

Урок № 6. Сейсмические волны

Самые первые ученые сначала обнаружили волны, производимые землетрясением, перед тем как они смогли точно описать природу землетрясений или их основные причины, которые обсуждались в уроках 1-5. Таким образом, самые ранние значительные научные достижения в сейсмологии касались сейсмических волн. Как обсуждалось в уроке 5, землетрясения происходят, когда энергия упругих волн медленно накапливается в земной коре в результате движения плит, а затем внезапно освобождается при разрушениях земной коры, называемых разломами. Освобожденная энергия распространяется в форме волн, называемых сейсмическими волнами. Именно эта освобожденная энергия подвергает опасности людей и строения. Поэтому важно понять, куда освобождается энергия и в какой форме.

В данном уроке учащиеся узнают о разных типах сейсмических волн исходя из того, куда и как перемещаются волны. Кроме того, учащиеся обсудят, как ученые используют волны от землетрясений, чтобы узнать о внутренней структуре Земли.

Материал урока рассчитан на классное занятие длительностью один час.

Материалы

Несколько витых шагающих пружин типа «Slinky».

1 дюйм белой пластиковой ленты (или другого яркого цвета).

Одна двухметровая веревка.

Кирпич.

Молоток.

Введение

1. Попросите учащегося дать определение землетрясения на основании знаний, полученных в уроке №5. Напомните учащимся, что землетрясения происходят, когда энергия упругих волн медленно накапливается в земной коре в результате движения плит, а затем внезапно освобождается при разрушениях земной коры, называемых разломами. Расскажите учащимся, что освобожденная энергия может двигаться сквозь недра Земли и вдоль ее поверхности, и она может подвергнуть опасности людей и строения.

2. Предложите учащимся обсудить, как, по их мнению, энергия упругих волн достигает поверхности Земли и каким образом энергия проходит через всю Землю. Приведите простой пример: Попросите учащихся предположить, что произойдет, если они прикоснутся к одному концу кирпича и постучат по другому концу молотком. Если у вас есть кирпич и молоток, пусть учащиеся поэкспериментируют с ними. Учащиеся должны почувствовать пальцами энергию, производимую молотком. Пусть учащиеся определяют, почему они могут чувствовать энергию.

Объясните им, что они могут ее почувствовать, потому что энергия ударов молотка достигает кончиков их пальцев в форме волн.

3. Объясните учащимся, что энергия землетрясения распространяется в форме волн. Эти волны называются сейсмическими волнами или волнами землетрясения. Существуют различные виды сейсмических волн: объемные волны и поверхностные волны. Объемные волны проходят сквозь недра земли, а поверхностные волны распространяются вдоль земной поверхности. Объясните, что волны землетрясения передвигают частицы материалы разными способами: продольные волны создают возвратно-поступательное движение, параллельное направлению волн, а поперечные волны создают возвратно-поступательное движение, перпендикулярное направлению волн.

4. Спросите учащихся, где, по их мнению, возникают сейсмические волны землетрясения. Ответ может быть такой: «Вдоль плоскости разлома или в одной точке вдоль разлома». Объясните учащимся значение следующих терминов: гипоцентр (очаг) и эпицентр. Очаг землетрясения – то место, где происходит разрыв и сдвиг горной породы, а эпицентр – это точка на поверхности Земли, лежащая непосредственно над очагом.

Внимание! Первые сейсмические волны исходят из очага, тогда как более поздние волны могут возникать из любой точки, находящейся на зоне скольжения. Таким образом, вся энергия землетрясения не всегда исходит из очага, и по этой причине очаг землетрясения не всегда является единственным источником сейсмических волн (Вамплер, 2002).

5. Предложите учащимся подумать о других видах энергии, которые перемещаются в форме волн (например, звук, свет и т.д.). Объясните учащимся, что, когда раздастся свисток поезда, слышимый звук проделал путь по воздуху от свистка до ушей в форме звуковых волн. Объясните, что волны – это возмущения, которые передают энергию из одной точки в другую путем создания периодических (возвратно-поступательных) движений. Свисток заставляет вибрировать находящиеся поблизости молекулы воздуха. Когда молекулы начинают вибрировать, они отскакивают друг от друга и заставляют вибрировать соседние молекулы. Когда начинают вибрировать молекулы, находящиеся рядом с ушами учащихся, это означает, что учащиеся слышат звук свистка. Спросите учащихся, смогут ли они услышать звуки в пространстве, в котором нет воздуха. Ответ – нет. Звуковая энергия не может распространяться в вакууме, потому что отсутствует среда, которая может быть возмущена или приведена в колебание. Спросите учащихся, может ли звуковая энергия распространяться в твердых телах или в жидкости. Ответ – да. Звуковая энергия может вызывать вибрацию молекул в твердых телах или жидкостях. Спросите учащихся, может ли звуковая энергия распространяться в твердых телах быстрее, чем в жидкости. Объясните учащимся, что в твердых телах молекулы находятся ближе друг к другу и могут сталкиваться между собой быстрее.

Примечание! Иногда люди могут услышать землетрясение, когда сейсмические волны проходят сквозь землю (например, грохот или гудение). Это связано с тем, что землетрясения иногда могут вызывать звуковые волны в диапазоне звуковых частот. Звуковая энергия проходит через землю, но также может передаваться по воздуху.

Действия

1. Разделите учащихся попарно или на группы по четыре человека. Дайте каждой группе/паре шагающую пружину и немного пластиковой ленты.

2. Попросите учащихся в каждой группе/паре отметить пластиковой лентой две точки на их пружине рядом с центром сверху прилегающих витков. Учащиеся отметят витки пружин, чтобы видеть движение энергии по их длине.

3. Попросите, чтобы два учащихся каждой группы взяли за пружину с обоих концов. Растяните пружину примерно на 3 метра по полу, столу или другой ровной поверхности. Попросите, чтобы учащиеся по очереди сжимали примерно 10-20 витков, а затем резко их отпускали, держа при этом конец пружины и наблюдая за тем, как волны энергии распространяются по длине пружины.

4. После нескольких повторений попросите учащихся описать свои наблюдения за пружинной и лентой: витки двигаются вперед и назад по длине пружины, когда они сжимаются и расширяются. Спросите учащихся, на какой вид сейсмических волн похоже это движение пружины. Ответ – продольные волны. Напомните, что в продольных волнах частицы материала двигаются вперед и назад параллельно направлению, по которому передвигается сама волна. При распространении продольных волн материал сначала сжимается, а потом расширяется. П-волны (П значит первичные) являются продольными сейсмическими волнами, которые проходят через недра Земли. П-волны изменяют объем материала, через который они распространяются.

Примечание! П-волны в воздухе – это звуки. П-волны передвигаются быстрее в земле, чем в воздухе, но не вся энергия может быть услышана человеком. Когда звуковые волны находятся в диапазоне звуковых частот, некоторые люди могут их слышать.

5. Теперь привяжите один конец двухметровой веревки к ручке двери классной комнаты. Попросите одного учащегося взять в руку свободный конец веревки. Попросите учащегося отойти от двери, пока веревка слегка не натянется, и начните немного раскачивать веревку вверх и вниз. Пусть учащиеся попробуют раскачать веревку. После нескольких повторений попросите учащихся описать движение веревки. Спросите их, на какой вид сейсмических волн похоже это движение. Ответ – поперечные волны. Напомните, что в поперечных волнах частицы материала двигаются вперед и назад перпендикулярно направлению, по которому передвигается сама волна. В-волны (В значит вторичные) представляют

поперечные сейсмические волны, которые проходят через недра Земли. В-волны не изменяют объем материала, через который они распространяются, они смещают его.

Примечание! Движение веревки за счет действия поперечных сейсмических волн гораздо легче наблюдать, чем за продольными сейсмическими волнами, но поперечные волны распространяются медленнее, чем продольные. При землетрясении, используя сейсмоприемники, ученые могут наблюдать за появлением продольных волн раньше, чем за появлением поперечных. Вы можете показать крупным планом запись сейсмическую запись (сейсмограмму) по единичному землетрясению и попросить учащихся показать различные сейсмические волны. Кроме того, продольные волны причиняют больше ущерба конструкциям, поскольку гораздо легче сотрясти поверхностные горные породы, чем сдвинуть их.

6. Предложите учащимся критически оценить их устройство из пружины и веревки. Спросите их, видят ли они какие-либо ограничения своего устройства. Спросите их сравнить и сопоставить свои устройства с фактическими вибрациями, вызванными сейсмическими волнами, проходящими сквозь землю или по ее поверхности. Например, сейсмические волны переносят энергию от источника сотрясения наружу во всех направлениях (а не только в направлении, показанном на устройстве).

7. (По желанию). Как первичные, так и вторичные волны являются объемными волнами (проходят сквозь недра Земли). Поверхностные волны распространяются по поверхности Земли. Примерами поверхностных волн являются волны Рэлея и волны Лява. Объясните учащимся, что волны Рэлея могут вызвать пульсацию на земле в направлении вверх и вниз (подобно океанским волнам перед тем, как они разбиваются об линию прибоя), а волны Лява могут вызвать пульсацию в направлении вперед и назад (подобно движению змеи).

8. Попросите учащихся вспомнить, как ученые используют наблюдения за сейсмическими волнами, чтобы исследовать внутреннюю структуру Земли. Это похоже на то, как можно проверить зрелость арбуза, постукивая по нему. Чтобы понять, как ученые с помощью вибраций изучают Землю, необходимо понять, как волны или вибрации взаимодействуют с горными породами, из которых состоит Земля. Расскажите учащимся о двух простейших видах взаимодействия волн с горными породами: отражение и преломление. Попросите учащихся определить отражение. Они могут дать простые примеры, например эхо или отражение в зеркале. Объясните учащимся, что эхо – это отраженные звуковые волны, а отражения в зеркале состоят из отраженных световых волн. Расскажите учащимся, что сейсмическое отражение происходит, когда волна проходит через разные типы горных пород. Часть энергии, переносимой волной, передается через материал (преломленная волна), а часть отражается обратно в среду, откуда волна пришла. Можно продемонстрировать преломление, бросив монетку в бутылку с водой. Монета изменяет направление, когда она касается поверхности воды; она не

погружается на дно вертикально. Другими словами, траектория монеты преломляется (меняет направление), когда попадает из воздушной среды в водную.

9. Объясните учащимся, что сейсмические волны распространяются быстро, порядка нескольких километров в секунду. Скорость сейсмической волны зависит от многих факторов. Попросите учащихся подумать о факторах, которые могут изменить скорость сейсмической волны (например, состав горных пород, температура, давление и т.д.). Попросите их объяснить, каким образом данные факторы могут изменить скорость сейсмической волны. Учащиеся должны ответить на эти вопросы на основании знаний, полученных в данном уроке. Сейсмические волны распространяются быстрее в более плотных горных породах, температура проявляет тенденцию к снижению скорости сейсмических волн, давление – к увеличению скорости.

Внимание! Скорость сейсмической волны обычно увеличивается с глубиной, несмотря на тот факт, что увеличение температуры с глубиной снижает скорость волны.

Ссылки

Вамплер Дж.М., 2002. Неправильные представления – Ошибки в учебниках по геофизике, Журнал образования в области геофизики. Том 50 № 5, стр. 620-623.