

# Атмосферные ударные волны при входе астероидов в атмосферу: Венера, Марс, Земля

---

**Иванов Б.А.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер Российской академии наук (ИДГ РАН), Москва, Россия

e-mail: boris\_a\_ivanov@mail.ru

Высокоскоростной вход небольших астероидов в атмосферы планет создает атмосферные ударные волны, способные оставлять видимые следы на поверхности планет. На Земле это может быть повреждение зданий (см. Челябинский метеорит в 2013 г.) или обширный вывал леса (см. Тунгусский метеорит, 1908 г.). На Марсе даже разреженная атмосфера приводит к локальному перемещению поверхностной пыли, видимого как темные дуги, вытянутые на несколько километров, на Венере воздушные ударные волны от фрагментированных метеороидов создают характерные поверхностные детали. В данной работе обсуждаются детали и нерешенные проблемы взаимодействия воздушных ударных волн с поверхностями планет.

В плотной атмосфере Венеры ударники в широком диапазоне диаметров передают кинетическую энергию в атмосферные ударные волны. В некоторых случаях обломки разрушенного в атмосфере ударника способны достигнуть поверхности. Численные оценки показывают, что сейсмические волны от удара догоняют и обгоняют фронт атмосферной ударной волны. Следовательно, на определенном расстоянии от точки падения взаимодействие сейсмических колебаний поверхности и атмосферного ударного импульса с положительными и отрицательными фазами может создавать необычные следы на поверхности. Некоторые странные образования, видимые на венерианских радиолокационных изображениях, потенциально могут быть объяснены с помощью продолжения анализа взаимодействия сейсмических приповерхностных волн и ударных волн в атмосфере.

На Марсе детали, связанные с перемещением поверхностной пыли воздушными ударными волнами, могут дать важную информацию о строении приповерхностного слоя марсианского грунта.

Совместный анализ воздушных ударных волн на планетах земной группы позволяет использовать опыт, полученный при регистрации проникновения метеороидов в атмосферу Земли, для изучения поверхности Марса и Венеры по наблюдениям с космических аппаратов.