

7.2 Исследование особенностей лунной пыли

Среди особенностей поведения лунной пыли две кажутся наиболее трудно объяснимыми. Во-первых, телевизионные камеры каждого из лунных посадочных аппаратов Surveyor 5, 6, and 7 регистрировали локальное свечение над поверхностью Луны в районе терминатора сразу после захода солнца. В последующих работах было показано, что это приповерхностное свечение обязано рассеянию солнечного света на разреженных облаках пылинок, загадочным образом парящих на высотах порядка метра. Во-вторых, астронавтами экспедиции Apollo-17, высадившимися на поверхность Луны, было сделано заключение, что лунная пыль имеет сильный разрушительный эффект на различные материалы. В частности, астронавт Harrison Schmitt написал, что после посещения лунной поверхности на каждом из шести космических аппаратов Apollo, были нарушены вакуумные уплотнения кабин аппаратов. До сих пор нет четкого понимания механизмов этих эффектов.

Была выполнена попытка проанализировать с единой точки зрения две группы важных проблем, которые давно известны, но в настоящее время считаются не связанными друг с другом. В первую группу входят: левитация пыли на малых высотах над поверхностью Луны и исключительно сильное разрушительное воздействие этой пыли. Ко второй группе относятся: крайне высокая адгезия лунной пыли к скафандрам, приборам и другим артефактам и практически неизбежное возникновение в земных условиях низкоразмерных структур из слипающихся наночастиц в мелкодисперсных порошках.

Все эти четыре проблемы представляются связанными с явлениями, возникающими при превращении твердого тела в газ не в результате плавления и последующего испарения (или в результате прямой возгонки), а в результате раздробления тела на все более и более мелкие частички.

По мере того, как пылевые частицы в результате weathering делаются мельче, в их поведении становятся заметными эффекты, связанные с тепловыми флуктуациями (проблемы первой группы). Процессы слипания порошинок (аналог конденсации) определяются конкуренцией между тепловыми флуктуациями и силами притяжения между ними. С этой точки зрения в пыли, возникшей и существующей в лунном вакууме, превалируют флуктуационные эффекты, а в порошках, изготовленных в земных условиях или контактирующих с загрязненными артефактами, на первый план выходят силы притяжения между порошинками.

7.3 Оценка взаимодействия между лунной экзосферой и КА с применением численного моделирования

Для оценки степени влияния посадочного аппарата на измеряемые параметры окружающей плазмы и приповерхностного электрического поля было выполнено компьютерное моделирование динамики пылевых частиц вблизи поверхности Луны и влияния на эту динамику посадочного аппарата (рисунок 1). Моделирование выполнялось «методом частиц в ячейках» (PIC) с использованием программного обеспечения SPIS-DUST (Spacecraft Plasma Interaction Software). При моделировании были использованы ожидаемые параметры плазмы в приповерхностной зоне Луны, находящейся в условиях солнечного ветра. При этом учитывалась также реальная конфигурация посадочного аппарата «Луна-Глоб» в части габаритов, поверхностных материалов и их свойств и планируемое место посадки ($\sim 68^\circ$).

На рисунке 1б видны значительные возмущения плазменного окружения вблизи КА. С подсолнечной стороны потенциал КА положительный и при заданных начальных условиях соответствует ~ 10 В. Эти возмущения заметны на расстояниях 20–25 см от корпуса КА. С теневой стороны потенциал КА отрицательный.

Данное моделирование поможет корректно оценить показания датчиков и смещение потенциалов возле поверхностей КА в зависимости от суточного вращения Луны, а также поможет в размещении датчиков последующих миссий, как лунной, так и миссий к другим безатмосферным телам.

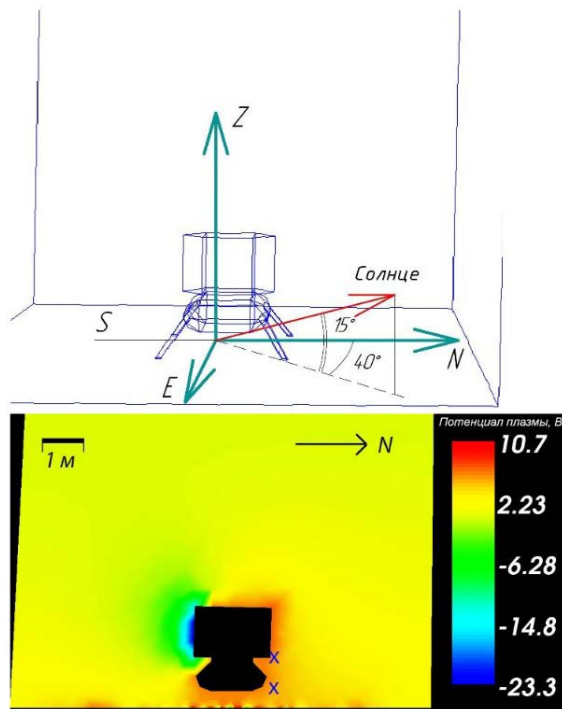


Рисунок 1. Моделирование взаимодействия КА «Луна-Глоб» и лунной экзосферы в ПО SPIS-DUST

а – схема положения посадочного аппарата при расчётах распределения потенциала плазмы в окружающем пространстве. Красная стрелка указывает направление на Солнце; б – предварительные результаты моделирования распределения потенциала плазмы в окрестностях и вблизи посадочного аппарата на поверхности Луны с использованием программы SPIS-DUST. Шкала величины потенциала плазмы в вольтах указана справа на рисунке. Крестиками на рисунке отмечены положения ЭД1 и ЭД2 (Kuznetsov I.A. et al., 2016).