

## Аннотация цикла статей на Конкурс научных работ 2025г. ИКИ РАН (молодежный конкурс)

**Авторы:** Абделаал Мохамад Эссам Сайед.

1. **Название работы:** Цикл статей, опубликованных в 2025 г. по теме «Электромагнитные явления, связанные с динамикой пылевых частиц в атмосферах планет»
2. **Ссылки на публикацию:**  
**Цикл статей включает 6 статей (4 опубликованных и 2 принятые к печати)**
  - Abdelaal, M.E., Dokuchaev, I.V., Kuznetsov, I.A., Shashkova, I.A., Lyash, A.N., Dubov, A.E., Obod, Y.A., Kartasheva, A.A., Dolnikov, G.G., Zakharov, A.V. Electromagnetic noise in the near-surface Martian atmosphere: Research methods. *Solar System Research*, 59(6), 71 (2025). DOI:10.1134/S0038094625600143.  
<https://link.springer.com/article/10.1134/S0038094625600143>
  - Abdelaal, M.E., Zakharov, A.V. Electromagnetic Phenomena Induced by Charged Dust Particles Dynamics in Planetary Atmospheres: Laboratory Simulations and Field Observations. *Solar System Research* 59(7), 85 (2025). DOI:10.1134/S0038094625600519  
<https://link.springer.com/article/10.1134/S0038094625600519>
  - Abdelaal, M.E., Dokuchaev, I.V., Malinovskaya, E.A., Klimov, S.I., Dolnikov, G.G., Zakharov, A.V. Experimental modeling of atmospheric discharge phenomena and charged dust particle interactions. *Frontiers in Astronomy and Space Sciences* 11, 1347048 (2024). DOI: 10.3389/fspas.2024.1347048.  
<https://www.frontiersin.org/journals/astronomy-and-space-sciences/articles/10.3389/fspas.2024.1347048/full>
  - Abdelaal, M.E., Dokuchaev, I.V., Malinovskaya, E.A., Izvekova, Y.N., Lyash, A.N., Kuznetsov, I.A., Shashkova, I.A., et al. Generation of electromagnetic radiation caused by the dynamics of charged dust particles in a simulated terrestrial environment. *AIP Advances* 15(9) (2025); также опубликовано в Scilight (2025). DOI: 10.1063/5.0280942  
<https://pubs.aip.org/aip/adv/article/15/9/095034/3364506/Generation-of-electromagnetic-radiation-caused-by>
  - Abdelaal, M.E. Electromagnetic Phenomena in Planetary Atmospheres: Insights from Electrization and Discharge of Dust Aerosol in Arid Environments. *Theoretical and Applied Climatology* (принято к печати, 2025).
  - Abdelaal, M.E. Electromagnetic Phenomena Associated with Dust Particle Dynamics in a Simulated Martian Atmosphere: An Experimental Study. *Advances in Space Research* (принято к печати, 2025).

### 3. Общая формулировка научной проблемы и её актуальность

Электризация пылевых частиц и связанные с этим электромагнитные процессы представляют собой важнейший фактор динамики планетных атмосфер. В условиях Земли, Марса и безатмосферных тел (Луна, астероиды) при взаимодействии заряженные пылевые частицы способны инициировать микрозаряды, влиять на химические реакции в атмосфере, нарушать работу приборов и создавать риски для космических миссий. Несмотря на большое количество теоретических моделей и косвенных данных наблюдений, механизмы генерации неравновесного электромагнитного излучения при столкновениях заряженных частиц до настоящего времени оставались малоизученными. Недостаток экспериментов и

высококчувствительных методов регистрации затруднял развитие физики пылевых атмосфер и ограничивал возможности прогноза для будущих миссий на Марс и Луну.

#### **4. Конкретная решаемая в работе задача, и её значение**

Основной задачей представленного цикла являлось исследование механизмов генерации электромагнитного излучения при взаимодействиях заряженных пылевых частиц в условиях, моделирующих приземные слои атмосферы Земли и Марса. В рамках исследования были поставлены и решены задачи:

- лабораторное моделирование динамики пылевых частиц в разреженных  $\text{CO}_2$  - средах и в аридных земных условиях;
- регистрация и анализ низко- и среднечастотных электромагнитных сигналов, сопровождающих трибоэлектрическую электризацию и микроразряды;
- сопоставление экспериментальных данных с результатами полевых измерений в степных регионах Калмыкии;
- адаптация электромагнитного анализатора (ЕМА), изначально разработанного для прибора «Пылевой Комплекс», созданного в отделе 53 для проекта ExoMars-2022, к лабораторным и натурным исследованиям.

Решение этой задачи имеет ключевое значение для планетологии и прикладных космических исследований, так как позволяет не только понять фундаментальные процессы в пылевых атмосферах, но и разработать методы мониторинга пылевой электрической активности для обеспечения безопасности космических аппаратов.

#### **5. Используемый подход, его новизна и оригинальность**

Новизна работы заключается в комплексном применении лабораторного моделирования, полевых наблюдений и современных методов спектрального анализа сигналов для исследования электромагнитных явлений в пылевых средах.

Впервые получены:

- экспериментальные данные о генерации низкочастотного электромагнитного излучения в условиях  $\text{CO}_2$  -атмосферы при низком давлении, аналогичных марсианским;
- полевые измерения электромагнитных импульсов, вызванных естественным переносом пыли в аридной среде;
- единая диагностическая методика, включающая временно-частотный анализ, вейвлет-разложения и классификацию импульсных сигналов.

Использование модифицированного прибора ЕМА позволило впервые подтвердить возможность регистрации слабых неравновесных сигналов, ранее предсказанных только теоретически.

#### **6. Полученные результаты и их значимость**

Результаты исследования показали, что динамика пылевых частиц в земных и марсианских условиях сопровождается воспроизводимыми электромагнитными сигналами в LF–MF диапазоне, вызванными трибоэлектрическими микроразрядами. Эксперименты подтвердили возможность инициирования разрядных процессов при электрических полях ниже земного порога пробоя, что согласуется с условиями на Марсе. Полевая кампания в Калмыкии (в составе экспедиции Института Физики Атмосферы РАН) подтвердила

аналогию между лабораторными моделями и естественными явлениями пылевой электризации.

Значимость работы определяется её вкладом в фундаментальную физику планетных атмосфер, развитием экспериментальной базы для исследований пылевых процессов, а также практической применимостью в проектировании космических миссий. Кроме того, полученные результаты открывают перспективы создания новых датчиков для мониторинга электромагнитных процессов в пылевых средах и разработки методов прогнозирования рисков, связанных с пылевой электризацией при подготовке миссий на Марс, Луну, астероиды.