

1. *Список авторов–сотрудников ИКИ РАН: Ю. Н. Извекова, С. И. Попель*

2. *Название: Цикл работ о пыли и пылевой плазме в атмосферах Земли и Марса*

3. *Ссылки на публикации:*

а) Yu. N. Izvekova, S. I. Popel, and B. B. Chen, Nonlinear Acoustic-Gravity Waves and Dust Particle Redistribution in Earth's Atmosphere, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. V. **134C** (November 2015), P. 41-46.

б) Yu. N. Izvekova and S. I. Popel, Charged Dust Motion in Dust Devils on Earth and Mars, *Contributions to Plasma Physics*. V. **56**, Issue 3-4 (2016), P. 263-269.

4. *Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность:*

Разработка теоретических представлений, анализ физических механизмов и моделирование нелинейных волновых процессов и переноса мелкодисперсных пылевых частиц в запыленных областях атмосфер Земли и Марса. Актуальность данной научной проблемы обусловлена необходимостью создания целостной картины, характеризующей роль мелкодисперсных пылевых частиц и пылевой плазмы в атмосферах Земли и Марса, что, в частности, необходимо для развития экспериментальных методов исследования указанных объектов и анализа результатов имеющихся и будущих наблюдений.

5. *Конкретная решаемая в работе задача и ее значение:*

Изучение нелинейных акустико-гравитационных волн и вихревых движений и их влияния на перенос пылевых частиц в атмосферах Земли и Марса. Значимость задачи обусловлена тем, что ее решение позволяет углубить современные представления о процессах, происходящих в атмосферах Земли и Марса, мелкодисперсных нано- и микромасштабных пылевых частицах в природе, свойствах пылевой плазмы.

6. *Используемый подход, его новизна и оригинальность:*

Теоретические исследования и численное моделирование с опорой на данные наблюдений. Применялись методы магнитной гидродинамики, физической кинетики, нелинейной физики, радиационной газовой динамики, теории пылевой плазмы.

7. *Полученные результаты и их значимость:*

а) Построена непрерывно стратифицированная модель неадиабатической атмосферы Земли с учетом профиля температуры, с помощью которой исследована возможность развития неустойчивости акустико-гравитационных (АГ) волн. Показано, что существование областей атмосферы, где выполнены условия развития неустойчивости, обусловлено совместным действием тепловых потоков солнечного излучения,

инфракрасного излучения атмосферы, эффектов конденсации паров воды, а также теплопроводности.

б) Показана возможность существования крупномасштабных АГ вихрей в тропосфере и ионосфере Земли, формируемых в результате развития неустойчивости. Изучена структура вихрей.

в) Показана возможность перераспределения пылевых частиц в ионосфере в результате вихревых движений в результате следующих механизмов: захват и эволюция пылевых частиц в АГ вихрях; формирование пылевых вихрей в результате вовлечения в вихревые движения большого числа пылевых частиц.

г) Показано, что возбуждение АГ вихрей на ионосферных высотах в результате развития неустойчивости АГ волн приводит к существенному переносу пылевых частиц и их перемешиванию. Слои пылевых частиц в ионосфере Земли толщиной порядка километра, образующиеся на высотах, меньших 120 км, распределяются по области существования АГ вихревых структур. В результате на высотах 110–120 км могут образовываться пылевые вихри. Оказывается возможным перенос частиц на высоты до 130 км.

д) Показано, что возможными механизмами переноса пылевых частиц в ионосфере являются вертикальные и горизонтальные потоки (стримеры и зональные потоки), генерируемые пылевыми вихрями в результате развития параметрической неустойчивости.

е) Разработана физико-математическая модель для описания поведения пылевых частиц в пылевых вихрях (dust devils) в атмосферах Земли и Марса. На основе этой модели проведены расчеты траекторий пылевых частиц в пылевых вихрях с учетом влияния электрического поля. Показано, что влияние электрического поля оказывается существенным вблизи поверхности планеты в области захвата пылевых частиц. Вдали от указанной области электрическое поле не оказывает значительного влияния на траекторию пылевой частицы. Показано, что при расчете траектории пылевой частицы в пылевом вихре вдали от центра вихря электрическое поле, генерируемое вихрем, может быть аппроксимировано полем электрического диполя, расположенного на оси симметрии вихря, на половине его высоты. Проведенные расчеты показывают, что пылевые вихри являются важным источником пыли в атмосферах Земли и Марса.

Результаты, представленные в данном цикле работ, позволяют углубить современные представления о процессах, происходящих в атмосферах Земли и Марса, мелкодисперсных нано- и микромасштабных пылевых частицах в природе, свойствах пылевой плазмы.