

Численное моделирование падения крупных астероидов в океан

Шувалов В.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской Академии Наук, Москва, Россия

e-mail: valeryvshuvalov@gmail.com

Более двух третей поверхности Земли покрыто морями и океанами. Поэтому большая часть космических тел, сталкивающихся с Землей, падает в воду. При ударах космических тел по твердой поверхности основными поражающими факторами являются ударная волна, вызывающая массовые разрушения, и излучение, вызывающее массовые пожары. Выброс вещества в атмосферу определяет долговременные последствия. При падении космических тел в океан разрушения ударной волной и массовые пожары не так актуальны. Поэтому основными поражающими факторами для таких ударов являются волны цунами и выброс вещества мишени и ударника в атмосферу, на который заметно влияет наличие слоя воды. Эти два эффекта и рассматриваются в данной работе.

Проведенные расчеты показывают, что даже при падении десятикилометровых астероидов в океан в атмосферу выбрасывается большое количество вещества грунта. При глубинах вплоть до 3 км максимальная масса выброшенного в атмосферу вещества грунта не более, чем в 2-3 раза отличается от массы выбросов при падении астероида на твердую поверхность. Более того расчеты показывают, что масса вещества грунта, остающаяся в атмосфере после осадения в поле тяжести при глубинах до 5 км даже больше, чем при падении на твердую поверхность. И только при глубинах порядка 7 км и больше (при падении астероида в хадальную зону, составляющую около 1% от поверхности Земли) выбросы твердого вещества заметно уменьшаются по сравнению с выбросами при падении астероидов на сушу. Кроме того, при ударах в воду в атмосферу выбрасывается большое количество воды и содержащихся в ней солей. Таким образом можно сделать вывод, что при падении астероидов размером порядка десяти километров в океан воздействие на атмосферу Земли будет, по-видимому, не менее сильным, чем при падении астероидов на сушу.

Проведенные расчеты показывают, что при ударах космических тел, размеры которых больше глубины океана, наличие слоя воды слабо влияет на процесс формирования и размеры донного кратера, а волна цунами образуется, главным образом, за счет «сгребания» воды конусом выбросов из кратера в грунт. На расстояниях более 1000-3000 км волна цунами становится линейной и в дальнейшем затухает по закону $\sim r^{-1/2}$, где r – расстояние от точки падения, что соответствует теории мелкой воды. На меньших расстояниях волна заметно нелинейна и затухает быстрее. Чем больше глубина океана и размер ударника, тем дольше длится нелинейная стадия. Таким образом, можно сделать вывод, что падении в океан астероидов размером порядка 10 км на расстояниях 1000-3000 км от точки удара формируются волны цунами длиной более 100 км, похожие на цунами, генерируемые землетрясениями.