

Модуль №1. «Общая и историческая геология»

Тема №4. Эндогенные геологические процессы

Лекция №11.

Землетрясения, изучение землетрясений.

Типы и причины землетрясений.

Распространение землетрясений на Земле.

Моретрясения.

Прогноз землетрясений.

Тектонические движения, их определение и классификация.

Доцент, канд.техн.наук – А.Ю. Белоносов

Тюмень, 2020

Землетрясения, изучение землетрясений.

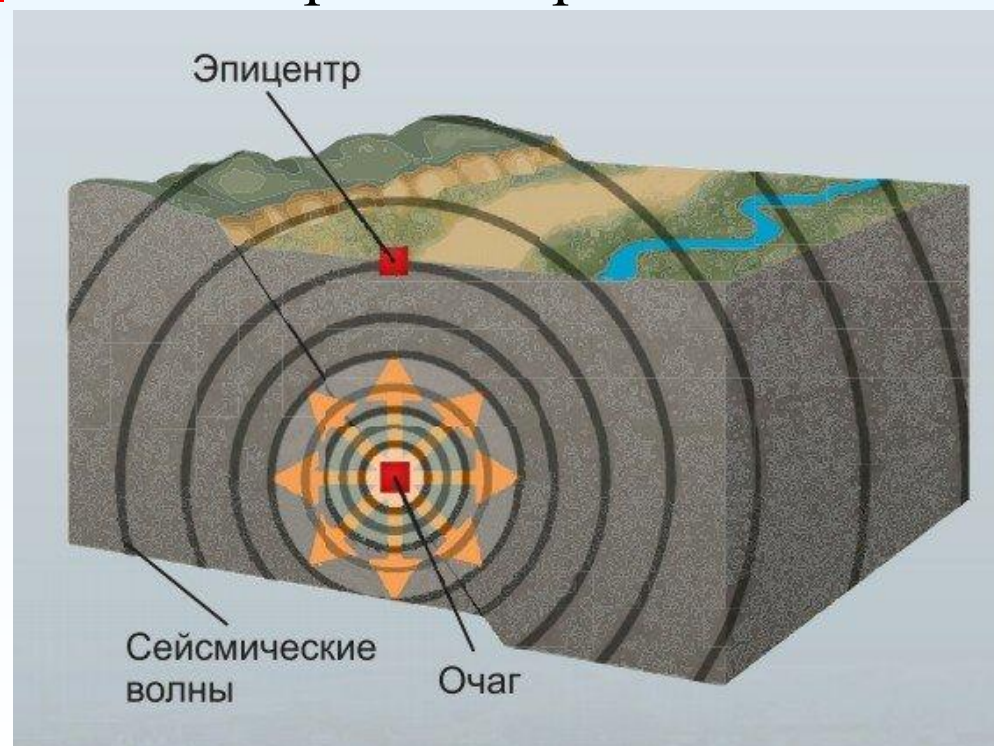
Землетрясения — это сотрясения земной поверхности, вызванные прохождением серии упругих колебаний через горные породы Земли. На поверхности землетрясения проявляются в виде подземных толчков, иногда сопровождаемых гулом, колебанием почвы, образованием трещин, разрушением инженерных объектов. В течение года на нашей планете происходит около 1 млн землетрясений, т. е. по 120 толчков в час. Выделяемая при этом энергия эквивалентна мощности взрыва миллиарда стандартных атомных бомб. Однако подавляющее большинство землетрясений фиксируется лишь специальными приборами, так как их мощь сравнительно невелика, но в среднем каждые три дня происходит одно сильное землетрясение разрушительного характера.

Возникновение землетрясений всегда связано с упругим импульсом, рождающимся в недрах Земли или на ее поверхности. Центр его образования называется **очагом землетрясения**, фокусом, или гипоцентром. В первом приближении его можно представить как сферу, радиусом в несколько километров. В гипоцентре происходят разрядка накапливающихся напряжений и освобождение энергии, которые сопровождаются деформациями, распространяющимися в горных породах в виде упругих колебаний, или **сейсмических волн**. Колебания распространяются во все стороны в недрах Земли и уже через 20 мин достигают противоположной точки земного шара. По существу, сейсмические волны — это низкочастотные звуковые волны в твердой упругой Земле. Они делятся на **объемные** и **поверхностные**. Первые при своем распространении охватывают весь объем нашей планеты; вторые концентрируются только вдоль поверхности.

Землетрясения, изучение землетрясений.

Для изучения глубинной структуры земного шара наибольший интерес представляют *объемные волны*. Объемные волны разделяют на продольные — упругие волны сжатия, и поперечные — упругие волны сдвига. В образовании продольных волн участвуют два параметра — упругость на изгиб (сдвиг) и упругость на сжатие, тогда как в образовании поперечных только упругость на изгиб. В точку наблюдения первыми приходят продольные волны. В связи с этим их называют первичными, а поперечные волны — вторичными.

Объемные волны, возникающие в гипоцентре, расходятся от него во все стороны. Отдельно взятое направление, по которому распространяются продольные и поперечные волны, называется сейсмическим лучом. Траектория лучей искривлена в силу различной плотности земного вещества. Однако два сейсмических луча остаются практически прямолинейны, они проходят от очага землетрясения к эпицентру и антиэпицентру. Эпицентр — точка на поверхности Земли, расположенная на кратчайшем расстоянии от гипоцентра; антиэпицентр — диаметрально противоположная точка.



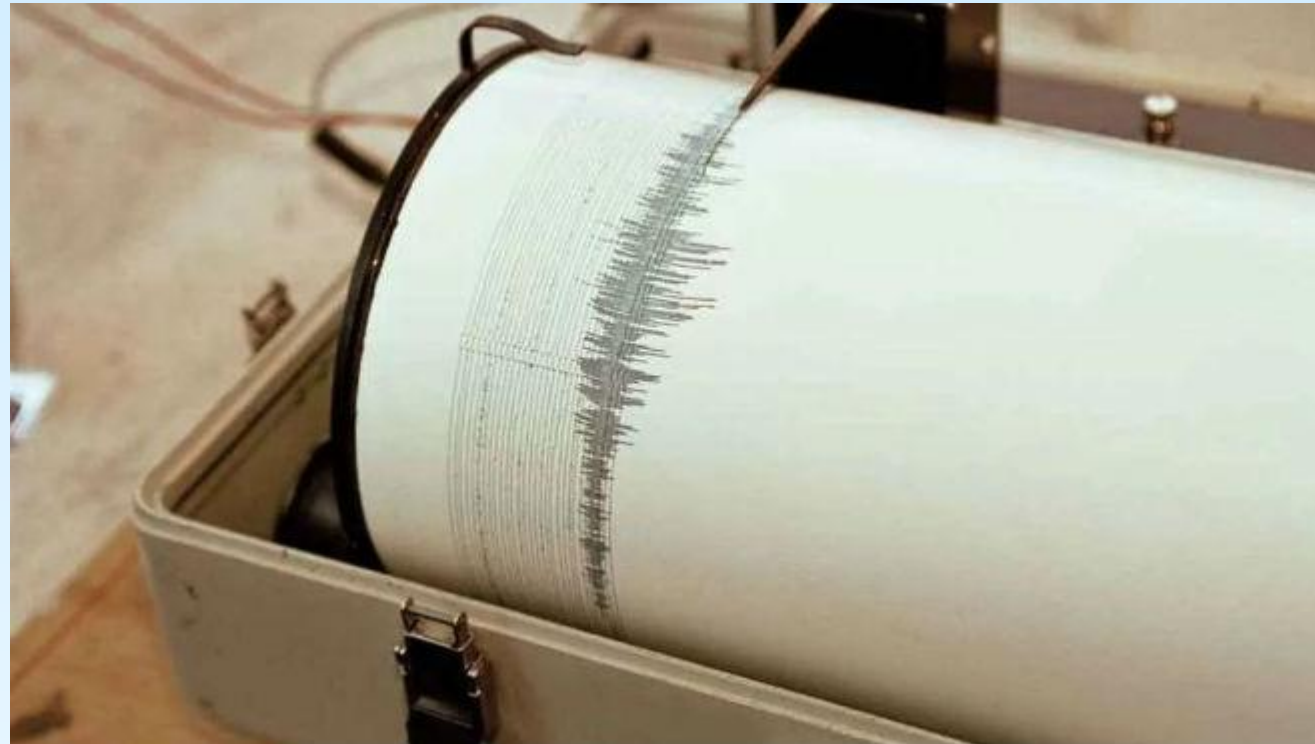
Землетрясения, изучение землетрясений.

По мере достижения сейсмическим лучом земной поверхности на ней возникают *поверхностные волны* (волны Рэлея, длинные волны), расходящиеся кругами вдоль поверхности от точки прихода сейсмического луча. Поскольку одновременно к поверхности Земли подходит множество сейсмических лучей, то образуется сложная интерференционная картина наложения различных упругих колебаний. Эти колебания вызывают движение частичек грунта — и происходит землетрясение. При мощных землетрясениях колебания частичек грунта бывают настолько сильными, что человек не в состоянии устоять на ногах.

Таким образом, **землетрясение** можно назвать завершением процесса движения земных пород. Движение частей земной коры ограничено силой трения. Когда достигается максимум напряжения, породы резко сдвигаются с разрывом, сила трения переходит в энергию движения, в итоге земные колебания расходятся радиально.

Наука, изучающая землетрясения, называется **сейсмологией**. Землетрясения изучают с помощью специальных приборов — **сейсмографов**, или **сейсмоприемников**. Сейсмограф построен по принципу инертного маятника. Он представляет собой колебательную электромеханическую систему, предназначенную для измерения и записи сейсмических волн. Состоит из корпуса, жестко установленного на поверхности почвы, и инертной массы, подвешенной внутри корпуса на пружине. При колебаниях инертная масса отстает от движения корпуса. Смещение между ними преобразуется в сейсмоприемнике в электрические колебания.

Землетрясения, изучение землетрясений.



Электромагнитные импульсы в виде луча света передаются на равномерно вращающийся барабан с помощью светочувствительной бумаги. При отсутствии землетрясений на барабане записывается тонкая гладкая линия. Как только грунт начинает смещаться под действием колебаний, то вместо гладкой линии на ленте появляются зигзаги и получается **сейсмограмма**

Существуют два основных вида сейсмоприемников: вертикальный и горизонтальный. Первые записывают горизонтальные смещения (продольные колебания), вторые— вертикальные (поперечные колебания).

Расшифровка сейсмолент позволяет изучать землетрясения, определять положение эпицентра, глубину залегания гипоцентра, интенсивность, силу и энергию землетрясений.

Землетрясения, изучение землетрясений.

Положение эпицентра определяют по расстоянию от него до станции наблюдения. Это, так называемое, эпицентральное расстояние (Δ).

$$\Delta = \tau \frac{v_p \cdot v_s}{v_p - v_s}$$

где τ - запаздывание поперечных волн по сравнению с продольными. $\tau = t_s - t_p$, а t_p и t_s время прихода на станцию продольных и поперечных волн; v_p и v_s - соответственно скорости распространения продольных и поперечных волн.

Зная эпицентральное расстояние, можно определить глубину залегания гипоцентра h :

$$h = \sqrt{(t_p v_p)^2 - \Delta^2}.$$

Для оценки силы землетрясения используют шкалу магнитуд и шкалу интенсивности.

Магнитуда землетрясения – количество энергии, высвободившейся из очага и разошедшейся в виде ударных волн. По шкале магнитуды точно устанавливают точку исхода колебаний.

Интенсивность землетрясения – величина, представляющая собой соотношение магнитуды и сейсмической активности, представленной в баллах по шкале Рихтера.

Землетрясения, изучение землетрясений.

Шкала магнитуд используется для оценки силы природного явления. Энергия, высвобожденная в виде сейсмических волн, определяется по шкале от 1 (минимум) до 9,5 (максимальная сила) баллов. Минус данной шкалы в том, что она не позволяет понять, насколько опасно и разрушительно явление. Ведь бывает, что слабое землетрясение длится дольше сильного, следовательно, приносит больший ущерб. Поэтому более показательной является шкала интенсивности Рихтера.

Важный показатель землетрясений — их интенсивность. Измеряется она в баллах — условных ступенях шкалы интенсивности, определяющих силу землетрясений на поверхности. Существуют 10- и 12-балльные шкалы оценки интенсивности землетрясений. В России используется 12-балльная шкала интенсивности землетрясений MSK - 64, составленная С.В. Медведевым, В. Шпонхойером и В. Карником:

1 - 3 балла - слабые

4 - 5 баллов - ощутимые

6 - 7 баллов - сильные (разрушаются ветхие постройки)

8 - разрушительное (частично разрушаются прочные здания, заводские трубы)

9 - опустошительное (разрушаются большинство зданий)

10 - уничтожающее (разрушаются почти все здания, мосты, возникают обвалы и оползни)

11 - катастрофические (разрушаются все постройки, происходит изменение ландшафта)

12 - губительные катастрофы (полное разрушение, изменение рельефа местности на обширной площади).

Типы и причины землетрясений.

В зависимости от глубины залегания гипоцентра, землетрясения делят на:

- поверхностные (гипоцентр находится в пределах первых километров),
- коровые или нормальные ($h < 70$ км),
- астеносферные или промежуточные (h — 70—300 км),
- глубокие и глубокофокусные (h — 300—700 км).

Глубже 720 км возникновения землетрясений не наблюдалось.

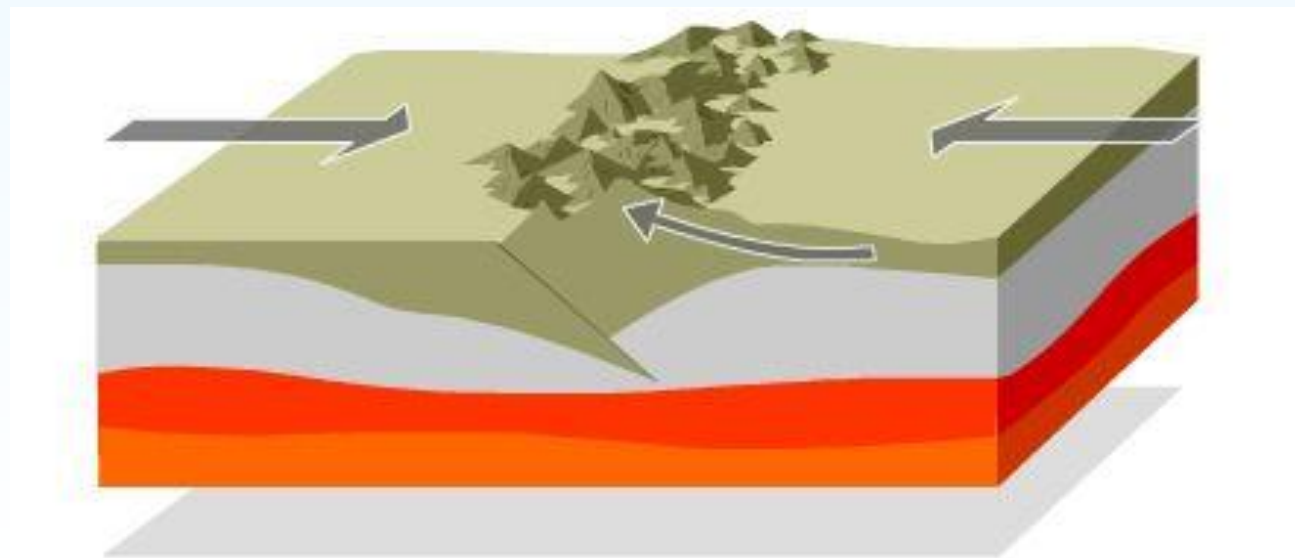
Глубокофокусные землетрясения широко распространены вдоль побережий Тихого океана и связаны с погружением, субдукцией холодных и тяжелых океанских плит под более легкие, континентальные. Возникновение сколов в верхней части погружающейся плиты свидетельствует о напряжениях, действующих в направлении пододвигания. По мере углубления океанической плиты, там, где она пересекает маловязкую астеносферу, гипоцентров становится меньше и они располагаются внутри плиты. Таким образом, погружающаяся плита, испытывая сопротивление, подвергается воздействию напряжений, разрядка которых приводит к образованию землетрясений, многочисленные гипоцентры которых сливаются в единую наклонную зону, достигающую в редких случаях глубин более 700 км, т.е. границы верхней и нижней мантии. По имени исследователей, впервые изучавших их, они получили название зон Вадати—Заварицкого—Беньофа (ВЗБ) или «зонами Беньофа».

Типы и причины землетрясений.

Факторами, раскрывающими, почему происходят землетрясения, могут быть тектонические явления (перемещение или деформация земной коры, процессы в планетарной мантии), вулканическая активность, оползни и прочие сдвиги горных пород, инженерная и военная деятельность на территории, удар космических тел. Причины землетрясений имеют как природный, так и искусственный характер.

Тектонические. В эту категорию входит наибольшая часть фиксируемых подземных процессов. Тектонические землетрясения возникают, когда из-за движения тектонических плит резко смещаются горные породы. Речь идет либо о столкновении толстых материковых плит, либо о подныривании тонкой океанической плиты под толстую материковую.

Движение литосферных плит незначительное, обычно не превышает пары сантиметров, но оно провоцирует сдвигание находящихся над фокусом горных пород, в результате чего выделяется много энергии. Перемещение пород приводит к появлению трещин в земле. Блоки земли, примыкающие к этим трещинам, разваливаются, деформируются, а расположенные на их поверхности объекты разрушаются.



Типы и причины землетрясений.

Техногенные. Из-за активной человеческой деятельности возникают техногенные землетрясения, и число их с каждым годом увеличивается вслед за усилением разрушающего воздействия человека на планету. Сейсмологи отмечают, что увеличивается число толчков на территориях, окружающих крупные водохранилища, зоны добычи природных ископаемых, действующие и выработанные шахты и карьеры и другие инженерные конструкции. Т.е. они создают избыточную нагрузку или, наоборот, недостаток давления.

Частое возникновение подземных процессов в области расположения водохранилищ связано с тем, что значительная масса воды давит на земную кору, размывает породы. Важную роль играет снижение прочностных свойств горных пород ввиду проникновения по трещинам воды.

Добыча нефти и газа, откачка воды из земных недр, приводит к изменению пластового давления воды, что, в свою очередь, влияет на перераспределение напряжений, оживлению подвижек по разломам, возникновению новых трещин. Как правило, землетрясения, вызванные этими явлениями невелики по своей силе.

Землетрясения могут происходить также в результате закачки внутрь пластов каких-либо жидких промышленных отходов.



Типы и причины землетрясений.

Вулканические. Такой тип землетрясений отличается слабостью проявления, но длительностью существования. Особых разрушений земные колебания не вызывают, катастрофические последствия – редкость. Но бывают исключения.



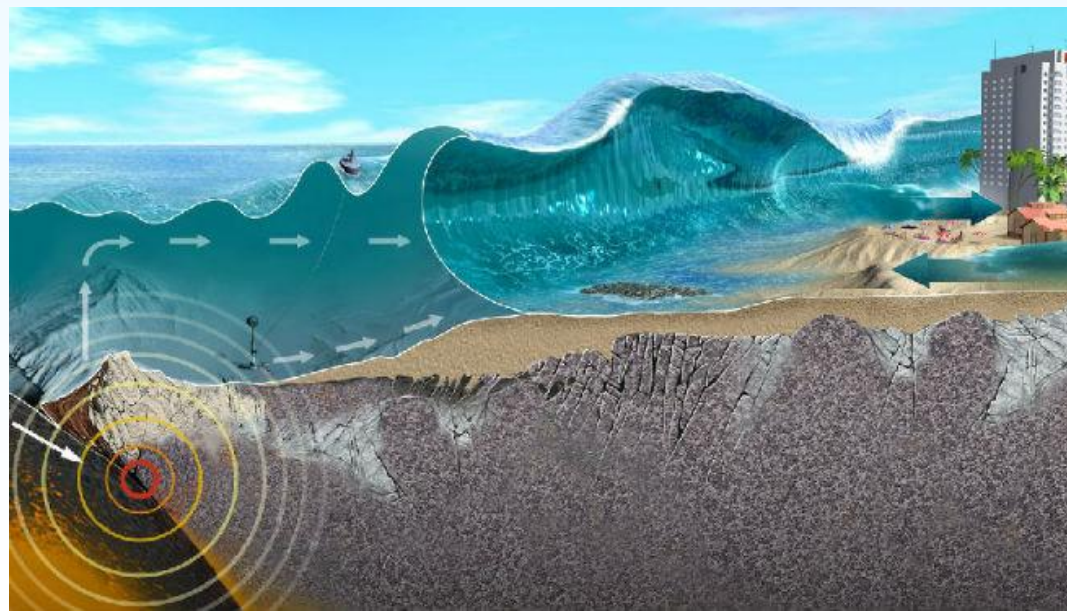
Мощнейший сдвиг земной коры в результате вулканической активности случился в 19 веке в Индонезии. Извергающийся вулкан Кракатау расколол на три части одноименный индонезийский остров. Толчки были такие мощные, что вулкан наполовину разрушился, а две части острова ушли в воду. Далее на побережье обрушилось цунами, уничтожило все население, не успевшее вовремя покинуть злосчастный остров.

Типы и причины землетрясений.

Обвальные. Причинами подземных колебаний могут стать крупные обвалы склонов и оползни. Такие землетрясения тоже неинтенсивные, но опасность заключается в сходе огромных грунтовых пластов.



Подводные. При столкновении тектонических плит, образующих океаническое ложе, возникают подводные землетрясения. При неглубоком расположении фокуса, и при магнитуде выше 7 баллов сейсмический процесс крайне опасен, поскольку является провокатором цунами. Землетрясения, отягощенные цунами, часто имеют катастрофические последствия.



Типы и причины землетрясений.

Искусственные. Речь идет о сейсмических процессах, спровоцированных инженерной и военной деятельностью человека. Искусственные землетрясения бывают следствием запуска ракет, бурения скважин, разработки нефтеносных и газоносных подземных пластов, гидроразрыв пласта, ядерные наземные и подземные взрывы и т.д.



От удара космических тел. Когда крупный космический объект, преодолев земную атмосферу, врежется в поверхность планеты, он взрывается, из-за чего формируется ударная волна, распространяющаяся и в земле, и в воздухе на значительные расстояния.



Типы и причины землетрясений.

По последствиям землетрясения делят на 2 категории: влияющие на природу, влияющие на деятельность человека.

К последствиям первой категории относят:

- встряску грунтовых пластов;
- образование трещин и углублений в земной коре;
- оползневые и селевые процессы;
- цунами;
- разжижение почвенных пластов;
- проседание земли.

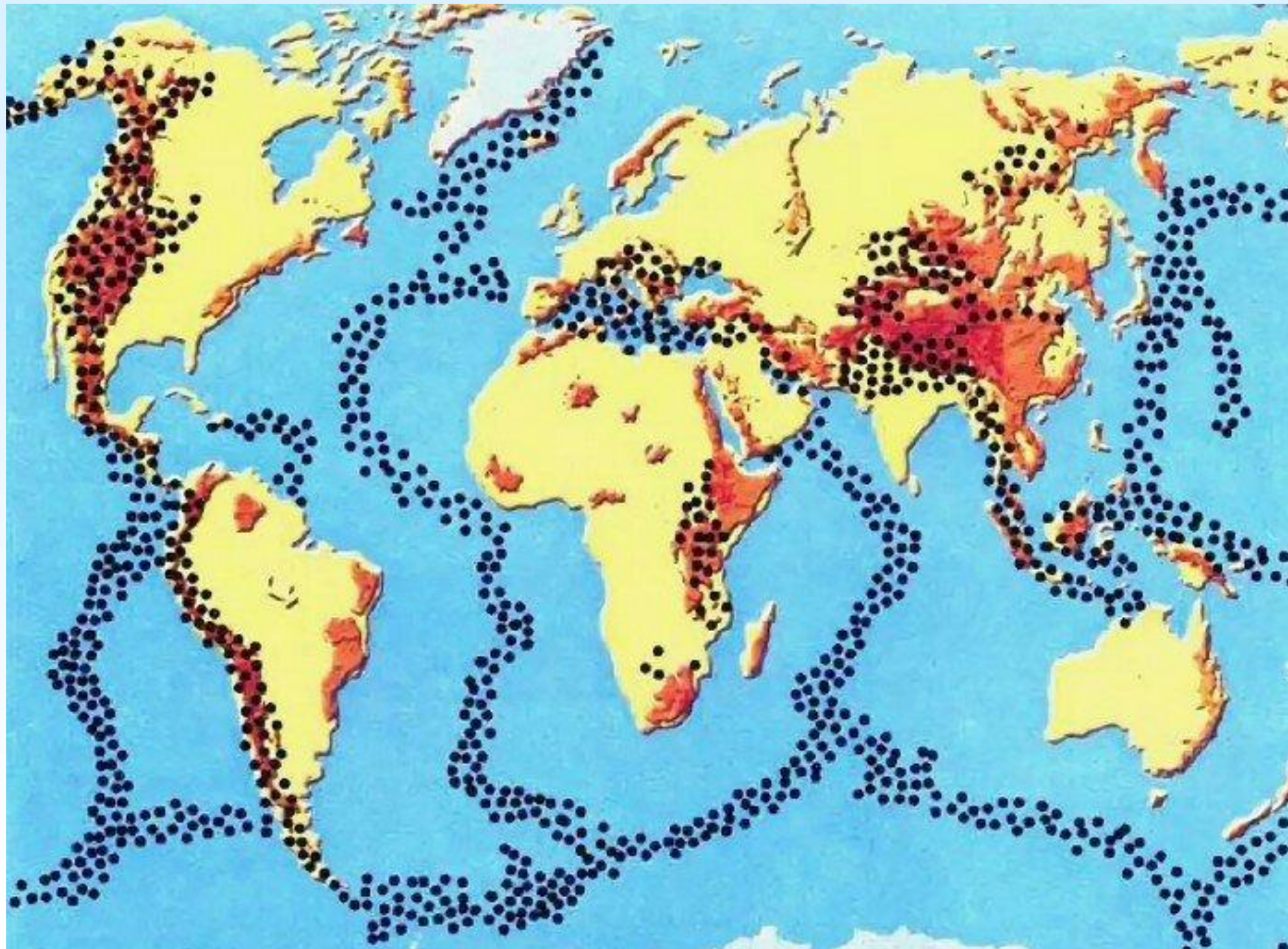
Последствиями второй категории называют:

- разрушение построек, путей сообщения, инфраструктурных сооружений;
- наводнения из-за обрушения дамб, повреждения водопроводных линий;
- пожары из-за разрушения нефтяных хранилищ, повреждения газопроводов;
- повреждение транспортных средств, линий электропередачи, тепло- и водоснабжения, канализационной сети;
- радиационное поражение окружающей среды при разрушении реакторов АЭС

Существуют также естественные геологические процессы, такие как земные приливы, изменение скорости вращения Земли, далекие землетрясения, солнечная активность, даже изменение атмосферного давления и фазы Луны, которые влияют на сейсмическую активность, особенно мелкофокусную.

Распространение землетрясений на Земле.

Распространение на земном шаре землетрясений носит крайне неравномерный характер.



Распространение землетрясений на Земле.

Распространение на земном шаре землетрясений носит крайне неравномерный характер.

Одни места характеризуются высокой сейсмичностью, а другие - практически асейсмичны. Основная их масса концентрируется в особых зонах, формируя своеобразные *сейсмические пояса*.

Зоны концентрации эпицентров представляют собой протяженные пояса вокруг Тихого океана и в пределах Альпийско-Гималайского складчатого пояса, простирающегося в широтном направлении от Гибралтара, через Альпы, Динариды, Кавказ, Иранское нагорье в Гималаи.

Гораздо более узкие и слабее выраженные пояса сейсмичности совпадают с осевыми зонами срединно-океанских хребтов.

Короткие зоны сейсмичности известны и в пределах Восточной Африки и в южной части Северо-Американской платформы.

Все остальные древние платформы и абиссальные котловины океанов - асейсмичны.

Колебания земной коры возможны только в областях, называемых сейсмическими поясами. Основных пояса два: Тихоокеанский и Средиземноморский. Также выделяют Арктический, Западно-Индийский, Восточно-Африканский пояса. На последние три приходится 5% всех фиксируемых на планете толчков.

В Тихоокеанском поясе, окольцовывающем берега Тихого океана, наблюдается около 80% землетрясений. Причем через каждые 100 – 150 лет происходят катастрофические сейсмические процессы. На долю Средиземноморского пояса приходится 15% толчков, катастрофы отмечаются через каждые 250 – 300 лет.

Распространение землетрясений на Земле.

Австралия – единственный континент, который не находится в зоне литосферных стыков. На материке нет гористых областей и активных вулканов, следовательно, землетрясения невозможны. Также слабая сейсмическая активность характерна для Антарктиды и Гренландии. На этих участках суши лежит толстый ледяной слой, который не дает подземным колебаниям проявляться на поверхности.

В России есть и сейсмически безопасные, и опасные области. Опасными считаются следующие горные местности:

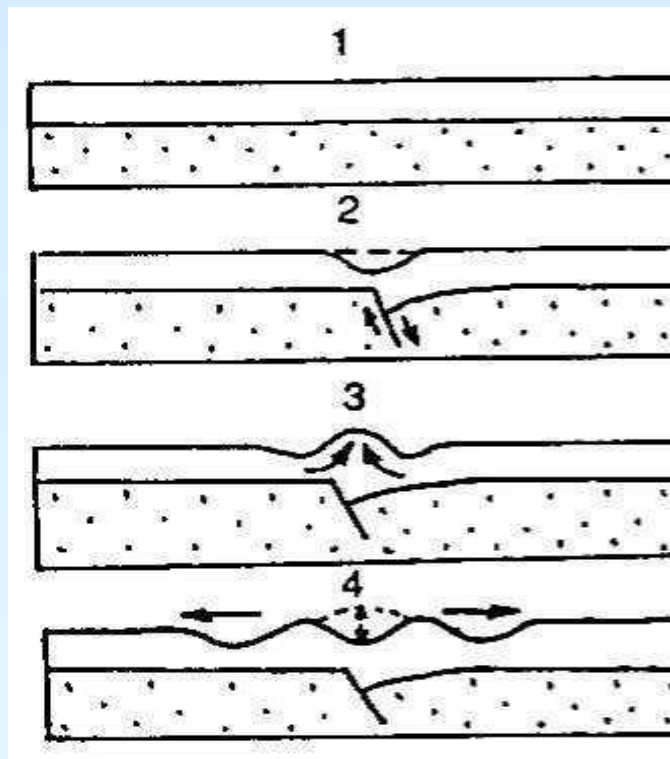
- Алтай;
- Кавказ (особенно северная часть);
- Дальний Восток;
- Гористые регионы Сибири (в основном восточная часть);
- Сахалин;
- Курильские и Командорские острова.

Моретрясения.

Сейсмические колебания океанического дна вызывают такое явление, как **моретрясение**, при котором море мгновенно «вскипает», образуются стоячие волны высотой до 5-6 м, водяные бугры, остающиеся на одном месте. Нередко моретрясение сопровождается сильным гулом. Это явление зафиксировано экипажами кораблей, подвергавшихся жуткой тряске, ударам по корпусу и вибрации, вызывавших даже разрушения на палубах. Моретрясения возникают при особом типе колебания океанического дна, когда образуются высокоэнергетические акустические волны. Если колебания дна происходят со скоростью 1 м/с, то на фронте волны сжатия скачок давления достигает 15 атмосфер.

В результате подводного землетрясения, происходящего в открытом океане, возникает зона локального возмущения уровня водной поверхности. Это возмущение обусловлено быстрым поднятием или опусканием морского дна, которое приводит к возникновению на поверхности океана длинных гравитационных волн, называемых **волнами цунами**. Длина волн цунами определяется площадью эпицентральной области и может достигать сотни и даже больше км. Если где-то в океане происходит мгновенное поднятие дна, то на поверхности воды возникает как бы водяная «шляпка гриба» высотой в 5-8 м. Затем она распадается с образованием круговых волн, разбегающихся в разные стороны. Иногда в этой водяной «шляпе» наблюдаются всплески, небольшие фонтаны, брызги, появляются пузырьки. Если какое-нибудь судно попадает в такую зону, то оно подвергается мощным ударам, вибрации и звуковому воздействию, причиной которой являются сейсмоакустические волны сжатия высокого давления.

Моретрясения.



- Образование цунами. 1 - до землетрясения, светлое - вода, точки - океаническое дно;
- 2 - землетрясение вследствие сброса на дне, на поверхности океана возникает впадина;
- 3 - на месте впадины образуется купол воды;
- 4 - купол распадается на круговые волны

Распространяясь во все стороны от эпицентральной области, волны проходят очень большие расстояния. Чаще всего скорость распространения волн цунами не превышает 200 км/час, в то время как скорость сейсмических волн составляет несколько км/сек, что позволяет выдать прогноз возникновения цунами после землетрясения, которое регистрируется почти мгновенно, и оповестить население о приближающейся опасности. Когда волна цунами высотой в 5-6 м подходит к отмелому берегу, ее высота начинает возрастать до нескольких десятков метров.

Цунами возникают не только в результате землетрясений. Возможно при сходе оползней в водоносный бассейн. К появлению цунами приводят и взрывы вулканических островов.

В очаге цунами нередко происходит быстрый подъем к поверхности холодных глубинных вод и при этом температура поверхностной воды в диаметре до 500 км понижается на 5-6°C и подобная аномалия держится более суток.

Прогноз землетрясений.

Несмотря на все усилия различных исследователей, предсказать десятилетие, год, месяц, день, час и место, где произойдет землетрясение, пока невозможно. Сейсмический удар происходит внезапно и застигает врасплох.

Основному подземному сейсмическому удару - землетрясению, обычно предшествуют землетрясения или **форшоки**, свидетельствующие о критическом нарастании напряжений в горных породах. После главного сейсмического удара обычно наблюдаются еще сейсмические толчки, но более слабые, чем главный удар. Они называются **афтершоками** и свидетельствуют о процессе разрядки напряжений при образовании новых разрывов в толще пород.

При прогнозировании землетрясений следует различать прогнозирование сейсмичности как режима, т.е. **сейсморайонирование** и прогнозирование отдельных землетрясений по предвестникам, т.е. собственно **сейсмопрогнозирование**.

Сейсмическое районирование - это составление разномасштабных специальных карт сейсмической опасности, на которых показывается возможность землетрясения определенной интенсивности в определенном районе в течение некоторого временного интервала. Карты обладают различным масштабом и разной нагрузкой. Карты используются в экономических целях, для строительства и землепользования. Балльность, выделенных опасных в сейсмическом отношении зон, непрерывно уточняется и в карты вносятся коррективы. Работа над картами продолжается и в наши дни, т.к. необходимость долгосрочного прогноза и оценки сейсмического риска возрастает.

Прогноз землетрясений.

Для получения наглядной картины составляют специальные карты — изосейст и гомосейст.

На карте изосейст изображают линии, соединяющие точки земной поверхности с одинаковой интенсивностью землетрясений. На таких картах выделяют и положение эпицентра. Области с интенсивностью землетрясений в 10 баллов и более называют плейстосейстовыми областями, а сейсмические колебания, проявляющиеся в их пределах, — мегасейсмическими. В пределах плейстосейстовых областей разрушаются практически все инженерные объекты — это районы наиболее катастрофического проявления землетрясений.

Площади, расположенные за пределами изосейсты в 1 балл, характеризуются проявлением микросейсмических колебаний, или микросейсм.

Области, находящиеся между изосейстами в 1 и 10 баллов, испытывают распространение макросейсмических колебаний.

На карте гомосейст показывают линии, соединяющие точки земной поверхности, отвечающие одновременному началу землетрясений.

Карты используются в экономических целях, для строительства и землепользования. Балльность, выделенных опасных в сейсмическом отношении зон, непрерывно уточняется и в карты вносятся коррективы. Работа над картами продолжается и в наши дни, т.к. необходимость долгосрочного прогноза и оценки сейсмического риска возрастает.

Прогноз землетрясений.

Сейсмопрогнозирование землетрясений использует много факторов, в которые включаются различные модели подготовки землетрясения и разные предвестники: сейсмологические, геофизические, гидродинамические, геохимические.

Согласно дилатантно-диффузионной модели, процесс подготовки землетрясения разделяется на 3 стадии. 1-ая характеризуется увеличением тектонического напряжения; 2-ая - возникновением микротрещин отрыва, т.к. напряжение практически равно пределу прочности пород. При этом происходит некоторое увеличение и упрочнение объема пород, называемое дилатансией. Если напряжения продолжают возрастать, то это приводит к 3-ей стадии - макроразрушению объема пород, т.е. к землетрясению.

Модель лавино-неустойчивого трещинообразования предполагает процесс взаимодействия полей напряжений трещин и локализации трещинообразования. Напряжения, действующие длительное время в горных породах, вызывают постепенное образование трещин. Когда достигается некоторая критическая плотность трещин, начинается лавинообразный процесс их объединения, что сопровождается концентрацией трещин в одной узкой зоне, в которой и происходит макроразрыв, т.е. землетрясение.

Прогноз землетрясений.

Предвестники землетрясений весьма разнообразны. Например, **предвестники электросопротивления**, когда за пару месяцев перед землетрясением наблюдается понижение электросопротивления глубоких слоев земной коры, что связано с изменением парового давления подземных вод. **Электротеллурические предвестники** свидетельствуют о том, что перед землетрясением начинается рост электротеллурических аномалий, что связывается с изменением меняющегося поля напряжений. **Гидродинамические предвестники** связаны с изменением уровня вод в скважинах. Обычно за несколько лет до сильного землетрясения наблюдается падение уровня вод, а перед землетрясением - резкий подъем. **Геохимические предвестники** указывают на аномальное увеличение содержания радона перед землетрясениями.

Образующиеся при землетрясениях трещины и расколы земной коры также позволяют предположить место и глубину гипоцентра. Иногда разломы расходятся радиусами от эпицентра. В ряде случаев возникающие трещины вскрывают водо-, газо- и нефтеносные пласты. В результате формируются новые источники, грязевые вулканы, происходит высачивание нефти на поверхность Земли.

Кроме этого, предвестниками могут быть: беспокойное поведение домашних и диких животных (многие животные способны чувствовать приближение катастрофы, они стараются покинуть эпицентр и прилегающую к нему территорию, направляются в безопасное место); возникновение в небе особых облаков, похожих на длинные полосы; проблемы в работе мобильных и электротехнических приборов.

Прогноз землетрясений.

Следы землетрясений, происходивших в недавнем геологическом прошлом - в голоценовое время, т.е. за последние 10 000 лет, можно обнаружить в рельефе, благодаря специальным методам. Сильные землетрясения всегда оставляют следы прошлых, таких же сильных землетрясений в виде тектонических уступов; смещений горизонтов палеопочв; трещин, пересекающих различные современные элементы рельефа - долины, овраги, склоны гор и холмов, водоразделы. Такие сейсмогенные нарушения обычно накладываются на рельеф, совершенно не согласуясь с его элементами. В результате землетрясений возникают крупные оползни, осыпи, оплывины, обвалы, прекрасно дешифрируемые на аэрофотоснимках, а крупные разломы и трещины - на космических снимках.

Поэтому изучение палеосейсмодислокаций имеет большой практический смысл, т.к. их наличие однозначно свидетельствует об активной сейсмичности района в недалеком геологическом прошлом и, следовательно, район может вновь подвергнуться сильному землетрясению.

В проблеме прогноза главное открытие последних лет: непредсказуемость землетрясений вызвана вовсе не недостатком наблюдательных данных, как полагали еще недавно, а особенностями механизма разрушения, порождающими хаотичность сейсмического процесса.

Тектонические движения, их определение и классификация.

Тектонические движения — это механическое перемещение земного вещества, вызывающее формирование новых геологических структур или изменение строения прежних. Основная причина их возникновения — внутренняя энергия Земли. Однако их проявлению могут способствовать и внешние причины, такие как изменение скорости вращения земного шара, вариации гравитационного поля, удары космических тел и др.

Представления о существовании тектонических движений возникли еще в античное время. Однако первая, наиболее удачная классификация появилась лишь в конце XIX в. И её суть в том, что тектонические движения делятся на эпейрогенические (создающие континент) и орогенические (создающие горы). При этом ведущее значение придавалось вертикальной составляющей этих движений.

В большинстве классификаций ведущую роль оставляли за вертикальными (колебательными) движениями. Горизонтальные движения либо не рассматривались вообще, либо им отводилась второстепенная роль, их проявление ставилось в зависимость от вертикальных (колебательных) движений. Однако в начале 70-х годов А.В. Пейве показал, что горизонтальные движения проявляются гораздо активнее, чем вертикальные.

Таким образом вертикальные и горизонтальные силы, называемые поверхностными, прикладываются к какой-то поверхности пласта горных пород и изменяют его. Однако, кроме поверхностных, важную роль играют и объемные силы (например, всплывание горных пород).

Земная кора постоянно испытывает движения, чаще всего очень медленные, но при землетрясениях очень быстрые, почти мгновенные. Иными словами, земная кора как бы «дышит», постоянно находясь в медленном движении.

Тектонические движения, их определение и классификация.

Необходимо различать кажущиеся движения, связанные с колебаниями уровня моря и реальные, обусловленные собственно перемещениями земной коры. На побережьях океанов и морей уже давно устанавливались специальные приборы мореографы и рейки - футштоки, для измерения уровня моря. Однако, уровень моря может испытывать собственные колебания - эвстатические, обусловленные разными причинами.

Таяние ледников, образование поднятий в океанах, увеличение средней температуры воды, уменьшение ее плотности и т.д. все это вызывает повышение уровня океана, но это не означает, что то место на побережье, где происходят измерения, опускается. Необходима обработка длинного ряда наблюдений за десятки лет, чтобы выявить действительные вертикальные колебания земной коры. Резко усиливают колебания земной коры гляциоизостатические движения, связанные с таянием ледников и «всплыванием» после снятия нагрузки.

Для изучения деформаций, обусловленных тектоническими или вулканическими процессами, используют **наклонометры** и **деформографы**. Перед извержением вулканов поднимающаяся магма вызывает деформацию - подъем вулканической постройки, что улавливается приборами.

Для выявления вертикальных движений используют **повторное высокоточное нивелирование** вдоль определенных профилей. Такие профили, измерения на которых проводятся несколько раз с определенным интервалом, дают весьма любопытные материалы о скорости и направленности современных тектонических движений.

Тектонические движения, их определение и классификация.

Измерение горизонтальных движений на небольших площадях производится геодезическим способом повторной триангуляции, а перемещение литосферных плит сейчас надежно установлено с помощью методов космической геодезии, точность которых весьма велика и составляет первые мм на тысячи километров. Также широко используется геодезическая спутниковая система GPS.

Все тектонические движения целесообразно объединить в две группы — **вертикальные** и **горизонтальные**, с последующим подразделением по уровню их зарождения, при определении которого предлагается исходить из особенностей внутреннего строения Земли.

В недрах нашей планеты находятся два пластичных и чрезвычайно важных в тектоническом отношении слоя: астеносфера (верхняя мантия) и слой, на глубинах 2700-2900 км (переходный слой между мантией и ядром). Именно эти два слоя в силу специфического состояния слагающего их вещества являются базовыми при возникновении тектонических движений. Тогда можно предположительно выделять следующие их типы: **экзотектонические**, **поверхностные**, **глубинные** (коровые), **сверхглубинные** и **общепланетарные**.

Экзотектонические - вызываются ограниченными по площади процессами уплотнения и разбухания осадочных пород и движениями материков, оползнями и т.д., связанными с процессами диагенеза пород осадочного чехла, с процессами денудации, гипергенеза, а также являющихся результатом движения ледников.

Тектонические движения, их определение и классификация.

Поверхностные движения проявляются в осадочном слое литосферы, в составе которого широко развиты пластичные породы (глины, каменная соль, гипс), способные под действием геостатического давления перемещаться в пространстве, приводя к изменению геологической структуры вышележающих осадочных отложений.

В пределах осадочного слоя протекают также процессы уплотнения осадков при их литификации (превращение рыхлых осадков в твёрдые горные породы) или разбухания при их гидратации, развито здесь гравитационное соскальзывание, что приводит к образованию складок нагнетания и гравитационного скольжения. Т.е. происходит деформация осадочного слоя земной коры. Среди поверхностных движений можно выделить вертикальные и горизонтальные. Несмотря на различия в причинах возникновения и направленности действия, их объединяет то, что они существуют в пределах одной области проявления, а именно — в пределах осадочного слоя литосферы. По своей природе — это атектонические движения, они обусловлены действием факторов внешней динамики Земли. Разновидностью поверхностных движений можно считать техногенные движения, вызванные деятельностью человека.

Глубинные (коровые) движения происходят в пределах астеносферы и литосферы, включая и ее осадочный слой. Их проявление индуцируется из астеносферы и может вызываться изостазией (менее плотная земная кора плавает в более плотном слое мантии), фазовыми переходами вещества и другими процессами, происходящими в этом пластичном слое верхней мантии.

Тектонические движения, их определение и классификация.

Определенное влияние на зарождение глубинных движений оказывают и внешние, например ротационные силы, возникающие при изменении угловой скорости вращения Земли. В результате проявления глубинных движений в пределах литосферы формируются положительные и отрицательные структурные элементы различных порядков (вертикальные движения), локальная складчатость (горизонтальные движения).

Сверхглубинные движения зарождаются в низах мантии, по-видимому, в слое слой, на глубинах 2700-2900 км (переходный слой между мантией и ядром). Возможными причинами их возникновения можно считать процессы дифференциации мантии, сопровождающиеся выделением из нее тяжелых железосодержащих соединений, «стекающих» в ядро Земли. Т.е. связанные с физико-химическими процессами.

Более легкие (разуплотненные) и сильно нагретые массы нижних сфер мантии как бы всплывают в верхние ее области, достигая астено- и литосферы. Всплывающие, а затем вновь опускающиеся в низы мантии массы образуют конвекционное (перенос, перемешивание) движение вещества, что и приводит к проявлению на поверхности Земли сверхглубинных вертикальных и горизонтальных движений. Основным их результатом следует считать движение литосферных плит, приводящее к распаду континентов, к заложению и развитию океанов, к созданию новых континентов.

Тектонические движения, их определение и классификация.

Планетарные движения охватывают планету в целом. Зарождаются они в земном ядре. Возможная причина этого — изменение объема ядра, а следовательно, и всего земного шара за счет дифференциации вещества Земли. Планетарные движения наименее изучены, поэтому их выделение во многом проблематично.

Все тектонические движения по времени их проявления разделены на 3 категории: современные, новейшие, древние.

Современные тектонические движения - движения последних трех веков.

Новейшие тектонические движения изучает неотектоника. К ним относятся движения, которые происходили за последние 40млн.лет.