

КИКТЕВ С.В.

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА
ЗАНЯТИЯ НА ТЕМУ «ЦУНАМИ»,
ВКЛЮЧЕННОГО
В ЭЛЕКТИВНЫЙ КУРС
ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ 9 КЛАССА
«ФИЗИКА
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТИХИЙ»**

ВВЕДЕНИЕ

Элективные курсы дают возможность обучающимся удовлетворить свои познавательные интересы, осуществить поиск и реализацию индивидуального образовательного маршрута, способствуют позитивной профессиональной ориентации.

Мы разработали и на протяжении ряда лет преподаем в 9-х классах элективный курс «Физика геологических стихий». Такой курс целесообразен именно в 9-х классах, поскольку:

- курс физической географии к 9-му классу завершен, стихийные явления природы в нем рассматривались, но, по мнению самих обучающихся, из-за недостатка учебного времени недостаточно глубоко и обоснованно, в то время как интерес школьников к их физической природе чрезвычайно высок;

- в 9-м классе школьники уже достаточно глубоко знают физику и математику для того, чтобы говорить о геологических стихиях не только качественно, но и количественно.

Таким образом, в 9-м классе появляется возможность, опираясь на знания учащихся по физической географии, физике и математике, а также на их прочный познавательный интерес, изучить грозные явления природы с той точки зрения, что они являются проявлениями величественного процесса непрекращающегося развития Земли.

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ЗАНЯТИЯ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА ПО ТЕМЕ «ЦУНАМИ»

Предлагаем в качестве примера методическую разработку одного из занятий факультативного курса «Физика геологических стихий» по теме «Цунами», которое проводится на сдвоенном уроке.

Важнейшим мотивом изучения учащимися рассматриваемого факультативного курса является глубокий и устойчивый интерес к познанию физики геологических стихий. Поэтому на первом этапе занятия – *этапе мотивации* – следует кратко пояснить учащимся цели и привести соответствующий достигаемым целям план занятия:

- 1) цунами в древней и новой истории человечества;
- 2) география и физика цунами, расчет скорости цунами;
- 3) сравнение цунами с ветровыми волнами;
- 4) закон Эри-Грина;
- 5) применение знаний о цунами на практике;
- 6) прогнозирование цунами и защита от нее.

К данному занятию школьники уже знакомы (в соответствии с программой элективного курса) с вопросами землетрясений и вулканических извержений, а на предыдущем занятии они подробно изучили ветровые волны, поэтому *на этапе актуализации знаний учащихся* им следует предложить вопросы:

- 1) Что такое землетрясение?
- 2) Какие типы землетрясений вы знаете?
- 3) Какие типы вулканов вам известны?
- 4) Какова география землетрясений и вулканических извержений?

При ответе на 1-й вопрос учащиеся используют определение, записанное на предыдущих уроках.

При ответе на 2-й и 3-й вопросы следует акцентировать внимание учащихся на подводных землетрясениях и вулканических извержениях.

При ответе на 4-й вопрос учащимся необходимо воспользоваться контурной картой, на которой на предыдущих занятиях нанесены важнейшие на земном шаре области землетрясений и вулканических извержений.

Продолжая актуализацию знаний школьников, учитель предлагает им, используя рассмотренное на предыдущем занятии изображение профиля волн, ответить на такие вопросы:

- 1) Что такое длина волны, как она обозначается и в каких единицах измеряется?
- 2) Определите длину волны мертвой зыби.
- 3) Что такое высота волны, как она обозначается и в каких единицах измеряется?
- 4) Определите высоту волны мертвой зыби.
- 5) Что такое крутизна волны, как она обозначается и в каких единицах измеряется?
- 6) Определите крутизну волны мертвой зыби.

7) Что такое скорость волны и как рассчитывается скорость волны для капиллярных волн, волн на глубокой воде и волн на мелкой воде?

При ответе на 7-й вопрос следует подчеркнуть простоту формулы расчета скорости волн на мелкой воде $v = \sqrt{gH}$ (1), ее зависимость только от глубины.

Исторические и современные примеры катастроф, связанных с цунами, весьма многочисленны, и поэтому мы рекомендуем остановиться на наиболее характерных, причем, уже здесь, в самом начале изучения нового материала, важно подчеркнуть единство землетрясений и цунами, вулканических извержений и цунами, а часто всех трех стихий.

Методически целесообразно предложить 3-4 учащимся подготовить заранее краткие, на 1-2 минуты каждое, сообщения. Возможен также показ видеофрагментов документальных и/или художественных фильмов о цунами.

Приведем примеры таких сообщений (пункт 1 плана занятия).

1. 4 тысячи лет назад в Эгейском море с северной стороны острова Крит на группе островов располагалась легендарная Атлантида (показать на карте). Это было процветающее государство с необычайно высокой для того времени культурой. Народ Атлантиды имел письменность, законы, деньги, построил города с мощными улицами и многоэтажными дворцами, огромный морской флот, создал искусные изделия из глины, золота, олова, меди. Но 35 столетий назад произошло катастрофическое извержение вулкана Санторин, сопровождавшееся взрывом и мгновенным опусканием в море значительных участков суши, а также сильным землетрясением, возникновением гигантских волн цунами, выпадением обильного пепла. Атлантида частично провалилась в море, частично была смыта гигантскими волнами, частично засыпана толстым слоем пепла. Честь открытия Атлантиды принадлежит археологу Артуру Эвансу; открыта она была в начале XX века.

2. В августе 1868 года после сильнейшего землетрясения вблизи южного побережья Перу и северного побережья Чили возникла волна цунами. Ее высота превысила 10 метров при обрушивании на побережье от Чалы до Икике (показать на карте). В Арике (показать на карте) волна достигла высоты 18 метров и полностью смыла город в море, оставив на его месте песчаную долину без следов застройки. на берег были выброшены 3 военных корабля, стоявших на рейде. Общее число жертв достигло 25 тысяч человек. Цунами прокатилась от берегов Южной Америки через весь Тихий океан и у берегов Новой Зеландии достигла высоты 5 метров (показать на карте).

3. В ночь с 4 на 5 ноября 1952 года в городе Северо-Курильске произошло семеричное землетрясение. Через 45 минут после начала землетрясения со стороны океана послышался громкий гул, и на город обрушилась волна, двигавшаяся с огромной скоростью и имевшая наибольшую высоту (более 5 метров) в центральной части города, где она катилась по долине реки. Через несколько минут волна отхлынула в море, унося с собой все разрушенное. Дно океана обнажилось на протяжении нескольких сотен метров. После 15-минутного затишья на город обрушилась 2-я десятиметровая волна. Она произошла особенно сильные разрушения, оставив позади себя лишь фундаменты

домов. Волна прошла через весь город, достигла склонов окружающих гор, после чего скатилась в котловину, расположенную ближе к центру города. Здесь, в огромном водовороте, в течение нескольких минут погибло много людей. Через несколько минут после второй волны пришла слабая 3-я волна (она была слабее второй), вынесшая на берег много обломков. В течение дня 5 ноября наблюдались постепенно слабеющие сильные колебания уровня океана.

4. Уникальный случай возникновения чрезвычайно высокой волны вследствие обвала, вызванного землетрясением, произошел 9 июля 1958 года на Аляске. Масса льда и горных пород объемом около 300 млн. м³ ледника Литуйя с высоты около 900 м обрушилась в узкую и длинную бухту Литуйя, вызвав на противоположной стороне бухты колоссальный волновой наплеск, достигший на отдельных участках побережья почти 600-метровой высоты. В 9 км от места катастрофы находились 3 небольших рыболовецких судна. На глазах потрясенных людей вверх поднялась огромная волна, которая поглотила подножие северной горы. После этого она прокатилась по заливу, сдирая деревья со склонов гор, обрушилась водяной горой на остров Кенотафия (показать на карте) и перекатилась через высшую точку острова, возвышавшуюся на 50 м над уровнем моря. При этом она перебрала корабли с людьми через остров в открытое море.

После заслушивания сообщений учитель дает **определение цунами**:

«Цунами – это морская или океанская волна, возникающая при подводных землетрясениях, когда происходят быстрые смещения участков морского дна, а также в результате взрывов подводных вулканов и сильных обвалов; длина волны цунами достигает сотен километров, скорость распространения – сотен километров в час, а высота, не превышающая в открытом океане 3-х метров, достигает в прибрежной зоне десятков метров; огромные длина, скорость и высота цунами делают их крайне опасными для береговых построек, кораблей на рейде и людей, оказывающихся в пределах досягаемости волн. В переводе с японского «цунами» – «большая волна в гавани».

Опираясь на сказанное, учащиеся без затруднений отвечают на вопрос учителя: какова география цунами? – Она совпадает с географией очагов подводных землетрясений и подводного вулканизма. При ответе учащиеся пользуются уже упоминавшейся контурной картой. Учитель подчеркивает, что 75% цунами возникают у берегов Тихого океана, 12% - в Средиземном море и 10% - у берегов Центральной Атлантики.

Физика цунами излагается учителем с использованием простой иллюстративной схемы: если вследствие землетрясения, подводного извержения вулкана или сильного обвала некоторый участок морского дна быстро сместился вверх или вниз, то, ввиду практической несжимаемости воды, почти в то же время смещается вверх или вниз соответствующий участок водной поверхности – так появляется очаг цунами. При смещении дна вверх цунами распространяется приливной волной вперед, а при смещении дна вниз – отливной волной вперед, и в этом случае наблюдается кратковременный отлив непосредственно перед появлением гребня цунами у берега.

Целесообразно выделить 4 этапа жизни цунами:

- 1) зарождение волны (рассмотрен);
- 2) движение волны по просторам океана;
- 3) взаимодействие волны с прибрежной зоной;
- 4) обрушивание волны на берег и движение водных масс над сушей.

При изучении 2-го этапа жизни цунами учащимся предлагается решить такую задачу: «Оцените максимально возможную скорость цунами при ее возникновении».

Учащиеся уже узнали, что длина волны – сотни километров и, отвечая на вопрос учителя – по какой формуле подсчитать скорость цунами? – легко укажут на (1). Они также без труда укажут и максимальную глубину океана: 11022 м в Марианском желобе, а потом вычислят, что если вдруг (теоретически!) произойдет подводное землетрясение на такой глубине, то

$v = \sqrt{9,81 \text{ м/с}^2 \cdot 11022 \text{ м}} = 328,8 \text{ м/с}$ – это скорость, практически равная скорости звука в воздухе.

Важно объяснить школьникам, что высота и длина цунами определяется силой толчков, близостью к поверхности дна эпицентра землетрясения, глубиной моря в месте толчков. Цунами будет тем мощнее, чем больше масштабы смещения дна и чем это смещение совершается быстрее. Скорость же цунами определяется только глубиной океана и меняется при ее изменении (пункт 2 плана занятия).

После этого, реализуя пункт 3 плана занятия, учитель предъявляет школьникам таблицу сравнения ветровых волн и цунами.

ТАБЛИЦА СРАВНЕНИЯ ВЕТРОВЫХ ВОЛН И ЦУНАМИ»

Таблица сравнения ветровых волн и цунами		
Параметры волн	Ветровых	Цунами
Скорость распространения	до 100 км/час	до 1000 км/час
Длина	до 0,6 км	до 400 км
Высота в океане	до 30 м	до 3 м
Высота у берега	до 40 м	до 40 м
Период	до 20 с	до 2,5 час

Задавая учащимся вопросы по приведенным в таблице данным, учитель подводит их к следующим выводам:

1) поскольку в открытом океане крутизна ветровых волн в 10^3 - 10^4 раз больше крутизны цунами, то для судов в открытом океане опасны штормовые волны, а цунами можно обнаружить лишь с помощью специальных приборов;

2) в прибрежной зоне опасность цунами многократно возрастает в сравнении со штормовыми волнами, ввиду их, прежде всего, огромной длины и скорости, а также того обстоятельства, что цунами, в отличие от штормовых волн, подходит к берегу единым водяным валом протяженностью по фронту в десятки и более километров, так что на сушу сразу обрушиваются огромные массы воды.

На 3-м этапе жизни цунами (это учащимся объясняет учитель) ее скорость уменьшается на величину $\Delta v = \sqrt{gH_1} - \sqrt{gH_2}$ (2),

$$\text{а длина сократится на } \Delta\lambda = T(\sqrt{gH_1} - \sqrt{gH_2}) \quad (3),$$

где H_1 - глубина того места, где цунами возникла,

H_2 - глубина прибрежной зоны,

T - период цунами, который мы считаем неизменным.

Здесь, в соответствии с пунктом 4 плана занятия, в зависимости от уровня подготовки участников изучения элективного курса, для расчета увеличения высоты цунами в прибрежной зоне следует либо в готовом виде записать закон Эри-Грина

$$\frac{h_2}{h_1} = \sqrt[4]{\frac{H_1}{H_2}} \quad (4)$$

где h_1 - высота цунами в месте с глубиной H_1 ,

h_2 - высота цунами в месте с глубиной H_2 ,

откуда
$$h_2 = h_1 \sqrt[4]{\frac{H_1}{H_2}}$$

либо, при достаточно сильном составе учащихся, вывести это закон, опираясь на закон сохранения и превращения механической энергии, который к этому времени уже изучен в курсе физики 9 класса¹.

4-й этап жизни цунами демонстрируется учащимся по рисунку 15.7².

С целью повторения и применения на практике изученного на занятии детям предлагается решить такую задачу (пункт 5 плана занятия): «В Тихом океане на глубине 8 км произошло землетрясение, вызвавшее резкое опускание участка дна, в результате чего возникла цунами высотой 2,5 м и длиной 150 км. Появление волны у берега ожидается в гавани глубиной 50 м. Определите скорость возникшей цунами и рассчитайте ее скорость, длину и высоту в гавани. Какими явлениями будет сопровождаться приближение цунами к берегу в сумерки?»

Вначале следует предложить учащимся записать условие задачи кратко, выделив искомые и заданные величины: здесь индекс 1 имеют параметры волны в момент ее возникновения, а индекс 2 - параметры волны в гавани.

$$v_1 = ?$$

$$v_2 = ?$$

$$\lambda_2 = ?$$

$$h_2 = ?$$

$$H_1 = 8 \cdot 10^3 \text{ м}$$

$$h_1 = 2,5 \text{ м}$$

$$\lambda = 1,5 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$H_2 = 50 \text{ м}$$

¹ Тарасов Л.В. Физика в природе: Книга для учащихся. - М.: Просвещение, 1988. - 351 с.: ил. С. 223-224.

² Там же, с. 224.

Затем перед учащимися ставится вопрос: как вычисляется скорость возникшей цунами? Учащиеся указывают на только что использованную формулу

$$v_1 = \sqrt{gH_1} \quad (2).$$

Затем учитель обращает внимание учащихся на неизменность периода цунами в океане и в гавани, и просит их выразить длину волны через период и скорость:

$$\lambda_1 = v_1 T \quad (3)$$

$$\lambda_2 = v_2 T \quad (4)$$

После деления (3) на (4) почленно, учащиеся получают пропорцию

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (5), \text{ откуда они найдут } \lambda_2 = \lambda_1 \frac{v_2}{v_1} \quad (6)$$

Отвечая на вопрос, как определить высоту цунами в гавани, учащиеся предложат воспользоваться только что изученным законом Эри-Грина

$$\frac{h_2}{h_1} = \sqrt[4]{\frac{H_1}{H_2}} \quad (7),$$

$$\text{откуда } h_2 = h_1 \sqrt[4]{\frac{H_1}{H_2}} \quad (8)$$

Отвечая на вопрос о явлениях, которыми будет сопровождаться приближение цунами к гавани, учащиеся перечислят:

- 1) отступление океана от берега, так как цунами при опускании дна распространяется отливной волной вперед;
- 2) свечение океана, особенно хорошо заметное в сумерки;
- 3) гул, сопровождающий приближение волны;
- 4) беспокойное поведение обитателей прибрежных вод.

В заключение занятия (пункт 6 плана занятия) рекомендуется заслушать сообщения нескольких учащихся о современном состоянии прогнозирования цунами. Основные идеи сообщений таковы: выделяют краткосрочный и долгосрочный прогнозы цунами. Первый – от уже происшедшего землетрясения: в настоящее время возможно почти точно предсказать, будет цунами или нет. Второй – предсказание всех тех цунами, которые возникнут в будущем при сильных землетрясениях. Важно выделить физические, химические и биологические методы прогнозирования³. Рекомендуем подчеркнуть, что основной метод защиты населения от цунами – заблаговременная эвакуация на возвышенные места. Особого сообщения заслуживают Службы цунами, существующие в СССР, Японии и США⁴ (см. (30, 76-82)).

³ Щетников Н.А. Цунами. - М.: Наука, 1981. – С. 66-76.

⁴ Щетников Н.А. Цунами. - М.: Наука, 1981. – С. 76-82