

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ РОЛИ ПРИЛИВНЫХ СИЛ ЛУНЫ И СОЛНЦА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Д.Л. Чубаров

Научный руководитель профессор М. М. Немирович-Данченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

18 марта 2015 года в г. Сендай (Япония) была принята Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015-2030 гг при поддержке Бюро по сокращению риска бедствий ООН и по поручению генеральной ассамблеи ООН. Данная работа направлена на изучение природы землетрясений, что несомненно укладывается в рамки вышеназванной программы и говорит об актуальности исследования.

11 марта 2011 года у восточного побережья острова Хонсю в Японии произошло землетрясение, ставшее причиной крупной радиационной аварии 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий. Данное событие имело огромный резонанс во многих экологических организациях, так как нанесло огромный ущерб экологии и здоровью людей.

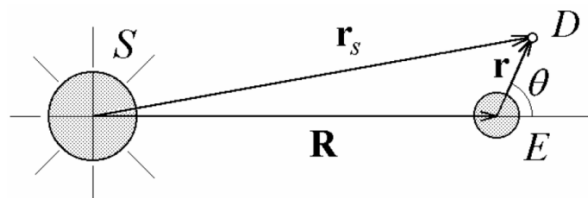
Стоит отметить, что в сейсмологически-активных зонах так же располагаются и месторождения полезных ископаемых, разработка которых так же связана с компонентами, способными нанести вред как экологии, так и здоровью людей. Например, если вблизи Сахалинских нефтяных платформ произойдет землетрясение, которое спровоцирует цунами, не исключено их повреждение и как следствие – экологическая катастрофа аналогичная разливу нефти в Мексиканском заливе в 2010 году. В связи с этим, актуальным становится вопрос об изучении всех возможных механизмов возникновения землетрясений.

Одним из таких механизмов может быть воздействие приливных сил со стороны Солнца и Луны. Так, по мнению некоторых авторов, приливные силы вызывают движения отдельных блоков, плит и континентов [1]. Для планет солнечной системы как правило рассматривается два механизма образования приливных сил: силы, вызванные удалением и приближением спутников к планете за счет эллипсоидной орбиты и механизм, вызванный совокупностью гравитационных сил и вращения планеты. Причем считается, что первый механизм более сильный, чем второй [2].

Цель работы – приняв за основу известную математическую модель действия приливных сил [3] усовершенствовать ее и рассчитать влияние этих сил на условный объект, находящийся на поверхности Земли, принимая во внимание ее вращение.

Приливные, действующие со стороны Луны или Солнца, могут иметь горизонтальные и вертикальные составляющие (рис. 1).

Горизонтальные и вертикальные составляющие вектора приливной силы рассчитываются с учетом угла θ .



**Рис. 1. Переменные r и θ , используемые для указания положения произвольной точки
вблизи Земли [3].**

$$F_{\text{hor}} = -3G \frac{mM_{\text{Sun}}}{R^3} r \cos 8 \sin 8 = -\frac{3}{32} G \frac{mM_{\text{Sun}}}{mM_{\text{Sun}}^3} r \sin 28 \quad (2)$$

$$F_{\text{vert}} = G \frac{mM_{\text{Sun}}}{R^3} r (3 \cos 8 - 1) = \frac{1}{2} G \frac{mM_{\text{Sun}}}{R^3} r (\cos 28 + \frac{1}{3}) \quad (3)$$

Соответственно, как видно из формул, максимальные значения для горизонтальной составляющей будут наблюдаться при $\theta = 45^\circ$ и 135° , а при $\theta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ будут равны нулю. Соответствующие экстремумы вертикальной компоненты смещены на 45° .

Если же говорить о различии этих составляющих в зависимости от широты, то в таком случае нужно ввести величину r' , которая характеризует расстояние от исследуемой точки до оси вращения Земли: $r' = r \cdot \cos \alpha$, где α - широтный угол. В таком случае, очевидно, что максимальное значение приливной силы будет на экваторе, минимальное – на полюсах.

Далее необходимо принимать во внимание, что взаимное положение Луны и Солнца – величина переменная, поэтому для разных положений на одну и ту же точку будет оказываться разное суммарное воздействие. Данную проблему можно решить, перебрав все возможные взаимные расположения Луны и Солнца (при шаге в 1 градус таких положений насчитывается 129600). Суммарная величина горизонтальной компоненты приливной силы находится сложением аналогичных компонент для Солнца и Луны при соответствующих их положениях.

Для примера рассмотрим случай, приведенный на рис. 2. Для экваториальной широты величина горизонтальной составляющей приливной силы, действующей со стороны Солнца и Луны на точку, будет находиться по формуле (2). В первом случае (со стороны Солнца) будет задействован угол θ_1 , во втором (со

стороны Луны) – θ_2 . Общее значение горизонтальной компоненты будет находиться путем сложения этих двух величин.

Рассмотрим модель действия приливных сил Луны и Солнца на тело, представляющее собой куб с ребром 1 км, состоящий из воды с плотностью 1г/см^3 (масса такого объекта будет равна 10^{12} кг).

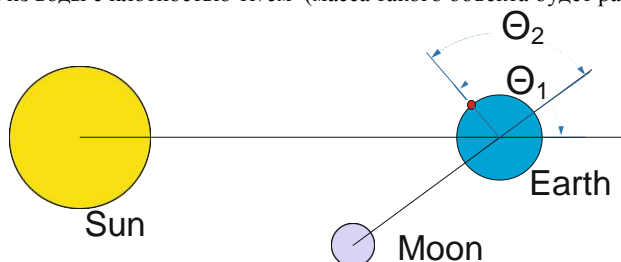
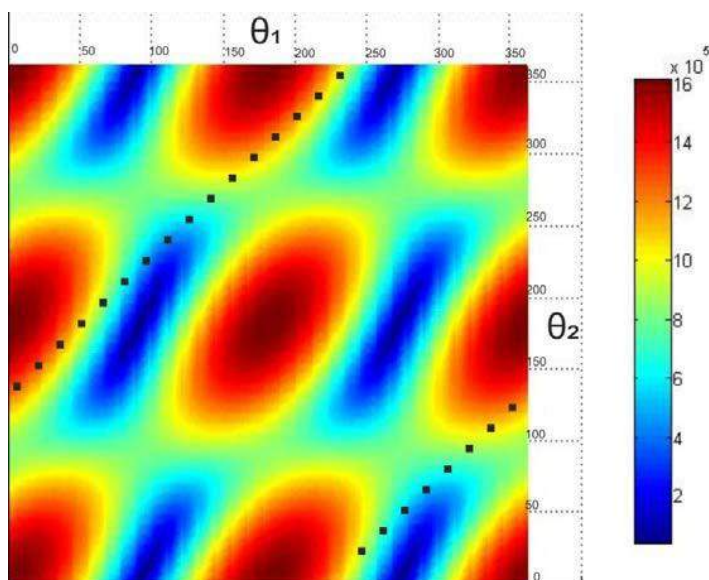


Рис. 2. Пример взаимного расположения Солнца и Луны

Модуль суммарного вектора приливной силы рассчитывался по формуле $F = \sqrt{F_{\text{hor}}^2 + F_{\text{vert}}^2}$. Значения этой величины представлены на рис. 3. Для наглядности на рисунке представлены изменения модуля вектора приливной силы в точке с координатами ($0^\circ; 73,8^\circ \text{ В}$) в течение суток.



Условные обозначения:



Суточные вариации (шаг – 1 час)

Рис. 3. Значение модуля суммарного вектора приливной силы Солнца и Луны.
Ось x – значение угла θ_1 , ось y – значение угла θ_2

Литература

1. Авсюк Ю. Н. Связь приливной эволюции системы Земля-Луна с проблемами геодинамики// Вестник Российской Академии Наук. 1996. Т.66 №2 – с.129 – 134;
2. Мюррэй К. Динамика Солнечной системы //К.Мюррэй, С.Дермотт, Изд-во ФИЗМАТЛИТ, М. – 588с;
3. Eugene Butikov. *A Dynamical Picture of the Oceanic Tides*. American Journal of Physics, v. 70, No 10 (October 2002) pp. 1001 – 1011.