы, обогащенные летучими компонентами по трещинам проникают в окружающие породы и дают начало пегматитовым, гидротермальным и иневматометовым процессам минералообразования. При застывании магмы на большой глубине при медленном падении температуры и давлении происходит полная раскристаллизация интрузивных (глубинных) магматических пород. Гранит, габбро, диорит и др. имеют полнокристаллическую (зернистую) структуру и массивную текстуру. Формы залегания интрузивных пород: ватолит, лакколит, силы, дайки и др. (рисунок 3).

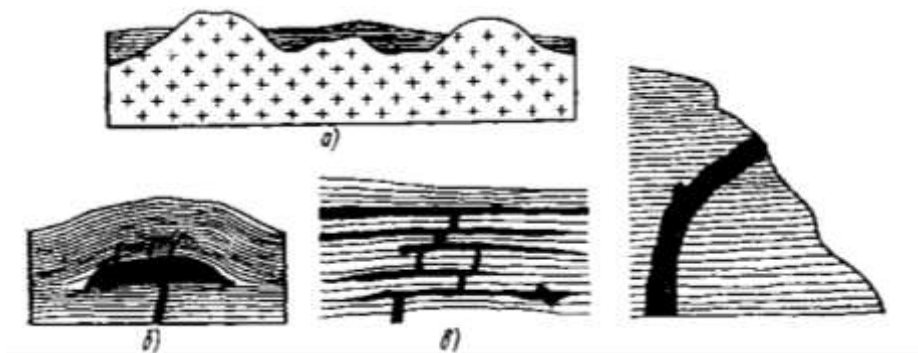


Рисунок 3. Формы залегания интрузивных тел: а – батолит; б – лакколит; в – силы; г – дайка.

При прорыве магмы по трещинам к поверхности Земли, магма теряет часть летучих соединений, переходит в состояние лавы и при быстрой смене давления и температуре застывает на поверхности или вблизи её, образуя эффузивные (излившиеся) породы базальты, диабазы порфириты и др. Имеют скрытно-кристаллическую или порфировую структуру и массивную или шлаковую структуру. Формы залегания: потоки, покровы, конусы и др. (рисунок 4.)

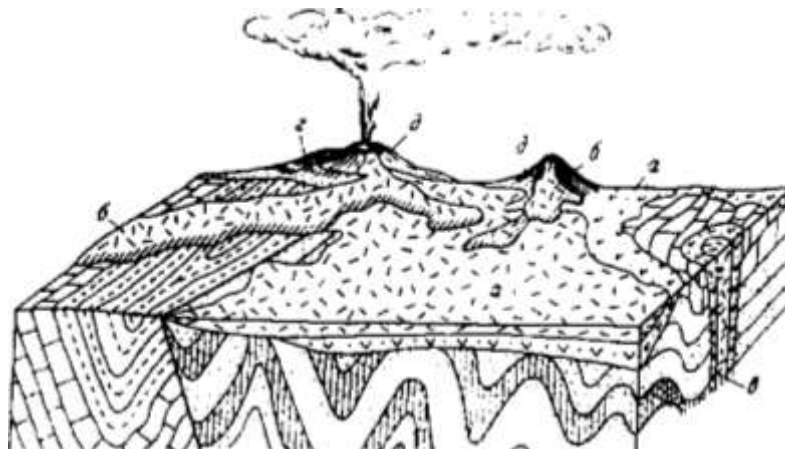


Рисунок 4. Формы залегания эффузий. Покровы (а), потоки (б), нежки (в), сомма (г), конусы (д), на поверхности и в разрезах.

Схема классификации магматических пород

Таблица 2

Группы пород.	Минералогический состав	Интрузивные породы	Эффузивные породы	
			Кайно типные (молодые)	Палеотипные (древние)
Ультракислые и кислые $SiO_2 > 65\%$	Палевые шпаты (ортоклаз), кварц	Пегматит	Липарит	Кварцевый порфир
	Полевые шпаты, кварц, слюда	Гранит		
Средние $SiO_2 = 52 - 65\%$	Полевые шпаты (ортоклаз, плагиоклазы), кварц, слюды, роговая обманка, биотит	Сиенит	Трахит	Ортоклазовый Порфир
	Полевые шпаты (плагио-клаз), роговая обманка, авгит, биотит	Диорит	Андезит	Порфирит
Основные $SiO_2 = 45 - 52\%$	Полевые шпаты, авгит, биотит.	Габбро	Базальт	Диабаз
	Лабрадор	Лабрадорит		
Ультраосновные $SiO_2, < 45\%$	Авгит	Пироксенит		
	Оливин, авгит	Перидотит		
	Оливин	Дунит		
Вулканогенные	Стекло, преимущественно кислого состава		Обсидиан	



## Трещиноватость магматических пород.

а) Первичная трещиноватость отдельности образуется в процессе остывания и кристаллизации магмы. Наиболее часто встречаются трещиноватости – 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 трещины, расширенные процессами выветривания.

Трещиноватость пород повышает скорости выветривания пород, способствует более глубокому их проникновению, снижает декоративные и прочностные характеристики магматических пород и требует исследований свойств не только в отдельных образцах, но и в массиве.

## Осадочные породы.

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

- образование исходного материала при разрушении магматических, 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 (седиментогенез) 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, окисления, гидратации, восстановления в рыхлых осадках.

- Изменение осадочной породы (катагенез) до начала метаморфизации или начала выветривания.

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

- обломочные - осадки механического происхождения, которые по размеру обломков разделяют на глубокообломочные, песчаные, пылеватые и глинистые, рыхлые и цементированные;

- Химические осадки формируются на дне водоемов в результате выпадения веществ из истинных водных растворов, а также являются отложениями подземных вод;

- Органогенные осадки образуются за счет накопления продуктов жизнедеятельности организмов морских, реже пресноводных беспозвоночных;

- Смешанные осадки - имеют сложный состав и содержат в разных соотношениях обломочный, органогенный и химический материал;

Схема классификации осадочных пород.

Таблица 3.

Группа пород	Название породы	Главные минералы	Преобладающие структуры	Преобладающие текстуры
Осадки механического происхождения.	Глина, аргиллит	Глинистые минералы.	Пелитовая.	Беспорядочная, слоистая.
	Лесс, алевроит, алевролит.	Полиминеральный.	Алевритовая.	Беспорядочная, слоистая.
	Песок, песчаник	Полиминеральный.	Псаммитовая.	Беспорядочная, слоистая.

	Галька, гравий, валуны, щебень, дресва, глыбы, конгломерат, брекчия.	Полиминеральный.	Псефитовая.	Беспорядочная.
Химические осадки.	Известняк.	Кальцит.	Оолитовая, пелитовая.	Массивная.
	Известковый туф.	Кальцит.	Скрытокристаллическая	Пористая.
	Каменная соль.	Галит, сильвин.	Полнокристаллическая	Массивная.
	Гипс.	Гипс.	Полнокристаллическая	Массивная.
	Ангидрит.	Ангидрит.	мелко- и среднекристаллическая	Массивная, слоистая.
	Доломит.	Доломит.	Пелитовая, тонкозернистая	Массивная, реже слоистая.
Органо-генные осадки.	Известняк плотный.	Кальцит.	Полнокристаллическая, скрытокристаллическая	Массивная, полосчатая.
	Известняк-ракушечник.	Кальцит.	Биоморфная.	Пористая.
	Мел.	Кальцит, примеси глинистых минералов.	Пелитовая.	Пористая.
	Кремнистые (опока, трепел, диатомит).	Кварц (опал).	Пелитовая. Скрытокристаллическая	Пористая.
Смешанные.	Мергель.	Кальцит, глинистые минералы.	Пелитовая.	Сливная.
	Боксит.	Алюмосиликатные минералы	Псефитовая, оолитовая	Беспорядочная.

### Формы залегания осадочных пород.

Для осадочных образований первичной формой залегания является слой или пласт. Это геологическое тело, сложенное однородной породой, ограниченное двумя поверхностями - верхней (кровлей) и нижней (подшвой). Каждый слой характеризуется мощностью. Различают истинную, вертикальную и горизонтальную мощность (рисунок 5).

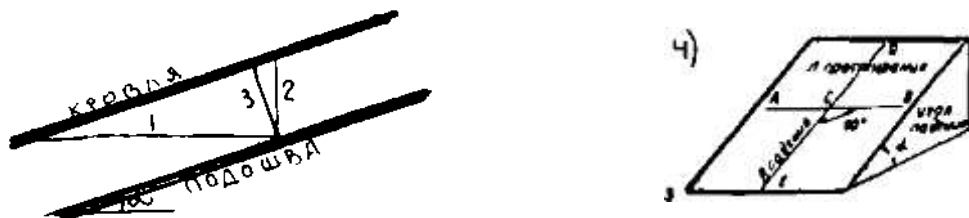


Рисунок 5. Мощности

1 - горизонтальная, 2 - вертикальная,  
3 – истинная, 4 – элементы залегания.

Положения слоя в пространстве определяется его элементами залегания - простиранием и падением. Простирание - линия пересечения слоя с горизонтальной плоскостью, положение которой относительно стран света определяется азимутом простирания. Падение - наклон слоя к горизонтальной поверхности, величина наклона - угол падения (рис. 5).

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 6).

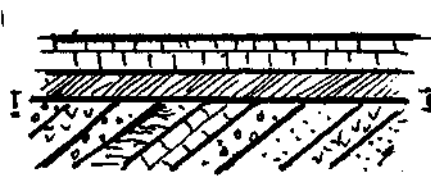


Рисунок 6. Линия углового несогласия I – I.

При уменьшении мощности слоя говорят о его выклинивании. При выклинивании в нескольких направлениях образуется линза (рисунок 7).

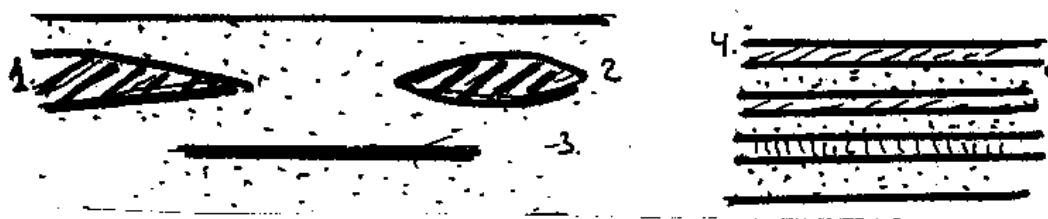


Рисунок 7. Формы залегания.

1 - выклинивание слоя, 2 - линза,  
3 - пропласток, 4 – переслаивание.

Вертикальную частую смену слоев называют их переслаиванием, небольшой прослой другой породы в общем массиве - пропластком.

Поверхностная толща литосферы на 75% сложена из осадочных пород, которые чаще всего и являются основанием и средой сооружения. При инженерно-геологической оценке осадочных пород характеризуют 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 которых она образовалась, порода начинает приспосабливаться к новым условиям путем изменения минерального состава, структуры и текстуры без изменения валового химического состава, либо с его изменением за счет приноса или выноса вещества. Такой процесс называют метаморфическим.

Основными факторами, вызывающими метаморфизацию горных пород, являются температура, давление и химические активные вещества, растворы и газы. Процессы метаморфизации протекают с сохранением 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 различают:

- *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 мраморизированные 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 породами являются роговики, мрамор

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

Минералогический состав см. табл., формы залегания реликтовые, т. е. унаследованные от исходных пород.

При инженерно-геологической оценке метаморфических пород как (ды сооружений особое внимание обращают на степень метаморфизации, сланцеватость и выветренность, а для пород с массивной текстурой (мрамор, кварциты и др.) - на степень раздробленности, трещиноватость и выветренность

### **1.5. Грунтоведение.**

#### **Грунты. Классификация.**

*Грунт* - горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека. Грунты могут служить:

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

Согласно ГОСТ 25100 - 95 "Грунты", установлена обязательная классификация грунтов, термины и определения при производстве инженерно-геологических изысканий, проектировании и строительстве. Классификация включает таксонометрические единицы - класс, группа, подгруппа, тип, вид, разновидность, выделяемые по группам признаков.

*Класс природных скальных грунтов* - грунты с жесткими структурными связями (кристаллизационными и цементационными) - магматические, метаморфические, осадочные породы.

*Класс природных дисперсных грунтов* - грунты с водно-коллоидными и структурными механическими связями: связные – глинистые грунты; несвязные - пески, крупнообломочные грунты.

*Класс мерзлых природных грунтов* - грунты с криогенными структурными связями.

*Класс техногенных (скальные, дисперсные и мерзлые) грунтов* - грунты с различными структурными связями, образовавшиеся в результате деятельности человека.

В классе выделяются группы – по характеру структурных связей (с учетом их прочности), подгруппы – по происхождению и условиям образования; тип – по вещественному составу (с учетом показателей свойств и размерам частиц), разновидности – по количественным показателям вещественного состава, свойств и структуры грунта.

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

## **2. Эндогенные процессы.**

### **2.1. Тектонические движения земной коры.**

Движения земной коры, в результате которых меняется высотное положение поверхности и слагающих её горных пород, условия и формы залегания, происходит образование новых форм рельефа называют *тектоническим*. Геодезические измерения показывают, что вся поверхность Земли находится в непрерывном тектоническом движении. Эти движения вызываются силами, которые действуют в земной коре и, главным образом, в мантии. Они приводят к деформациям слагающих кору пород, трансгрессии и регрессии

моря, поднятия одних участков земной коры и опусканиям других, рядом с ними расположенными.

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

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

Тектонические движения разделяют на вертикальные (радиальные) и горизонтальные (тангенциальные). Они взаимно связаны и переходят один вид в другой.

*Вертикальные*, колебательные движения при проявлении и смене направления приводят к изменению очертания береговых линий, бассейнов, озер, меняют направление геологической деятельности, что приводит к затуханию или возобновлению таких экзогенных процессов и явлений, как образование террас, подтопление устьев рек, подболачивание, оврагообразование, нарушение динамического равновесия рельефа, накопление мощных толщ четвертичных отложений или их глубокий размыв (рисунок 8).

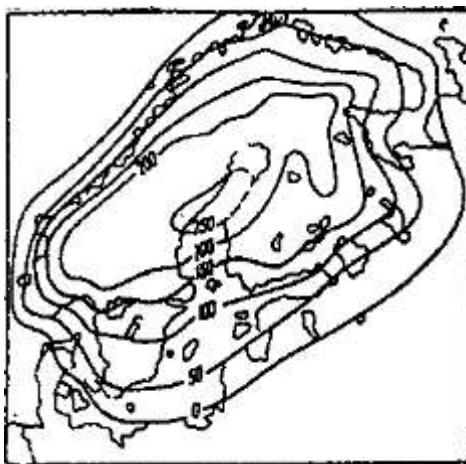


Рисунок 8. Карта линий равных поднятий Скандинавского полуострова за последние 25 тыс. лет.

*Тангенциальные* движения приводят к горообразованию, возникновению складчатых (пликативных) и разрывных (дизъюнктивных) дислокаций, проявлению магматизма, вулканизма и сейсмике.

Горообразовательные процессы происходили весь период формирования литосферы. С ними связаны и дислокации – нарушения первичного залегания слоев. Различают пликативные и дизъюнктивные дислокации.

*Пликативные (складчатые) дислокации* - это изменение положения слоя без разрыва его сплошности. Формы пликативных дислокаций: моноклираль, флексура, складки (рисунок 9). В зависимости от положения осей складок различают складки прямые, косые, наклонные, лежащие и др.

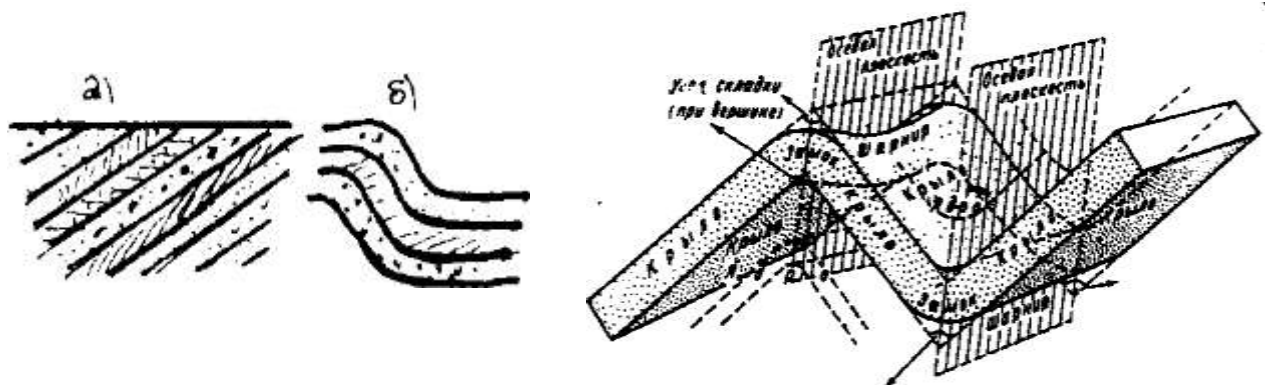


Рисунок 9. Формы пликативных дислокаций, а - моноклираль, б - флексура, в – складки.

*Дизъюнктивные (разрывные) дислокации.* В начале происходит разрыв слоя, а затем часть его смещается по сместителю (сбрасывателю). Виды разрывных дислокаций (рисунок 10). Наблюдаются и более сложные сочетания разрывных дислокаций.

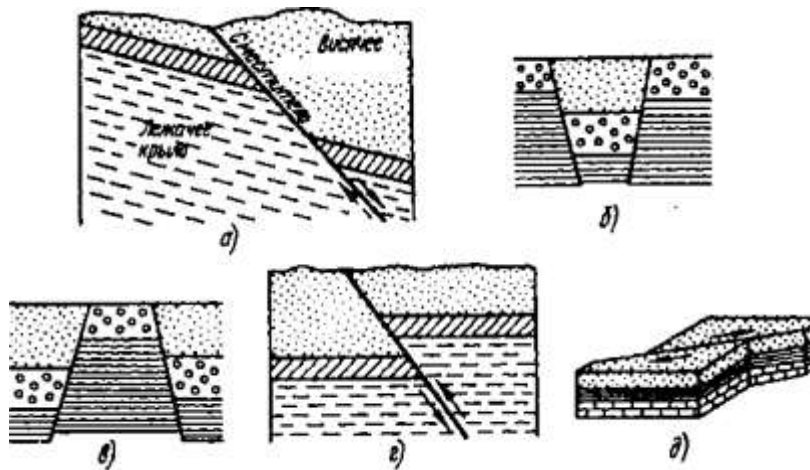


Рисунок 10. Разрывные тектонические разрушения: а - сброс, б - грабен, в – горст, г - взброс, д – сдвиг.

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

## 2.2. Сейсмические явления.

### **Землетрясения.**

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

- *Продольные волны*. Они сжимают и растягивают породу, создавая в ней напряжение в направлении распространения волн. Они проходят 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 регистрации землетрясений используют приборы для записи колебаний - сейсмографы, которые записывают их в виде графиков - сейсмограмм (рисунок 11).

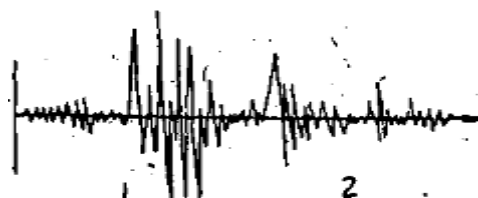


Рисунок 11. Сейсмограмма: 1 – продольной волны, 2 – поперечной.

Область Земли, где внезапно, взрывоподобно выделяется потенциальная энергия, называют *гипоцентром*, а его проекция на поверхность Земли - *эпицентром*. Вокруг эпицентра располагается область наибольших разрушений - *плейстосейстовая область* Линии, соединяющие пункты с одинаковой интенсивностью колебаний (в баллах) называют *изосейстами* (рисунок 12).

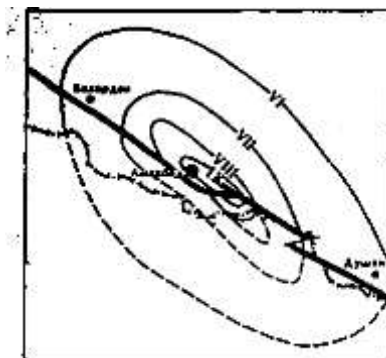


Рисунок 12. Схема изосейст Ашхабатского землетрясения горшков (1948 г.).

Расстояние между гипоцентром и эпицентром есть глубина сейсмического очага. По глубине сейсмического очага землетрясения делят 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 землетрясений.

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 расстояния до нескольких тысяч километров. Дальность распространения во многом зависит от геологического строения района. В горных областях волны затухают значительно быстрее, чем на равнине. При Ашхабатском землетрясении 1948 г. ударные волны распространились в сторону Западно-Сибирской низменности до 2500 км.

Скорость распространения сейсмических волн зависит от упругости и плотности породы. Переходя из более плотной упругой среды в менее плотную и упругую или наоборот, сейсмические волны испытывают отражение и преломление, что записывается на сей-

смограмме и позволяет обозначать границы слоев пород разных по составу, плотности, влажности, а затем, используя эталоны, построить геологический разрез.

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

Оценка силы землетрясений производится по шкалам магнитуд (М) и балльности (J). По шкале магнитуд, известной под названием шкалы Рихтера, магнитуда любого землетрясения определяется как десятичность логарифма максимальной амплитуды сейсмической волны (выраженной в микронах), записанной стандартным сейсмографом на расстоянии 100 км от эпицентра.

Известные максимальные значения магнитуд  $M = 8,5 - 9$ . Магнитуда - расчетная величина, относительная характеристика сейсмического очага, используется для оценки общей энергии, выделявшейся в очаге (установлена функциональная зависимость между магнитудой и энергией).

Магнитуда самых больших землетрясений соответствует выделению энергии  $10^{17} - 10^{18}$  Дж.

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

В учебнике В.П. Ананьева, А.Д. Потапова (2002г.) приведена формула расчета

$$\text{балльности: } J = 1,5M + 3,51g\sqrt{L^2 + h^2} + 3$$

Балльность (J) является функцией магнитуды (M), глубины очага (h) и расстояния от рассматриваемой точки до эпицентра (L).

Магнитуда определяется по сейсмограмме. При оценке разрушительного воздействия сейсмической волны большое значение имеет угол, под которым она приходит из гипоцентра к поверхности Земли. Результирующая сейсмической волны разлагается на две составляющие - нормальную и горизонтальную (рисунок 13). В эпицентре сооружение будет испытывать лишь вертикальные удары. Наибольшие разрушения возникают под действием горизонтальной составляющей сейсмической волны, что следует учитывать при оценке разрушительности землетрясения.

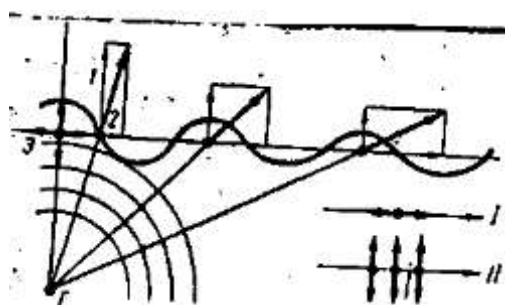


Рисунок 13. Механизм землетрясения:

Г – гипоцентр; Э – эпицентр; 1 – вертикальная составляющая сейсмической 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 разной балльности. 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 воз-



можная потенциальная сейсмическая опасность в баллах от 6 до 9. Она установлена для средних геологических условий, которые могут быть различными. Поэтому на застываемых территориях в сейсмически опасных районах вводится микросейсмораионирование. Интенсивность землетрясения в баллах, указанных на карте сейсмического районирования, в этом случае может быть скорректирована на  $\pm 1-2$  балла в зависимости от местных тектонических условий, геоморфологии, грунтовых и гидрогеологических условий, а также от типа сооружений.

Строительство в сейсмически опасных районах ведется с учетом требований строительных норм и правил, утвержденных для этих районов. Следует иметь в виду, что при землетрясениях возможны крупные сходы селей, возникновение сейсмических оползней и обвалов, явления разжижения мелкозернистых и тонкозернистых водонасыщенных песков, переход их в плавунное состояние.

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

### 2.3. Глобальная тектоника Земли (тектоника плит).

Научно-обоснованных предложений (тектонические гипотезы) 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 Х. Хессом, Р. Дидом и др. «Новая глобальная тектоника» предполагает существование подкорковых конвекционных течений и опирается на данные 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 14, 15) или образуются трансформные разломы. Это длительно действующие правосторонние или левосторонние сдвиги. В процессе созидания или разрушения коры не участвуют. Здесь преобладают сдвиговые и разрывные дислокации. В нашей стране вопросы «новой глобальной тектоники» разрабатывали академики В. Е. Хайн, П. И. Кропоткин, А. В. Пейве и др.

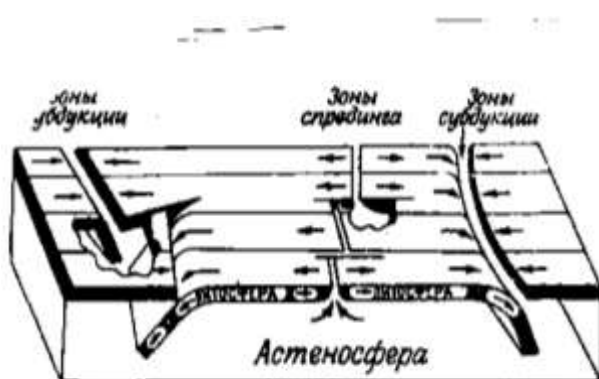


Рис. 14. Блок-диаграмма, показывающая динамику зарождения (спрединга) и поглощения (субдукции) литосферы (по Б. Азексу др., 1968г.).



Рис. 15. Схема субдукции океанического дна.

В настоящее время в верхней оболочке Земли выделяют семь крупных плит: Тихоокеанская, Евразийская, Индо-австралийская, Антарктическая, Африканская, Северо- и южноамериканская (рисунок 16). В пределах крупных плит выделяют средние и мелкие плиты или блоки. Все плиты перемещаются друг относительно друга, поэтому их границы чётко маркируются зонами повышенной сейсмичности.

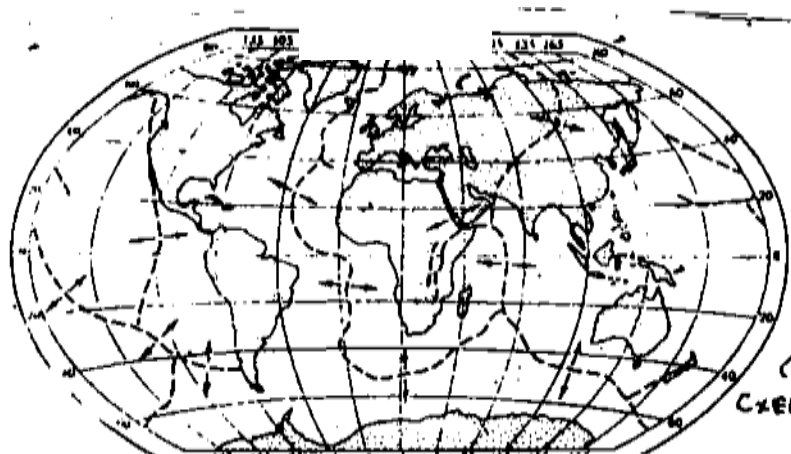


Рисунок 16. Схема плит.

### 3. Основы гидрогеологии.

#### 3.1. Подземные воды.

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

Горные породы по своему происхождению и вследствие вторичных процессов (выветривания, выщелачивания, тектонические подвижек и др.) не являются монолитными, а содержат в себе поры, пустоты и трещины самых различных *форм* и размеров. Это облегчает инфильтрацию атмосферных осадком и конденсацию паров воды в коре выветривания, способствуя образованию в ней водоносных горизонтов. Воды могут стекать по уклону кровли водоупорных плотных неветрелых или слабо затронутых выветриванием пород. Воды, находящиеся в верхней части литосферы называют подземными. Подземные воды играют большую роль в жизни и хозяйственной деятельности человека.

Для строителей подземные воды служат либо источником водоснабжения, 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 ведёт к ухудшению их физико-механических свойств. В глинистых породах насыщение водой, как правило, приводит к текучести, а в песчаных - к плавучести. В известняках, гипсах, каменной соли подземные воды вызывают растворение вещества с образованием крупных пустот.

По классификации академика Е. М. Сергеева выделяются следующие виды воды в горных породах.

Вода в виде пара.

Связанная вода: прочно связанная, или адсорбированная вода, рыхло связанная, или слабо связанная вода.

Свободная вода.

Капиллярная вода: вода углов пор (капиллярно-неподвижная вода); подвешенная вода (капиллярно-подвижная вода); собственно капиллярная вода (капиллярно-легкоподвижная вода) ;

Гравитационная вода: просачивающаяся вода; вода грунтового потока.

Вода в твердом состоянии.

Кристаллизационная, цеолитная и конституционная вода.

*Гидрогеология*, наука о происхождении, условиях залегания и законах перемещения подземных вод, изучает все виды и, главным образом, гравитационную, залегающую в различных по возрасту, составу, происхождению и проницаемости горных породах.

Классификация подземных вод:

По условиям залегания:

- Грунтовые воды в рыхлых породах.
- Трещинные воды в скальных и полускальных породах.
- Карстовые воды в подземных пустотах известняков и других породах.

По режиму.

- **Ненапорные воды:**
- **Грунтовые воды** - над первым от поверхности водоупором; различают: зону аэрации, зону насыщения, кона капиллярного поднятия (кайма), верховодку (рисунок 17).
  - **Верховодка** – накапливается в зоне аэрации над ограниченными по площади водоупорами; носит сезонный характер и непостоянный химический состав;
  - **Межпластовые воды** - залегают между двумя водоупорами, питание идет в местах выклинивания верхнего водоупора или его размыва.
  - **Напорные воды.** Условия залегания - наличие водоносного горизонта между двумя водоупорами при пликативных дислокациях – моноклиналильного или антиклиналильного залегания слоев, когда области питания по абсолютным отметкам выше областей дренирования (рисунок 18).

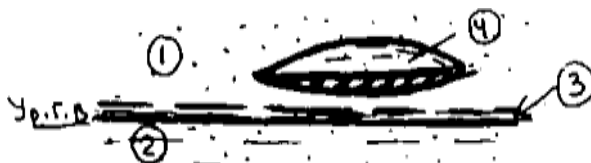


Рисунок 17. Схема залегания ненапорных грунтовых вод:  
1 – зона аэрации, 2 – зона насыщения, 3 – кайма, 4 – верховодка.

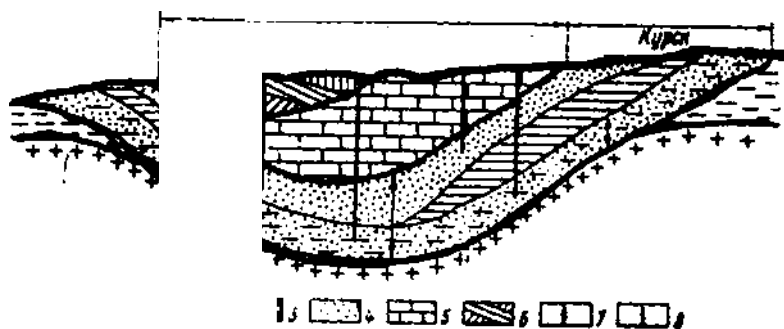


Рисунок 18. Напорные воды. Строение артезианского бассейна на примере Днепропетровского-Донецкого (по О. К. Ланге):

- 1 – граниты архея, 2 – пески и глины девона и юры, 3 – глины юры,
- 4 – пески мела, 5 – мергельно-меловая толща мела, 6 – суглинки кайнозоя,
- 7 – мощность водоносного горизонта, 8 – артезианские скважины.

При строительстве фундаментов и подземных сооружений в зоне влияния подземных вод последние анализируются на предмет их агрессивного воздействия на кон-

струкции Виды агрессии: общекислотная, углекислая, сульфатная, магниальная, выщелачивающая. Расчеты проводят по нормативным документам. В зависимости от вида 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, озёра или бассейны. Территория, на которой воды просачиваются в горные породы, называется областью питания. Площадь, в пределах которой они залегают, называют областью распространения. Местность, где грунтовые воды выходят на поверхность, называют областью дренажа. Поверхностные слои горных пород, не содержащие свободную воду, называют зоной аэрации (рисунок 19).

Уровень грунтовых вод не остаётся постоянным. Его колебания зависят от времени года, количества выпадающих осадков, расположения участка относительно поверхностных водоёмов или постоянных водотоков. Кроме того, как показал опыт строительства во многих городах, уровень грунтовых вод значительно повышается в результате инфильтрации промышленных и питьевых вод при эксплуатации инженерных водоводов.

Знание режима направления движения и скорости движения потока грунтовых вод имеет важное значение для строительства.

Например, по результатам изысканий, выполненных в засушливое время года, будет дано заключение о глубоком залегании грунтовых 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 грунтового потока и очень важно, чтобы эти воды не проникали в санитарные зоны и области питания водозаборных скважин.

### **3.2. Гидрогеологические карты и динамика подземных вод.**

Для оценки гидрогеологических условия местности, выявления возможностей водоснабжения, устройства полей фильтрации, орошения или осушения территории, а также борьбы с карстовыми, провалами и оползнями составляется гидрогеологические карты.

Из всех видов специальных гидрогеологических карт наибольшей интерес и практическое значение для инженерных целей имеют карты гидроизогипс. При отсутствии карты гидроизогипс для решения гидрогеологических задач, определения направления движения грунтовых вод и анализа гидрогеологических условий применяют метод скважин. Замеры уровня грунтовых вод делают обязательно в одно и то же время во всех трёх скважинах. Скважины располагают, по углам треугольника, длина сторон которого обычно от 50 до 300 м. Гидроизогипсы – это линии, соединяющие одинаковые уровни ненапорных подземных вод. Направление потока – это 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 и радиальные (Б.В) – линии токов расходятся (расходящиеся) или сходятся (сходящиеся). При наличии нескольких видов – потоки сложные (рисунок 19).

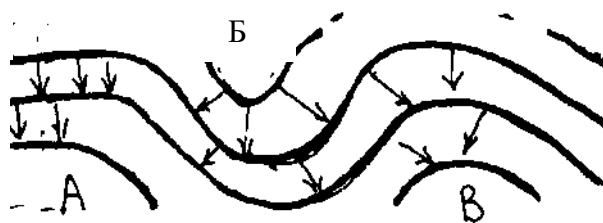


Рисунок 19. Сложный поток

### Виды водозаборов.

Водозаборы могут быть *совершенными*, когда скважиной или колодцем 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 20).

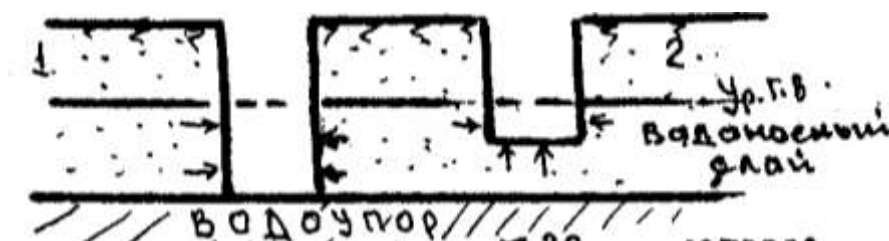


Рисунок 20. Виды водозаборов.

1 – совершенный, 2 – несовершенный.

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

$Q = k J w$ ; где  $Q$  – расход воды в м<sup>3</sup>/сутки;

$w$  – поперечное сечение водоносного пласта, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент фильтрации, характеризующий водопроницаемость породы, м/сутки;

$J$  – напорный коэффициент – потеря напора на единицу длины пути.

## 4. Процессы внешней динамики Земли.

### 4.1. Процессы и явления.

*Экзогенные* процессы (процессы внешней динамики Земли) являются результатом геологической деятельности ветра, льда, моря, текучих вод. Их главная движущая сила – энергия солнца, процессы гравитации и магнетизма, взаимодействие геосфер.

Экзогенные процессы, возникающие и развивающиеся в результате хозяйственной или строительной деятельности человека, называют *инженерно-геологическими*. Группы геологических процессов и виды явлений (по В. Д. Ломтадзе).

Таблица 5

Процессы	Явления
Деятельность поверхностных вод (морей, озер, водохранилищ, рек и временных потоков).	Подмыв и разрушение берегов морей, озер и водохранилищ. Подмыв и разрушение речных берегов. Размыв склонов - овражно-балочные явления.
Паводки на горных реках.	Сели.
Деятельность поверхностных и подземных вод.	Заболоченные территории, карст, пльвуны, суффозионные явления..
Действия гравитационных сил.	Оползни, обвалы.
Деятельность ветра.	Развевание и навевание.

Промерзание и оттаивание горных пород	Термокарст, морозные пучения, наледи.
Действие внутренних сил в горных породах	Сейсмические явления, дислокации.
Инженерная деятельность человека	Разрушение и уничтожение полезных площадей при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Оседание поверхности земли при значительных откачках подземных вод, нефти и газа. Затопление и подтопление территорий. Вторичное засоление горных пород при орошении территории.

#### **4.2. Процессы выветривания.**

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

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

Различают типы выветривания: физическое, химическое, органогенное. *Физическое выветривание* вызывает разрушение, дробление горных пород на отдельные угловатые обломки разной величины. В вертикальном разрезе выделяют несколько подзон выветрелого материала, отличающегося друг от друга разной степенью дробления горных пород (рисунок 21). Непосредственно над невыветрелой горной породой (1) располагается грубообломочная, или глыбовая подзона (2), которая сверху сменяется мелкообломочной, или щебеночной подзоной (3), а выше располагается зона более мелкого и тонкого дробления (4) (рисунок 1).



Рисунок 21. Зоны выветривания.

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 элементами окружающей среды и в результате реакции окисления, гидратации, растворения и гидролиза образуются вторичные минеральные образования, более устойчивые в новой среде.

В природе все виды выветривания почти всегда идут одновременно с преобладанием того или иного типа, в зависимости от геологических, географических и климатических условий.

Разрушенный материал частично уносится водными и воздушными потоками, а оставшуюся на месте разрушения породу называют *элювием*. Нижняя граница элювия обычно не повторяет дневную поверхность. 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 (рисунок 22). В результате выветривания пород со временем на поверхности массива накапливаются мощные толщи элювиальных пород, которые образуют *кору выветривания*.



Рисунок 22. Элювий.  
1 – элювий, 2 – карманы,  
3 – коренная порода.

Процессы выветривания активно развиваются в открытых строительных котлованах траншеях при долгострое. Выветриванию подвергаются и строительные конструкции, которые покрывают защитными плёнками и растворами.

#### **4.3. Геологическая деятельность ветра.**

Одним из рельефообразующих факторов суши является ветер. Особенно интенсивно его деятельность проявляется в пустынях и полупустынях, занимающих около 20% поверхности континентов.

Этому способствуют резкие суточные колебания температуры, вызывающие активные процессы физического выветривания, испарения, во многом превышающее количество выпадающих атмосферных осадков, в отсутствии или разреженности растительного покрова. Кроме того, активная работа ветра проявляется в непокрытых побережьях морей и некоторых крупных рек. Все процессы, обусловленные деятельностью ветра, называются *эоловыми*. Эоловыми называются и континентальные отложения, возникающие при ветровой аккумуляции и соответственные формы рельефа: барханы, дюны, бугры и др. Ветер - это движение воздуха в атмосфере, почти параллельное земной поверхности. Возникает ветер в следствии не равномерного горизонтального распределения давления, которое, в свою очередь, обусловлено неравенством температур в атмосфере Ветер характеризуется скоростью и направлением.

Деятельность ветра состоит из процессов *дефляции* (выдувание 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 ветра, в других ■ - иные.

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

*Корразия* - переноса песок и постоянно ударяя несомыми песчинками о скальные выступы, ветер обтачивает, истирает их, высверливает различные отверстия. Наибольшее количество песка, гонимого ветром, наблюдается в нижних, приземных слоях воздушного потока (до 1-2м) именно здесь и происходит максимальная *корразия*. Сильные и частые удары песка подтачивают скалы в основании. В результате корразии 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 скорости 20 м/сек уже 4-5мм и одновременно идет перебрасывание частиц диаметром до 2-3см. 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 происходит и аккумуляция, результате которой образуются особые типы континентальных эоловых отложений.

Песчаные эоловые отложения обычно распространены в непосредственной близости от областей дефляции на более далекое расстояние переносятся ветром пылеватые частицы, которые при накоплении образуют эоловые лессы.

Эоловые пески хорошо окатаны, отсортированы (до 80-90% диаметр песчинок 0,25 - 0,05мм), в составе преобладают кварц и другие устойчивые минералы. В пустынях и полупустынях эоловые отложения представлены главным образом *барханами*. Это подвижная песчаная форма рельефа, поперечная к направлению ветра. Образуется у небольших препятствий затем возрастает за счет принесенного песчаного материала. Бархан представляет собой асимметричный холм высотой от 1-10м до 150 (в поперечнике до 250м) с полным подветренным склоном и осыпающимся подветренным склоном, образующим острый гребень на стыке. Крутизна склона от 28° до 38.

*Дюны* - это песчаные холмы, возникающие в результате деятельности ветра на песчаных берегах морей, рек, озер. Дюны движутся по господствующему направлению ветра в сторону суши. Формируются из песчаного материала, доставляемого деятельностью воды на побережье, 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 климатических условий. Высота дюн от 15 до 30м, иногда 75 - 100м.

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

#### **4.4. Геологическая работа атмосферных и 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 *плоскостная эрозия*, которая ведет к уплощению местности. Продукты смыва - делювиальные отложения накапливаются в понижении склонов, представлены суглинками, реже глинами или песками, и содержат грубые обломки. Мощность делювия увеличивается к основанию склона. Устойчивость склона с делювием к оползанию зависит от крутизны погребенного рельефа и наличия водоносного горизонта.

При строительстве делювиальные отложения, как правило, прорезают фундаментами и основанием сооружений служат коренные породы.

*Линейная* или *глубинная эрозия* - это вертикальный размыв. Возникает при легко размываемых породах. Вынос делювия идет до базиса эрозии, т. е. до поверхности, на уровне которой поток теряет живую силу. Размыв идет регрессивно - от устья к верховью. Вначале это небольшие промоины, которые со временем переходят в крутостенные рытвины - овраги (рисунок 23).



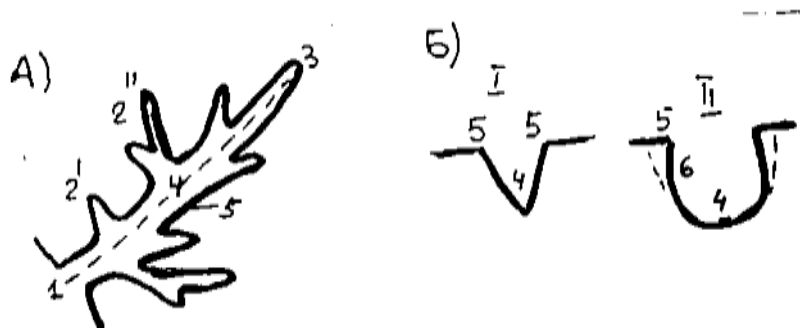


Рисунок 23. Морфология оврага.

- А) 1 – устье, 2<sup>I</sup> – ответвжки 1-го, 2<sup>II</sup> – ответвжки 2-го порядка, 3 – вершина оврага, 4 – тальвен, 5- бровка оврага, 6- склон (борт) оврага.  
 Б) Сечение оврага I - овраг растущий II- овраг затухающий.

Овраги наносят большой вред, так как они полностью разрушают почвенный слой, расчлениают крупные массивы на мелкие участки, усложняют их конфигурацию, перехватывают дороги, а выносы из оврагов - овражный делювий - заносит полезные площади, заиливают пруды и реки. При решении вопросов строительства в районах развития оврагов необходимо разрабатывать противоэрозионные мероприятия, учитывать всю водосборную площадь. При естественном развитии оврагов крутые склоны его постепенно выполаживаются, зарастают и овраг превращается в балку. Инженерно-геологические овраги зарождаются и развиваются в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека, когда овраги используются для сброса промышленных вод или стоков поверхностных вод при неправильной планировке территории. Такие овраги всегда сохраняют крутые борта, повышенные скорости развития и разветвления. Меры борьбы с оврагообразованием на застроенных территориях должны быть своевременными и эффективными.

#### **4.5. Геологическая деятельность реки.**

*Река* это водный поток, протекающий в долине и характеризующийся достаточно большим размером (от нескольких километров до тысяч км). Во характеру стока различают реки постоянные и периодические; по характеру питания они могут быть дождевого, снегового, ледникового, подземного и смешанного питания; по условиям формирования - реки равнинные, горные, болотные, карстовые. Различают *исток* реки - место откуда река вытекает и *устье* - место где она заканчивается. Оно может быть при впадении в конечный водоем или другую реку. В засушливой зоне реки иногда кончаются слепым устьем. Выделяют главные реки принимающие другие притоки, которые относительно главной реки считаются притоками *первого* порядка, впадающие в притоки первого порядка, именуется притоками *второго* порядка и т.д. Совокупность всех притоков главной реки составляет *речную систему*.

Каждая река характеризуется длиной, шириной, глубиной, расходом воды, твердым стоком (наносами) и химизмом воды. Линия падения русла от истока к устью называется продольным профилем. Геологическая деятельность реки зависит от энергии потока и проявляется в виде разрушения пород (эрозия), переноса продуктов разрушения (транспортирование) и отложения осадков (аккумуляция). Осадки называют аллювием. Продукты разрушения переносятся реками в растворенном виде, во взвешенном состоянии, а также волочением по дну.

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

В результате эрозии и аккумуляции река постепенно вырабатывает долину с плавным продольным профилем по длине своего русла и постепенным 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 направлении 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 развития реки, наступает ее старение, когда в широко разработанной долине русло реки часто меняет свое положение (меандрирует), оставляя заиленные участки старого русла (старицы).

В зависимости от геологического развития района и хода тектонических движений земной коры изменяется дальнейший ход развития реки. При вертикальных поднятиях вновь усиливается данная эрозия, русло реки углубляется, оставляя ранее принесенный материал в виде продольных террас. Река формирует новую пойму и повторяет все стадии своего развития. Опускание местности несет за собой смену эрозии 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 затопливается водой в паводок. Выше по борту долины располагаются надпойменные террасы. Чем ближе террасы к руслу реки, тем они моложе по времени накопления аллювия. Различают террасы аккумулятивные (вложенные и прислоненные), эрозионные и смешанные. (рисунок 24).

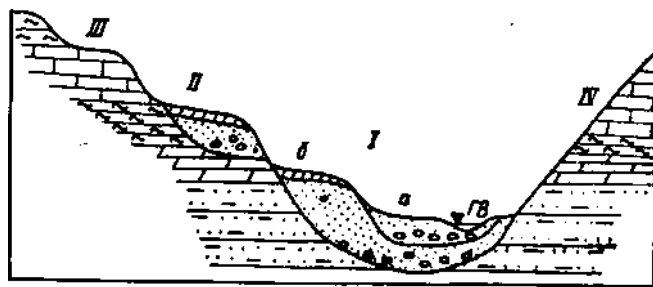


Рисунок 24. Террасы в речных долинах (по В. Ломтадзе):

- I – террасы аккумулятивные: а – вложенная, б – прислоненная;
- II – терраса эрозионная – цокольная; III – терраса скульптурная;
- IV – коренной склон долины.

Если количество террас правого и левого борта одинаково - долина симметричная, если нет - асимметричная. Распространение и соотношение террас различных типов и их количество определяется историей 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 крупные обломки и валуны составляют острова, перекааты, отмели;
- *Пойменные* - отложения представлены супесями, суглинками, пылеватыми песками разного состава, нередко с органическим включением;
- *Старичные* - отложения содержат илистые пески с большим содержанием органического вещества.

При строительстве следует проводить изыскания в пределах каждого элемента долины. Разведочные выработки по глубине должны вскрывать всю мощность аллювиальных отложений террас, поймы, русла. При этом обобщающие показатели инженерно-геологических (строительных) свойств грунтов как оснований сооружений и обобщение 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.

#### **4.6. 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 разрушительную и созидательную (аккумулятивную) работу. Разнообразный 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 современной суши в геологическом прошлом неоднократно заливалась его водами, 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 полоса морского дна. При больших штормах волны ударяют о берег с силой достигающей о берег с силой достигающей 30-38 т/м<sup>2</sup> в океанах и до 15т/м<sup>2</sup>, во внутренних морях.

Разрушительная работа моря называется *абразией*. Особенно интенсивно разрушаются берега, сложенные осадочными породами, в меньшей - магматическими породами. Скорость размыва морского берега на разных участках различна на Балтийском море -0,5мм/год, на Ла-Манше 2мм/год, п. о. Медок (Франция) до 35мм/год. В результате образуются подводные морские террасы слабо наклоненные к морю. Узкая полоса между подводной террасой и береговым уступом называют пляжем. Скорость абразии зависит от силы удара, волны, прочности пород берега и условий их залегания. При падении слоев к морю абразия идет медленнее, при падении в сторону берега, при прочих равных условиях, разрушение берега идет быстрее.

Весь материал - принесенный, растворенный, обрушенный, море переносит, сортирует и откладывает (аккумулирует) вновь в определенных фациальных условиях: мелководной (литоральная зона) и глубоководной зон. В литоральной зоне, границы которой определяются максимальным приливом и минимальным отливом, накапливается самый крупный материал. Материковый склон обозначается вокруг материков 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 основании здания и сооружении образуют 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.

#### **4.7. Геологическая деятельность подземных вод (суффозия, карсты, пльвуны).**

##### **Геологическая деятельность озёр и болот.**

##### **- Суффозия.**

Суффозия - это механический вынос подземными водами мелкозернистой фракции из слоя неоднородных по гранулометрическому составу песков, основная масса которых составляет частицы с соотношением диаметров частиц  $D/d > 20$  при  $I > 5$ . При этом (напорные градиенты)  $I_{кр.} > I_{взв.}$   $I_{взв.}$  зависит от плотности частиц песка и его пористости.

В результате суффозии слой песка уплотняется, а на поверхности образуют провалы - суффозионные воронки. Меры борьбы с суффозией направлены на уменьшение величины критического значения напорного градиента  $I_{кр.}$ , достигается это устройством на пути движения подземного потока противофильтрационных завес, откачек из скважин, устройством дренажных канав и др. В зоне разгрузки (выхода потока) устраивают обратные фильтры.

#### - Карст

Карст - химическое растворение горных пород в земной коре и на ее поверхности грунтовыми водами, которые движутся по трещинам в массивах карбонатных, сульфатных, солекарбонатных и калийных пород. Растворенный материал выносится из массива в основание склона и выклинивается в виде нисходящего источника. Растворяющая способность 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, ангидриты, известняки, мрамор, мел, мергель. В результате карстовых процессов образуются полости и пещеры в массиве, карстовый рельеф на поверхности в виде воронок, корытообразных понижений (польев), а также провалов. 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 25).

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 закреплению грунтов, уменьшению фильтрации в массив. В зависимости 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 25. Пещерная схема в известняках.

#### - Плывуны.

В строительстве и горной практике плывунами называют пески тонко- и мелкозернистые, пылеватые и сильнопылеватые, водоносные, которые при вскрытии котлованами или горными выработками 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 устойчивость, нарушена устойчивость вмещающих их пород, склонов, откосов, оползней, подземных выработок,

территорий и расположенных или только строящихся на них сооружений.

Различают пловуны фильтрационные (ложные) и тиксотропные (истинные). Фильтрационные пловуны возникают при изменении гидродинамического режима, когда  $V > V_{кр}$ . (для мелкозернистых  $V_{кр} = 0,17-0,36$ ), что обычно происходит при откачке воды из котлована или траншеи. При снятии динамического режима вода осветляется, пески оседают и даже уплотняются. Тиксотропные или истинные пловуны в тонкой фракции гранулометрического состава содержат коллоиды - частицы размером менее 0,1 микрона. Поэтому взболтанный с водой пловун имеет устойчивую коллоидную часть и не оседает в течение многих месяцев. Водоудерживающая способность их достигает 240%.

При строительстве в районах залегания пловунных пород применяются специальные методы подготовки основания: замораживание, крепление шпунтовым ограждением, осушение иглофильтрами и др.

## **Геологическая деятельность озер и болот.**

*Озера.* Водоемы на поверхности материков, не имеющие сообщения 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. км<sup>2</sup>, Каспийское озеро - 395 тыс. км<sup>2</sup>). Общая площадь озер на Земле приблизительно 2,7 млн. км<sup>2</sup> (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: пресные, солоноватые и соленые. Впадины, занятые озерами, имеют разнообразное происхождение:

- *тектоническое* - озера во впадинах тектонического происхождения (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 обвалов, схода селей, запрудивания рек, отсыпок дамб и т.д.

Геологическая работа озер проявляется в абразии (разрушении) берегов в результате деятельности волн, нагоняемых ветром, переработке обломочного материала и накопление его в виде озерного аллювия. Вдоль побережья формируются пляжи, навешиваются дюны, образуются 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 искусственно созданных озерах (водохранилищах) процессы абразии наиболее активно проявляются в первые годы наполнения и частично превышают 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 элементов 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 результате естественного отмирания и неполного разложения растений в условиях повышенной влажности и при недостатке кислорода и содержании 50% (по массе) и более органическое вещество (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 землями. Различают болота верховые и низинные. *Верховые болота* располагаются на ровных водораздельных пространствах или при высоких террасах, питаются преимущественно за счет атмосферных осадков, торф беден минеральными веществами. *Низинные болота* располагаются в долинах рек, на побережьях озер и морей, образуются в результате зарастания озер и стариц, покрыты травянистой растительностью, имеют минеральное питание, торф здесь хорошо разлагается.

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 после 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 полном выторфовывании (рисунок 26).



Рисунок 26. Выторфовывание.

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

#### **4.8. Ледники.**

*Ледники* это движущиеся естественные скопления льда атмосферного происхождения дневной поверхности, образующиеся из твердых атмосферных осадков выше снеговой границы. Снеговой границей (линией) называется высота, на которой годовой приход твердых атмосферных осадков равен их годовому расходу, или за год снега выпадает столько, сколько его стаивает. Ниже этой границы накопление снега невозможно. Выше линии снега лед не тает, а только накапливается. Высота снеговой линии и интенсивность оледенения зависит от географической широты, местного климата, географии местности и саморазвития 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 километров. Так Атлантический ледяной покров имеет мощность 4,3 км.

Запас воды в ледниках оценивается в 27млн км<sup>3</sup> 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 углублениях. Также ледники есть на Кавказе, на

Урале, на Алтае и др. Лед образуется 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 растекается 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, попадая в теплые воды, постепенно тают.

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 достигает 100т/м<sup>2</sup>.

Если под снегом погребен весь рельеф, снег накапливается и переходит в фирн, а затем в ледниковый лёд. 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 м<sup>3</sup> снег → фирн → 1 м<sup>3</sup> лёд.

При этом ледник выполняет большую работу по разрушению, переносу и накоплению обломочного материала. При большой мощности 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 ледниками при своем движении в его придонные части. Ледники насыщенные обломочным материалом истирают, полируют, бороздят поверхность подстилающих и вмещающих твердых скальных пород. На поверхностях остаются царапины, штрихи, борозды (ледниковые шрамы). В результате сглаживания скал возникают своеобразные формы (бараньи лбы). Сочетанием разных форм воздействия ледников образуются "курчавые скалы".

При своем движении ледники переносят огромное количество разнообразного обломочного материала - от тонких частиц до крупных валунов. Весь обломочный материал, попадающий в тело ледника, переносимый и откладываемый им называют *мореной*.

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

Кроме движущихся выделяют морены:

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

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

В теплое время идет более интенсивное таяние льда и водные потоки 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 тонким переслаиванием песков и глины.

При инженерно-геологической оценке к ледниковому комплексу относят моренные, флювиогляциальные и лимногляциальные отложения.

Каждый вид этих отложений имеют 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 озера и задров успешно используются как грунты основания если при этом учитывают их особенности.

Ленточные глины при увлажнении относят 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.

#### **4.9. Селевые потоки.**

Селевые потоки или *сели* представляют собой кратковременные разрушительные потоки, перегруженные грязекаменным материалом. Возникают они при выпадении обильных ливней или интенсивного таяния снега в предгорных и горных районах в бассейнах небольших речек и логов с большим уклоном тальвега (более 0,10) и уклоном русел  $> 0,02$  (иногда 0,35). 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 материалом и превращается в грязекаменный поток, который содержит огромное количество обломочного материала, часто достигающего 75-80% от общего объема. Величина обломков иногда может достигать нескольких метров в поперечнике.

По преобладанию переносимого материала различают сели грязевые, грязекаменные и водно-каменные. Распространены они в горах Закавказья Средней Азии, Южного Казахстана. Сели обладают большой разрушительной силой и часто носят опустошительный характер. Средняя скорость движения селя колеблется часто от 2 до 8 м/с. Материал селей откладывается в предгорных равнинах, перегружая принесенным 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 службы лавин, создаются селенаправляющие лотки, защитные плотины (рисунок 27), дамбы (например, урочище Медео у Алма-Аты). В этих районах ведутся работы по сохранению и закреплению естественных склонов, запрещению вырубки лесов и др. мероприятия; постоянно ведется мониторинг за состоянием склонов на опасных участках. Иногда для и мнения направления селевого потока изменяют рельеф местности.

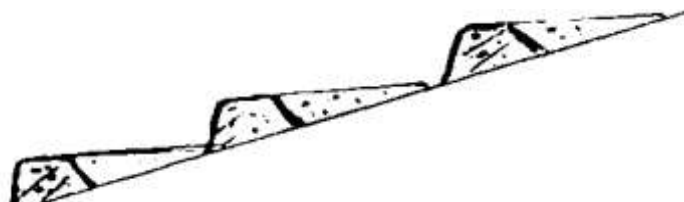


Рисунок 27. Противоселевые плотины.

#### **4.10. Мерзлота.**

Мерзлые породы – это природные минералы и органо-минеральные агрегаты, имеющие отрицательную температуру, содержащие лёд и криогенные структурные связи. Образуются в верхнем слое земной коры при её 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 мёрзлом состоянии породы делятся на сезонномёрзлые и многолетнемёрзлые.

*Грунт многолетнемёрзлый* (грунт вечномёрзлый) это грунт, находящийся в мерз-



лом состоянии в течение трех и более лет.

Мощность слоев вечной мерзлоты от 1-2 до нескольких сотен метров. Верхний слой вечномерзлых пород летом оттаивает на небольшую глубину, а зимой вновь замерзает. Мощность этого слоя, который называют *деятельным*, зависит от климатических условий, состава пород, характера растительности (рис. 28). 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 деятельного слоя;
- Межмерзлотные воды - в таликах слоистой мерзлоты;
- Подмерзлотные воды, залегающие под вечной мерзлотой (рисунок 28).

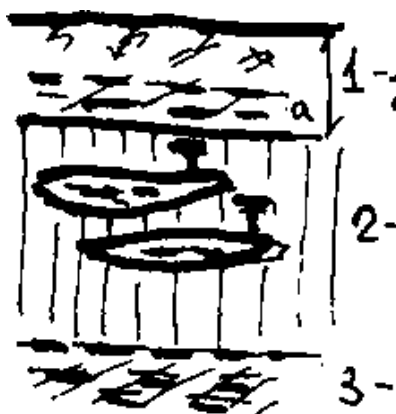


Рисунок 28. Толща вечномерзлых пород:  
1 – деятельный слой (с надмерзлой водой – а);  
2 – вечномерзлый слой (Т – талик);  
3 – подмерзлый слой с водой.

По температурно-прочностным свойствам мерзлые грунты подразделяются на группы (таблица 6).

Свойства мерзлых пород.

Таблица 6.

Группа	Состав
Твердомёрзлые.	Дисперсные грунты, сцементированные льдом, и практически не сжимаемые под нагрузкой.
Пластичномёрзлые.	Дисперсные грунты, сцементированные льдом, но обладают свойствами сжимаемости под нагрузкой.
Сыпучемёрзлые (сухая мерзлота).	Крупнообломочный, песчаный грунт, имеет отрицательную температуру, но не сцементирован льдом.

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

#### **4.11. 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 обильного 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 характерны 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 (осыи и курумы), 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 толчка, 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 происходят по вине строителей, когда близко от бровки котлована устанавливаются монтажные краны или проходят подъездные пути или складываются строительные материалы - тогда динамическая или статическая пригрузка приводят к обвалу стенок котлована (рисунок 29).

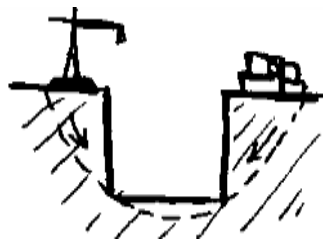


Рисунок 29. Обвал стенок котлована.

## Оползни.

Смещение называют оползнем при плавном или быстром движении оторвавшейся породы без вращения и опрокидывания. Характер оползня зависит от строения склона. На рисунке 30 приведена схема строения оползня.

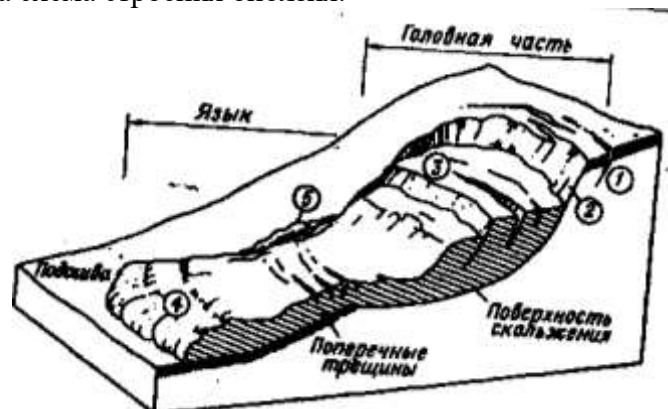


Рисунок 30. Схема строения оползня и главные трещины (по Варнсу, с изменениями):

- 1 - трещины отрыва, 2 - уступ отрыва; 3 - поперечные трещины;
- 4 - радиальные трещины; 5 - боковые гребни.

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.

Классификация оползней:

По углу поверхности скольжения:

- Пологие – до  $5^\circ$ ,
- крутые –  $5-15^\circ$ ,
- очень крутые – более  $15^\circ$ .

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 специальными службами оползневой станции. В их задачу входит геодезическое наблюдение за подвижками, информация о состоянии стабилизации или движении и составление прогнозов развития или стабилизации этих процессов.

Мероприятия по борьбе с оползнями:

Пассивные - предупреждающие появление и развитие гравитационных процессов:

- Запрещается вырубка леса на склонах более  $10^\circ$ .
- Запрещается снятие дерна.
- Не допускается продольная распашка склонов и сброс промышленных отходов на склон.
- Запрещается подрезка склонов при террасировании без укрепительных работ.

Активные меры зависят от строения склона (рисунок 31).

- Устройство подпорных стенок и террасирование при однородных массивах грунта.
  - Укрепление железнодорожными шпильками при пологих оползнях.
- Все мероприятия - и активные, и пассивные – должны сопровождаться устройством дренажных систем.

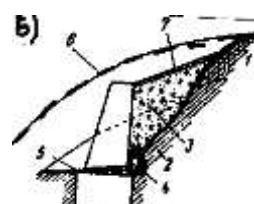
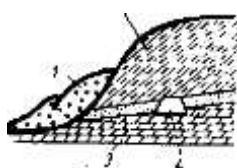


Рисунок 31. А) Дренажная штольня на оползневом склоне:

- 1 - оползневые накопления, 2 - водоносный слой,  
3 - коренные породы, 4 - штольня, 5 - четвертичные отложения.

- Б) Противооползневая подпорная стенка: 1 - оставшаяся часть склона,  
2 - коренные породы, 3 - дренажная засыпка пазухи, 4 - дренаж, 5 вывод воды,  
6 - поверхность оползня, 7 – гидроизоляция.

#### **4.12. Лессовые породы.**

Лессовые породы имеют широкое распространение. Они представляют собой петрографический тип континентальных осадков. По условиям залегания лессовые породы повсеместно покровные. Лессовые толщи часто содержат прослой песка, различные включения, погребенные почвы и гумусированные прослой.

Мощности толщ лессовых пород достигают десятков и даже сотен метров. Обычно лессовые породы подразделяют на первичные лессы и переотложенные лессовидные суг-

линки. В строительной практике их объединяют, а по гранулометрическому составу и пластичности подразделяют на супеси, суглинки и глины. *Грунт лессовый* - пылеватоглинистый грунт, содержащий по гранулометрическому составу более 50% пылеватых (размером 0,05-0,005 мм) частиц, легко и среднерастворимые соли и карбонаты кальция; однородный, преимущественно макропористый. Макропоры могут быть инкрустированы карбонатами или гидроксидами железа; пористый грунт в маловлажном состоянии способен держать вертикальный откос; при замачивании маловлажный грунт дает просадку, легко размокает и размывается, а при полном водонасыщении может переходить в плавунное состояние.

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

Тонкая фракция лессовых пород представлена гидрослюдами, кварцем, кальцитом, монтмориллонитом. Остальные глинистые минералы 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 собственного веса (II тип просадочности) при замачивании водой или другой жидкостью претерпевает вертикальную деформацию (просадку) и имеет относительную деформацию  $\epsilon_{s1} > 0,01$ . Наибольшая просадочность приурочена к горизонтам, залегающим непосредственно под современными и погребенными почвами. Просадочность возрастает в зоне сезонного промерзания и оттаивания грунтов и уменьшается к основанию толщи лессовых пород.

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

Существует ряд гипотез и теорий происхождения лессовых пород. 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 породами разного генезиса просадочности принадлежит сезонному и многолетнему промерзанию-оттаиванию и быстрым фазовым переходам влаги по схеме лед - вода - пар.

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

## **5. Инженерно-геологические изыскания.**

### **5.1. Цели и задачи изысканий.**

Проводятся:

- Для обеспечения проектирования различных видов строительства инженерно-геологической характеристикой строительных площадок.
- При разведке и эксплуатации месторождений строительных материалов.
- Для обеспечения данными об инженерно-геологических условиях при реконструкции и других видах строительных работ на застроенных территориях.

Основные задачи:

- Изучение геоморфологических, геологических, гидрогеологических условий и современных геологических процессов.
- Определение прочностных и деформационных свойств грунтов для расчетов рациональных типов фундаментов и конструкций.

- Определение распространения условий залегания, генезиса, возраста, мощности, инженерно-геологических свойств пород в массиве и свойств, приуроченных к ним подземных вод, а также все виды современных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений.

Итоги исследований:

- Инженерно-геологическое заключение с оценкой геологических условий строительства.

- Карты, разрезы, таблицы результатов лабораторных и полевых исследований грунтов - графики, схемы, таблицы, фотографии.

## **5.2. 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 стадией ПЗ. При внутриквартальной застройке изыскания проводят в 2 стадии. Глубина и количество выработок зависят от геологических условий и класса сооружений, но в любом случае разведочные выработки должны пройти всю глубину влияния сооружений. Строительные нормы и правила на изыскания при строительстве регламентируют объемы полевых работ.

Гидротехническое строительство.

Изыскания проводят в три этапа:

ТЭО. *Первый этап* - Сбор и систематизация материалов и полевое обследование района строительства совместно с геодезистами с целью выбора возможного места расположения дамбы и возможные варианты ее положения.

ПЗ. *Второй этап* - Общие инженерно-геологические исследования 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 площадях выбранного варианта строительства. Обязательно проводят полевые геофизические работы, полевые опытные работы по определению 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, трубопроводов, дамб, насыпей и врезок в грунт, т. е. где будет изменение рельефа и др. Глубина и расстояния между разведочными выработками зависят от геологических и геоморфологических условий трассы, класса дороги, особенностей ее строительства и эксплуатации. Инженерно-геологическое заключение должно содержать не только геологическую 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, паропроводы, рассолопроводы, шламопроводы, хвостопроводы, канализационные трубопроводы. Изыскания проводят по намеченным трассам магистральных трубопроводов и разводящим сетям. Разведку и проектирование проводят в две стадии, которые включают выбор трассы, ее профиля,

работы на трассе окончательного варианта и при сложных инженерно-геологических условиях на отдельных участках выполняются дополнительные специальные исследования.

### **5.3. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городов.**

Градостроительство ведется во всех природных зонах в разнообразных и, нередко, сложных инженерно-геологических условиях. Недоучет одного из этих факторов ведет к сокращению сроков эксплуатации объектов и удорожанию стоимости при их реконструкции или восстановлении, к повышенному загрязнению геологической среды.

Особенности инженерной геологии и геоэкологии городов включают:

- Многоотраслевое строительство гражданское, промышленное, гидротехническое, горное, коммунальное, транспортное, наземное, заглубленное, подземное, т. е. разные виды воздействия на геологическую среду.

- Большое разнообразие типов сооружений по весу, размеру, конфигурации, конструкциям, режиму эксплуатации, нагрузкам (статическим, динамическим, переменного режима).

- Большие площади городских территорий, где ведется новое строительство, подвергаются полному сносу старых сооружений или реконструируются существующие объекты (подводят новый фундамент, 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 сооружения, изменяются некоторые физико-механические свойства грунтов.

- В существующих городах подвергнуты техногенному изменению атмосфера, гидросфера, рельеф, растительный и почвенный покров (насыпи, подрезки, планировки и др.); и чем древнее город, тем эти процессы значительнее. Под влиянием динамических воздействий от движущегося транспорта под проезжей частью дорог происходит уплотнение грунтов до глубины 1,5-2,0 метра. При утечке воды из инженерных сетей формируются техногенные водоносные горизонты.

- Во многих городах (Санкт-Петербург, Киев, Омск и др.) строительство ведется на намывных грунтах.

- При расширении городских территорий в черте города оказываются старые свалки, кладбища, отработанные и еще действующие карьеры, сельскохозяйственные угодья, что осложняет геоэкологическую обстановку городской территории.

Основной градостроительный документ - генеральный план города, на основании которого разрабатывают детальные планы застройки и планировки отдельных жилых комплексов, промышленных узлов, транспортных и инженерных коммуникаций. В генеральном плане должны учитываться особенности геологического строения территории, гидрогеологические условия, инженерно-геологическое и геоэкологическое районирование с учетом видов и особенностей техногенной нагрузки на геологическую среду.

## 6. Приложения.

### 6.1. Литература.

1. Ананьев В. П., Потапов А. Д. Инженерная геология – М.: Высшая школа, 2000
2. Гольдштейн 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.
8. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. - М.: Высшая школа, 1982.
9. Маслин Н. Н., Котов М. Ф. Инженерная геология. - М.: Стройиздат, 1971.
10. Пешковский Л. М., Перескокова Т. М. Инженерная геология. - М.: Высшая школа, 1982.
11. Сергеев И. М. Инженерная геология - М.: Изд-во МГУ, 1979.
12. СНиП II - 02 - 96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. - М., 1996.
13. Справочник по инженерной геологии. - М.: Недра, 1968.
14. Справочник по инженерным изысканиям для строительства М., 1963.
15. Чернышев С. Н., Чумаченко А. Н., Ревелнс И. Л. Задачи и упражнения по инженерной геологии. - М.: Высшая школа, 2001.
16. Швенов Г. И. Инженерная геология - М: Высшая школа , 1997.
17. Горбунова Т. А., Камаев С. Г. Элементы грунтоведения и геодинамические процессы. Учебное пособие. – Барнаул: Из-во АлтГТУ, 2004.

## **6.2. Вопросы для повторения и 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 существуют методы.
5. Что называют минералами и горными породами.
6. Как разделяют горные породы по генезису.
7. Образование и формы залегания магматических пород, их трещиноватость и строительные свойства.
8. Образование и условия залегания осадочных пород, их классификация, применение в строительстве.
9. Метаморфические породы. Основные факторы метаморфизации, применение в строительстве.
10. Основы грунтоведения.
11. Процессы внутренней динамики Земли. Виды тектонических движений.
12. Виды дислокаций, их влияние на инженерно-геологические условия при строительстве.
13. Сейсмические явления, Виды сейсмических волн и характер землетрясений.
14. Литосферные плиты верхней оболочки Земли и виды их контактов.
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, транспортирование 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.
26. Геологическая деятельность озёр и болот, особенности строительства в этих условиях.
27. Виды ледников. Особенности строительства на моренных отложениях.
28. Селевые потоки. Районы проявления и меры сохранения склонов.
29. Виды мерзлоты. Условия залегания, гидрогеология и особенности строительства.
30. Гравитационные процессы на склонах и котлованах: осыпи, обвалы, оползни. Зарождение, механизм движения, классификация, меры борьбы.
31. Инженерно-геологические особенности лессовых пород.
32. Цели и задачи инженерно-геологических изысканий.
33. Изыскания по видам строительства.
34. В чём заключаются инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городов.



### 6.3. Геохронологическая таблица.

Эра (группа)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Длительность, млн. лет	Главные геологические события
Кайнозойская КЗ.	Антропогенный четвертичный. Q.	голоцен (современный) Q <sub>4</sub> плейстоцен: поздняя(верхний)Q <sub>3</sub> средняя Q <sub>2</sub> нижняя (нижний) Q <sub>1</sub>	г-2	Великое оледенение Русской Западно-Сибирской равнины: поднятие гор Кавказа, Урала, Тянь-Шаня. Образование современного ландшафтных зон тундры, степей, пустынь.
	Неоген N.	Плиоценовая (верхний)N <sub>2</sub> миоценовая(нижний)N	25	Альпийская складчатость и образование гор на Кавказе, в Крыму. Неоген - четвертичный вулканизм.
	Палеоген P.	Олигоценная (верхний)P <sub>3</sub> эоценовая(средний)P <sub>2</sub> палеоценовая (нижний) P <sub>1</sub>	41	Море периодически затопливает Украину, Поволжье, Западную Сибирь. Среднюю Азию.
Мезозойская МЗ.	Мел К	Поздняя(верхний)K <sub>2</sub> ; ранняя (нижний) K <sub>1</sub> ,	70	Затопление морем многих районов.
	Юра J.	Поздняя (верхний) J <sub>3</sub> средняя(средний)J <sub>2</sub> ранняя (нижний) J <sub>1</sub>	55-58	Складчатость, вулканизм и образование гор на северо-востоке Азии.
	Триас Т	Поздняя(верхний)T <sub>3</sub> средняя(средний)T <sub>2</sub> ранняя (нижний) T <sub>1</sub>	40-45	Значительная часть территории представлялась сушей.
Палеозойская ПЗ.	Пермь P.	Поздняя(верхний)P <sub>2</sub> ранняя (нижний) P <sub>1</sub>	45-50	Герценекая складчатость. Вулканизм, образование гор Урала, Алтая, Тянь-Шаня. Сухой климат в Приуралье.
	Карбон С.	Поздняя(верхний)C <sub>3</sub> средняя (средний) C <sub>2</sub> Раний (нижний) C <sub>1</sub>	65-70	Море затопливает большую часть территории. Образование углей в Подмосковном бассейне.
	Девон D.	Поздняя(верхний)D <sub>3</sub> средняя(средний)D <sub>2</sub> ранняя (нижний) D <sub>1</sub>	65-70	Море затопляет всю территорию.
	Силур S.	поздняя(верхний)S <sub>2</sub> ранняя (нижний) S <sub>1</sub>	30-36	Каледонская складчатость, вулканизм и горообразование в Саянах, море покрывает Сибирь, Среднюю Азию.
	Ордовик O.	Поздняя(верхний)O <sub>3</sub> средняя(средний)O <sub>2</sub> ранняя (нижний) O <sub>1</sub>	60-70	
	Кембрий €	поздняя(верхний)€ <sub>3</sub> средняя(средний)€ <sub>2</sub> ранняя (нижний) € <sub>1</sub>	70-80	
Протерозойская PR.	Ранний протерозой			Складчатость, вулканизм, образование высоких хребтов в Карелии, Забайкалье, на Кольском полуострове, Украине
	Средний протерозой			
	Поздний протерозой	рифей, венд.		
Архейская AR.	Архей AR.			

#### 4.6. Шкала интенсивности землетрясений (с сокращениями).

Интенсивность, балл	Краткая характеристика землетрясений.
I	<i>Неощутимые землетрясения.</i> Сотрясения почвы обнаруживаются и регистрируются только приборами.
II	<i>Едва ощутимые землетрясения.</i> Колебания ощущаются только отдельными людьми.
III	<i>Слабое сотрясение.</i> В зданиях наблюдаются раскачивания всяческих предметов, иногда слышится дребезжание посуды. Землетрясение ощущается многими людьми.
IV	<i>Заметное землетрясение.</i> Колебания почвы сходны с сотрясениями, вызываемыми проезжающим тяжело нагруженным грузовиком. В домах слышно дребезжание стекол, посуды, скрип дверей, полов, стен.
V	<i>Пробуждение.</i> Землетрясение ощущается всеми людьми, спящие просыпаются, животные беспокоятся. Всяческие предметы сильно раскачиваются, а неустойчивые опрокидываются. В зданиях появляются небольшие трещины, осыпается побелка и штукатурка.
VI	<i>Испуг.</i> Люди, находящиеся в зданиях, пугаются и выбегают на улицу, животные покидают укрытия. Мебель смещается со своих мест. В сырых грунтах появляются трещины шириной до 1 см.
VII	<i>Повреждение зданий.</i> Люди с трудом удерживаются на ногах. Наблюдаются случаи разрушения построек из природного камня (глинобитных и рваного кирпича), на дорогах появляются трещины, нарушаются стыки трубопроводов. Наблюдаются отдельные случаи оползней в горах и на берегах рек, морей.
VIII	<i>Сильное повреждение зданий.</i> Испуг и паника, обламываются ветви деревьев. Разрушаются многие здания из природного камня. В каменных домах появляются многочисленные трещины, осыпается штукатурка. Памятники и статуи сдвигаются. Трещины в грунтах достигают нескольких сантиметров.
IX	<i>Всеобщее повреждение зданий.</i> Всеобщая паника. Отдельные случаи разрушения кирпичных построек. Искривляются железнодорожные пути. Трещины в грунтах достигают 10 см в ширину. На поверхности водоемов образуются волны, на равнинах возникают наводнения.
X	<i>Всеобщее разрушение зданий.</i> Кирпичные здания разрушаются, серьезные повреждения возникают в плотинах, дамбах, мостах. Дорожные асфальтированные покрытия приобретают волнистую поверхность. Трещины в грунтах достигают 1 м. На берегах рек, морей, склонах гор наблюдаются крупные оползни. Отмечаются случаи выплескивания воды в озерах, каналах, реках.
XI	<i>Катастрофа.</i> Повреждаются здания железобетонных конструкции. Значительным разрушениям подвергаются мосты, плотины, железнодорожные 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	<i>Изменения рельефа.</i> Сильные повреждения или разрушения практически всех наземных и подземных сооружений. Трещины в грунтах сопровождаются значительными вертикальными и горизонтальными перемещениями. Изменяется рельеф за счет многочисленных обвалов, оползней, смещений. Возникают озера и водопады, меняется направление русел рек