

НАПРАВЛЕНИЕ 8: МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Кураторы: Л.В. Рыхлова (ИНАСАН), А.В. Захаров (ИКИ РАН)

8.1.	Проект 8.1. Миграция и динамика малых тел		
	Тема 8.1.1. Исследование процессов миграции малых тел в околоземное пространство	ИНАСАН	Емельяненко В.В.
	Тема 8.1.2. Исследование динамических и физических характеристик астероидов и комет, сближающихся с планетами, и решение проблем астероидно-кометной опасности	ИНАСАН	Рыхлова Л.В.
	Тема 8.1.3. Роль гигантских ударов в ранней эволюции Луны, планет земной группы, и крупнейших астероидов	ИДГ РАН	Иванов Б.А.
	Тема 8.1.4. Планируется провести исследование вековых эффектов в движении астероидов методами современной теории гамильтоновых систем.	ИПМ РАН	Сидоренко В.В.
	Тема 8.1.5. Астероиды, кометы, метеороиды, их динамика и состав. Резонансная и столкновительная динамика малых тел, сближающихся с планетами.	ИПА РАН	Шор В.А.
	Тема 8.1.6. Динамика движения малых тел Солнечной системы	ИКИ РАН	Эйсмонт Н.А.
	Тема 8.1.7. Пояса малых тел: космогонические процессы, динамическая и физическая структура, связь с генезисом комет	ИПА РАН	Чернетенко Ю.А.
8.2.	Проект 8.2. Свойства малых тел		
	Тема 8.2.1. Исследование генезиса летучих соединений во внеземном веществе.	ИКИ РАН	Герасимов М.В.
	Тема 8.2.2. Разработка и обоснование метода синтеза двумерных радиоизображений пролетающих вблизи Земли астероидов по радиолокационным эхо-сигналам. Аprobация метода на материалах радиолокации астероидов «1998 WT24», «1991 JX» и анализ возможности применения метода в экспериментах РСДБ-локации астероида «2004 XR14» и фрагментов «космического мусора».	ФИРЭ РАН	Гаврик Ю.А.
	Тема 8.2.3. Моделирование структуры ядра Тунгусского космического тела (ТКТ).	ФТИ РАН	Гладышева О.Г.
8.3.	Проект 8.3. Пыль и метеорные потоки		
	Тема 8.3.1. Исследование динамики пыли малых тел Солнечной системы	ИКИ РАН	Захаров А.В.

	Тема 8.3.2. Создание целостной картины, характеризующей роль плазменно-пылевых процессов в системе Земля-Луна.	ИДГ РАН	Попель С.И.
	Тема 8.3.3. Исследование свойств и характеристик Луны; проблемы освоения и использования ресурсов Луны Пылевая плазма вблизи поверхности Луны	ОИВТ РАН	Петров О.Ф.
	Тема 8.3.4. Разработка методов и приборов для регистрации пыли в различных условиях космического пространства Пыль в Солнечной системе, её динамика, состав, свойства	ИКИ РАН	Дольников Г.Г.
	Тема 8.3.5. Электризация и динамика заряженной пыли у поверхности космических тел, лишенных атмосферы (Луна, Меркурий, астероиды).	ИЗМИРАН	Борисов Н.Д.
	Тема 8.3.6. Метеорные потоки. Исследование потоков метеорного вещества через околоземное пространство и их динамики.	ИНАСАН	Багров А.В.
	Тема 8.3.7. Синтез веществ в плазменном факеле при высокоскоростном ударе. Нарушения зеркальной симметрии энантиомеров в процессе их синтеза в локальных хиральных физических полях плазменного факела метеоритного удара.	ИКИ РАН	Манагадзе Г.Г.
	Проектов 3, тем 17		

Проект 8.1. Миграция и динамика малых тел

Тема 8.1.1. «Исследование процессов миграции малых тел в околоземное пространство»

Изучена динамическая эволюция околосолнечных короткопериодических объектов. Для этого определены орбиты и проведено численное интегрирование уравнений движения двенадцати околосолнечных комет семейств Марсдена и Крахта, наблюдавшихся в двух и более появлениях, на длительных интервалах времени. Установлено, что в будущем типичным для рассмотренных тел является переход на орбиты с перигелиями, расположенными далеко от Солнца, и наклонами более 50 градусов. В связи с этим было рассмотрено движение наблюдаемых околоземных объектов, орбиты которых имеют большие наклоны. Интегрирование уравнений движения этих тел показало, что типичным для них в прошлом являлось нахождение на стадии околосолнечных объектов. Таким образом, установлено, что нахождение и распад малых тел в окрестности Солнца является важным механизмом в формировании популяции околоземных объектов. Исследовано долговременное движение Челябинского объекта на основе применения метода симплектического интегрирования для большого числа орбит из доверительной области. Показано, что с большой вероятностью Челябинский объект проходил в прошлом вблизи Солнца. Наиболее вероятное время прохождения вблизи Солнца очень хорошо согласуется с известной оценкой 1.2 миллиона лет для космического изотопного возраста. Изучена долговременная эволюция наблюдаемых астероидов, движущихся в настоящее время между Землей и Марсом на значительном удалении от планет. Найден первый представитель (объект 2013 RB6) пояса астероидов между Землей и Марсом. Уточнены параметры процесса миграции комет из внешней части Солнечной системы в околоземное пространство на основе новых наблюдательных данных о распределении транснептуновых объектов и кентавров. В частности, показано, что объекты из рассеянного диска в транснептуновой зоне и облака Оорта дают приблизительно одинаковый вклад в популяцию комет семейства Юпитера.

Список публикаций:

1. Emelyanenko V.V., Naroenkov S.A., Jenniskens P., Popova O.P. The orbit and dynamical evolution of the Chelyabinsk object. *Meteoritics & Planetary Science*, 2014, V. 49, doi:10.1111/maps.12382
2. Emel'yanenko V.V., Shelyakov M.A. Dynamical evolution of near-Sun objects. *Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium No. 310, Complex Planetary Systems*, 2014, p. 126-129.
3. Шеляков М.А., Емельяненко В.В. Исследование эволюции околосолнечных

комет и их вклада в популяцию околоземных объектов. Сборник трудов международной конференции "V Бредихинские чтения". Под ред.: М. Е. Сачкова, А. П. Карташовой, В. В. Емельяненко. Москва, Изд. Янус-К, 2014 (в печати).

Руководитель темы: Емельяненко Вячеслав Васильевич, Институт астрономии РАН,
vvemel@inasan.ru

Тема 8.1.2. «Исследование динамических и физических характеристик астероидов и комет, сближающихся с планетами, и решение проблем астероидно-кометной опасности»

Получены фотометрические данные для астероидов 87309, 23575, 387733, 97679, 15554, 68276, 175114, 8355. Проводились наблюдения объектов из списка Центра малых планет на подтверждение открываемых объектов с целью получения астрометрической информации. Наблюдения оперативно отправлялись в Центр малых планет.

Проведено два сеанса синхронные наблюдения на обсерваториях в Симеизе, Звенигороде и на Терсколе. Первый - в апреле с астероидом 387733 (2003GS) на обсерватории в Симеизе и в Звенигородской обсерватории. Для этого астероида получено значение периода вращения вокруг своей оси $P=2h46m7s \pm 0h0m2s$. Во время второго сеанса был исследован астероид 8355. Одновременно были проведены фотометрические наблюдения в Симеизе и спектральные с фотометрией без фильтров на Терсколе. При анализе фотометрических и спектральных данных было установлено, что астероид 8355 относится, скорее всего, к таксономическому классу V (базальтовые ахондриты). Принимая в расчет среднее альбедо для этого класса 0.315, получаем, что астероид имеет диаметр 3.5 ± 0.5 км.

Проведены поиск и исследование низкоскоростных сближений малых тел с Сатурном. Для этого из каталога малых тел JPL (сайт <http://ssd.dpl.nasa.gov>) выделены наблюдаемые кометы, орбиты которых принадлежат областям сближений Сатурна и Юпитера и их пересечению. Изучена эволюция орбит восьми комет на промежутке времени в 400 лет. Кометы испытывают 14 сближений: 11 сближений – с Сатурном и 3 сближения с Юпитером. У комет LINEAR–Grauer, Lagerkvist–Carsenty и Oterma сближения с Сатурном и Юпитером чередуются на небольшом промежутке времени (не превышающем 50 лет). При исследовании сближений с Сатурном подтвердились полученные ранее априорно результаты о длительности сближения и протяженности области сближения для комет, сближающихся с Сатурном. Исследованы 8 сближений наблюдаемых комет с Сатурном. Семь комет испытывают низкоскоростные сближения. В трех сближениях фиксируется

временный спутниковый захват в смысле Эверхарта , в двух сближениях – геометрические кратные минимумы. В трех сильных сближениях происходит реверсия линии апсид.

На основании исследования каталогов орбит метеорных и болидных тел найден метеоритообразующий фрагмент, орбита которого почти совпадает с орбитой астероида Апофис. Предполагая, что на орбите Апофиса могут находиться другие крупные (декаметровые) тела, целесообразно проводить поиск таких тел в точке наибольшего сближения орбит Апофиса и Земли (13 апреля). Кроме того, обнаружено, что астероид 2012 BN1 также движется по орбите, элементы которой сходны с элементами орбиты Апофиса.

Публикации:

1. Terentjeva A., Bakanas E. "Meteorite producing fragment on the Apophis' orbit" // "The Journal of the IMO (WGN)". Vol. 42 No 5. pp. 198-200, 2014.
 2. Terentjeva A., Bakanas E. "Meteorite producing fragment on the Apophis' orbit". "Proceedings of the IMC 2014". Paris. 2014. (<http://www.imo.net/imc2014/2014-40-terentjeva-final.pdf>)
 3. Емельяненко Н. Ю. Низкоскоростные сближения комет с Сатурном, сборник трудов международной конференции «V Бредихинские чтения», 12 – 16 мая 2014, Заволжск, Россия, под редакцией М. Е. Сачкова, А. П. Карташовой, В. В. Емельяненко. Москва. Издательство Янус – К;. 2014. 290 с.
 4. Баканас Е.С. Астероиды и кометы, связанные с метеорными потоками // Сборник трудов международной конференции "V Бредихинские чтения", 12 – 16 мая 2014, Заволжск, Россия, под ред.: М. Е. Сачкова, А. П. Карташовой, В. В. Емельяненко. Москва, Изд. Янус-К;. 2014. 290 стр. ISBN 978-5-8037-0625-0.
 5. Рыхлова Л.В., Шустов Б.М. Будет ли в России национальная программа противодействия космическим угрозам? // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, Том.2, N 4, с. 136-143.
- Руководитель: Рыхлова Л.В., ИНАСАН, rykhlova@inasan.ru

Тема 8.1.3. «Роль гигантских ударов в ранней эволюции Луны, планет земной группы, и крупнейших астероидов»

Продолжено исследование процесса формирования гигантского ударного кратера Реясильвия (Rheasilvia) диаметром 500 км для анализа данных миссии “DAWN” к астероиду Веста. На основании результатов численного моделирования закончен анализ аномалии силы тяжести над кратером Реясильвия. Опубликована статья совместно с Массачусетским технологическим институтом [1].

Начата подготовка к анализу и интерпретации данных миссии “DAWN” к астероиду Церера (ожидаемое прибытие весной 2015 г.). Построена компьютерная модель астероида как

двуслойной сферы с каменным ядром и ледяной корой. Моделирование показало интересную особенность, не известную ранее – удары астероидов диаметром более 30 км приводят к возникновению центральной «подледной горки» [2]. Такие «подледные» структура могут быть обнаружены (или не обнаружены) в ожидаемых результатах КА “DAWN”, поскольку гравитационные аномалии на высоте 50 км могут достигать 200 мГал (Рис. 1).

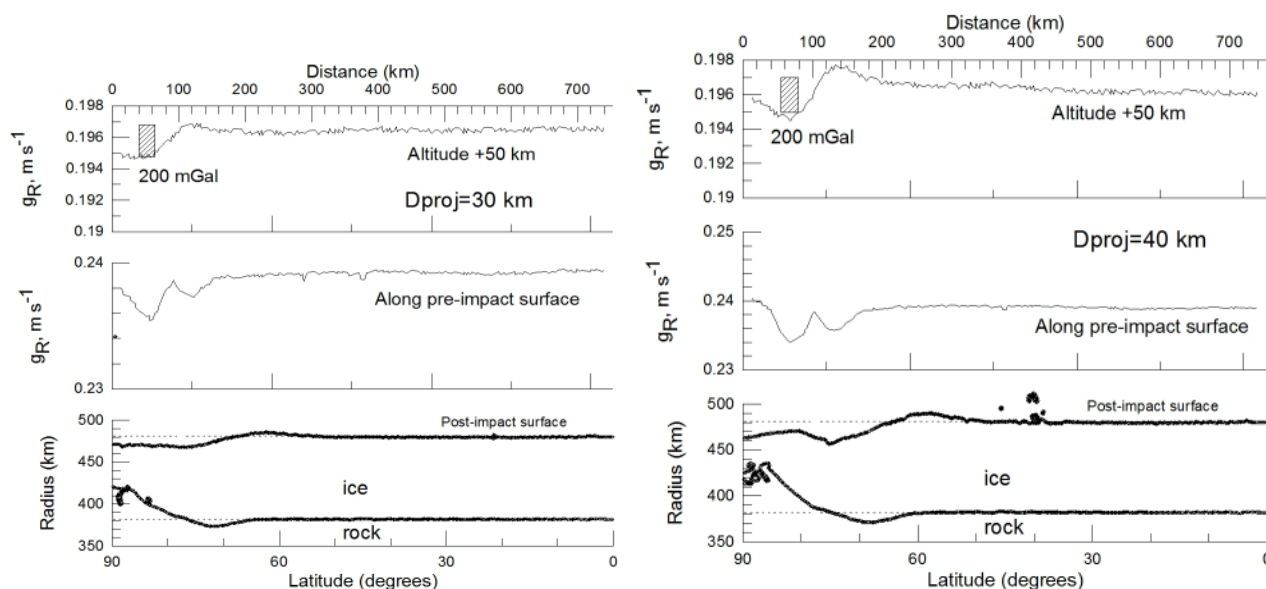


Рис. 1. Расчетные профили коры и мантии (внизу) и гравитационная аномалия на поверхности и на высоте 50 км (вверху) при ударе астероидов диаметром 30 км (слева) и 40 км (справа) при скорости 4.5 км/с.

Список публикаций

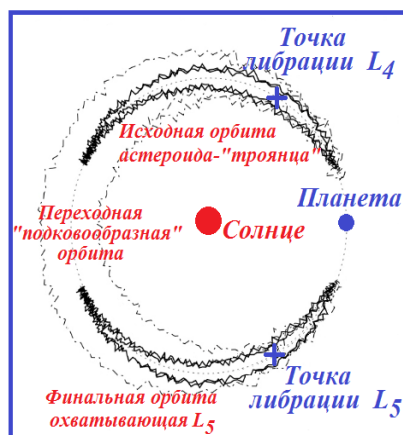
1. Ermakov, A.I., M.T. Zuber, D.E. Smith, C.A. Raymond, G. Balmino, R.R. Fu, and B.A. Ivanov, Constraints on Vesta's interior structure using gravity and shape models from the Dawn mission, *Icarus*, 240, 146-160, 2014.
2. Ivanov B. Ceres as a target for the impact cratering. Abstract presented to The Fifth Moscow Solar System Symposium (#5M-PS-27) Moscow, 2014.
3. Ivanov, B.A., Planar Impacts: Scaling of Shock Pressure Decay, in Lunar and Planetary Science Conference 45, abstract #1813, 2014

Руководитель проекта: Иванов Борис Александрович, ведущий научный сотрудник Института динамики геосфер РАН. baivanov@idg.chph.ras.ru, boris_a_ivanov@mail.ru

Проект 8.1.4 «Исследование вековых эффектов в движении астероидов методами современной теории гамильтоновых систем»

Завершено аналитическое исследование динамики астероидов, совершающих время от времени переходы из окрестности одной точки либрации в другую. Исследование было

проведено в рамках плоской эллиптической задачи трех тел. С помощью двукратного численного усреднения построены эволюционные уравнения, позволяющие провести детальный анализ трансформации режима движения астероида. Подготовлена рукопись статьи для представления в журнал «CelestialMechanics&DynamicalAstronomy».



Исследовано длительное движение астероида в окрестности планеты, обусловленное «прилипчивостью» (stickiness) последнего инвариантного тора вокруг устойчивого периодического решения. Исследование было проведено в рамках задачи Хилла.

Список публикаций:

1. Sidorenko, V.V., Neishtadt, A.I., Artemyev, A.V., Zelenyi, L.M.: Quasi-satellite orbits in the general context of dynamics in the 1:1 mean motion resonance: perturbative treatment. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, v. 120, pp 131-162 (2014).
2. Sidorenko, V.: Quasi-satellite regime of motion of small celestial bodies: Formation and destruction. Int. Conference “Asteroids, Comets, Meteors”, Helsinki, Book of Abstracts (2014)
3. Sidorenko, V.: Dynamics of “jumping” Trojans. Perturbative treatment. Int. Conference “Asteroids, Comets, Meteors”, Helsinki, Book of Abstracts (2014).
4. Sidorenko, V.: Dynamics of “jumping” Trojans. The 5th Moscow Solar System Symposium, Book of Abstracts (2014).
5. Batkhin, V.: Quasi-capture in Hill problem. The 5th Moscow Solar System Symposium, Book of Abstracts (2014).

Руководитель темы: Сидоренко Владислав Викторович, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН,
vvsidorenko@list.ru

8.1.5. “Астероиды, кометы, метеороиды, их динамика и состав. Резонансная и столкновительная динамика малых тел, сближающихся с планетами”.

Разработана новая быстрая методика оценки вероятности столкновения небесного тела с Землей, основанная на линейной связи ошибок параметров орбиты в эпоху сближения тел с

ошибками параметров в исходную эпоху. В ней для учета преимущественного распределения ошибки положения тела вдоль траектории используется оригинальная криволинейная система координат, связанная с номинальной оскулирующей орбитой тела. Показана эффективность использования введенной системы координат при подсчете вероятности столкновения по сравнению с декартовой системой.

Разработан комплекс алгоритмов и программ для мониторинга потенциально опасных небесных тел, предвычисления обстоятельств их сближений с Землей и возможных столкновений с ней. В кооперации с представителями других учреждений создан информационно-аналитический стенд (набор вычислительных и графических программ для персонального компьютера) для моделирования сценариев катастроф, вызываемых падениями на Землю небесных тел. Стенд проходит опытную эксплуатацию.

Публикации

Вавилов Д.Е., Медведев Ю.Д. Определение орбиты и вероятности столкновения с Землей вновь открытого небесного тела // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2013. Том 3. №4, с. 48-52.

Шор В.А., Дерюгин В.А., Зайцев А.В., Кочетова О.М., Чернетенко Ю.А. Имитация орбиты столкновения небесного тела с Землей и вычисление сопутствующих обстоятельств падения // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, Том.3,N 4, с. 151-157.

Бондаренко Ю.С., Вавилов Д.Е., Медведев Ю.Д. Метод определения орбит малых тел солнечной системы, основанный на переборе орбитальных плоскостей // Астрономический вестник. 2014. Т. 48. № 3. С. 229-237.

Зайцев А.В., Зецер Ю.Н., Кочетова О.М. и др. Прогнозирование районов и последствий падения небесных тел. XII Международная конференция “Забабахинские научные чтения”, 2-6 июня 2014 г. Доклад.

Vavilov D. E., Medvedev Yu. D. A fast method for estimation of the impact probability of near-Earth objects // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society – 2015. – Vol. 446, Issue 1. – P. 705–709.

Shor V., Kochetova O., Chernetenko Yu, Zheleznov N., DeryuginA, Zaitsev A. Forecasting scenarios of collision catastrophes produced by celestial body falls// Asteroids, comets, meteors Conference, Helsinki, 31 May – 4 July 2014 . Book of abstracts. Eds. K. Muinonen et al. P.512.

Руководитель: ШорВ.А., ИПАРАН, shor@ipa.nw.ru

8.1.6. Динамика движения малых тел Солнечной системы.

Разработан комплекс математических программ для анализа способов управления движением околоземных астероидов с помощью гравитационных маневров у Земли и других планет.

Проведены исследования по поиску околоземных астероидов, удовлетворяющих ограничениям по располагаемой величине характеристической скорости, необходимой для выведения астероидов на траектории гравитационных маневров, целью которых является наведение на опасные околоземные объекты и/или захват на резонансные с орбитой Земли траектории.

Подготовлен список астероидов, ранжированный по затратам характеристической скорости для выведения на траектории гравитационного маневра у Венеры, Земли и Марса.

Публикации:

1. Управление движением околоземных астероидов. А.А. Ледков, Н.А. Эйсмонт, М.Н. Боярский, К.С. Федяев, Р.Р. Назиров. Письма в *Астрономический Журнал*, 2015, том 41, № 1-2, с. 1-18
 2. NEAR EARTH ASTEROIDS TRANSFER ONTO EARTH RESONANCE ORBITS WITH THE USE OF GRAVITY ASSIST MANEUVERS. Anton Ledkov(1,3), Natan Eismont(1,3), Michael Boyarsky(1,3), Ravil Nazirov(1,3) and David Dunham. Доклад на Международном Симпозиуме по Динамике Космического Полета. ISSFD 2014, Greenbelt, Maryland, USA, May, 2014
 3. SMALL NEAR EARTH ASTEROIDS AND GRAVITY ASSIST MANEUVERS AS BASIC CONSTITUENTS OF PLANETARY DEFENSE AGAINST HAZARDOUS SKY OBJECTS. A.Ledkov, N. Eismont, K.Fedyaev, M. Boyarsky, R. Nazirov. Доклад на Международной Конференции по Операциям в Космосе. SpaceOps 2014, Pasadena, CA, USA, May, 2014
 4. Использование астероидов как развитие пилотируемой программы МКС. А.А. Ледков, Н.А. Эйсмонт, М.Н. Боярский, Р.Р. Назиров. Доклад на Третьей международной конференции «Аэрокосмические технологии», посвященной 100-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея, Реутов-Москва, 20-21 мая 2014
- Руководитель темы: Эйсмонт Натан Андреевич, ИКИ РАН, neismont@iki.rssi.ru

Тема 8.1.7. Пояса малых тел: космогонические процессы, динамическая и физическая структура, связь с генезисом комет.

Исследовано влияние малых возмущений на движение астероидов Главного пояса. Кроме того, возможно действие негравитационных эффектов.

Целью работы является выявление дополнительного ускорения, действующего на астероиды Главного пояса, и обсуждение полученных результатов.

Для выполнения этой задачи для около 5000 астероидов Главного пояса с хорошей наблюдательной историей были получены из наблюдений совместно с уточнением орбитальных параметров значения трансверсальной составляющей, A_2 , дополнительного ускорения (ДУ). Примерно для 1500 рассмотренных астероидов ошибки A_2 в три и больше раза меньше абсолютных значений A_2 .

При исследовании этих астероидов было рассмотрено влияние: 1) принятого закона зависимости ДУ от гелиоцентрического расстояния (рассматривались $1/r^2$ и $1/r^0$); 2) выбранного интервала наблюдений, весов наблюдений, исключения ошибочных наблюдений, ошибок звездных каталогов; 3) включения в уравнения движения релятивистских членов от Юпитера, учета возмущений от 300 астероидов и от остальных неучтенных астероидов, аппроксимируемых Гауссовым кольцом. Все эти составляющие не вносят существенного вклада в полученные результаты.

Оказалось, что значения ДУ обнаруживают, в среднем, следующие особенности: 1) отсутствие зависимости от значений диаметров, что позволяет исключить их негравитационную природу; 2) отсутствие зависимости от альбедо; 3) в среднем, ДУ отрицательно для рассмотренных астероидов, что приводит к уменьшению значений больших полуосей; 4) обнаруживается зависимость ДУ от значений больших полуосей орбит, а, такая, что ДУ увеличивается по абсолютной величине с увеличением a .

Причины, вызывающие это ускорение, не выяснены, но можно с определенностью сказать, что оно имеет негравитационную природу.

Список публикаций:

1. О.М.Кочетова, Ю.А.Чернетенко. Массы 27 астероидов, найденные динамическим методом. Астрон. Вестник, 2014, т.48, №4, С.318-324 (по программе за предыдущий год)
2. Ю.А.Чернетенко. Дополнительные возмущения, действующие на малые тела Солнечной системы. Международная конференция «V Бредихинские чтения». Программа и тезисы конференции. 12-16 мая 2014 г. Заволжск. 2014. С.51.
3. Ю.А.Чернетенко. Исследование влияния малых возмущений на движение астероидов Главного пояса (сдана в редакцию Астрономического вестника)

Руководитель: Чернетенко Юлия Андреевна, д.ф.-м.н., ИПА РАН, E-mail<cyu@ipa.nw.ru> .

Проект 8.2.: Свойства малых тел.

Тема 8.2.1. Исследование генезиса летучих соединений во внеземном веществе.

1. Изучен кластерный режим улетучивания петрогенных элементов из высокотемпературных расплавов некоторых полевых шпатов.

Экспериментально установлено, что в условиях высокотемпературного испарения, характерного для высокоскоростных ударных процессов, улетучивание вещества из ряда полевых шпатов происходит при ведущей роли нефелинового (NaAlSiO_4), волластонитового (CaSiO_3) и силлиманитового (Al_2SiO_5) кластеров.

2. Экспериментально была показана возможность синтеза сложных органических соединений в условиях Титана при высокоскоростных ударных процессах, происходящих при падении каменных метеоритов.

Путём экспериментального моделирования была показана возможность синтеза сложных органических соединений в условиях Титана при высокоскоростных ударных процессах, происходящих при падении каменных метеоритов. Даже если углерод первоначально отсутствовал в составе метеоритного вещества, атмосфера, содержащая несколько объемных процентов метана, может сама по себе служить богатым источником углерода для образования органических соединений. Органические продукты импактного синтеза могут подвергаться дальнейшим преобразованиям на поверхности Титана, в том числе, взаимодействовать с водой в импактном кратере с возможным образованием биологически значимых продуктов.

3. Исследован качественный состав и количественное соотношение летучих органических соединений в углистых хондритах Мёрчисон (CM2) и Каинсаз (CO3) и продуктах их модельного ударно-испарительного преобразования в инертной и восстановительной газовой атмосфере.

Исследование органического вещества в метеоритах и в продуктах их ударно-испарительной высокотемпературной трансформации методом ПГХ/МС дает информацию об ожидаемых составах органического вещества при исследовании летучих соединений на Луне и планетах.

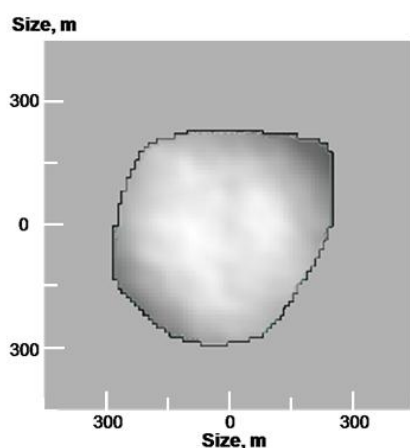
4. Охарактеризован состав углеродистого вещества в матрице и большом тёмном включении «GRANDI» CV3-хондрита Ефремовка.

Несмотря на то, что по содержанию углерода в тёмном включении GRANDI сильно превосходит Ефремовку (14,4 ат. % C - в GRANDI и 3,6 ат.%C - в основном веществе Ефремовки) и, возможно, представляет собой материал из другого источника, качественный состав летучей низкомолекулярной органики и термолабильных функциональных групп и мостиков, содержащихся в высокомолекулярном органическом веществе в составе GRANDI и Ефремовки, практически одинаков.

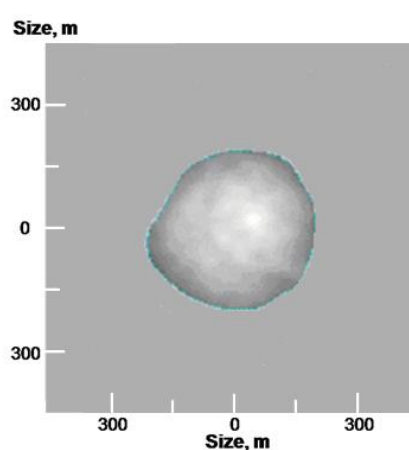
Рук. Герасимов М.В., ИКИ РАН, mgerasim@mx.iki.rssi.ru

Тема 8.2.2. Разработка и обоснование метода синтеза двумерных радиоизображений пролетающих вблизи Земли астероидов по радиолокационным эхо-сигналам. Апробация метода на материалах радиолокации астероидов "1998 WT24" , "1991 JX" и анализ возможности применения метода в экспериментах РСДБ-локации астероида "2004 XR14" и фрагментов "космического мусора"

Усовершенствованный метод обработки эхо-сигналов с применением апертурного синтеза и томографии позволил получить информацию о свойствах поверхности астероидов "1991 JX" и "1998 WT24" на основе данных радиолокации монохроматической радиоволной. Определены геометрические размеры и экваториальный силуэт этих астероидов, выявлен крупномасштабный рельеф и сделана оценка шероховатости поверхности астероидов. На основе сравнения результатов реконструкции радиояркости поверхности астероидов с более информативными данными широкополосной радиолокации проведена диагностика эффективности разработанного метода и получены оценки точности определения свойств поверхности этих астероидов.



Радиоизображение астероида "1991 JX".



Радиоизображение астероида "1998 WT24".

Публикации:

1. Ю.А. Гаврик, А.Л. Гаврик, Е.А. Кулешов, А.А. Смыслов. Построение радиоизображения астероида Голевка по данным радиолокации / В 87 IV Всероссийские Арmandовские чтения [Электронный ресурс]: / Материалы VI Всероссийской научной конференции (Муром, 27-29 мая 2014 г.) – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2014.–296с. ISSN 2304-0297 (CD-ROM).С.177-180. http://www.mivlgu.ru/conf/armand2014/rmdzs-2014/pdf/S2_12.pdf
2. Ю.А. Гаврик, А.Л. Гаврик, А.А. Смыслов. Распределение радиояркости поверхности астероида Голевка по данным радиолокации // Направлена в журнал "Радиотехника и электроника" 2014 г.

Руководитель работы: Гаврик Юрий Анатольевич, к.ф.-м.н, ФИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, E-mail: kopnina114@hotmail.com

Тема: 8.2.3 «Моделирование структуры ядра Тунгусского космического тела»

На основе данных по исследованию эпицентра катастрофы определен азимут ($\sim 300^\circ$) и угол наклона ($\sim 20^\circ$) траектории полета Тунгусского космического тела и вычислен его радиант (экваториальные координаты: прямое восхождение $\alpha=78^\circ$; склонение $\delta=4^\circ$).

Публикации:

1. Гладышева О.Г. Структура и формирование Тунгусского космического тела. Академический журнал Западной Сибири 9(6). 51–54. 2013.
2. Gladysheva O.G. The Tunguska Catastrophe: Pieces of a Puzzle / LAMBERT Academic Publishing. 166 с. ISBN: 978-3-659-50166-1 (2014).
3. Гладышева О.Г. Столкновение Земли с кометой или Тунгусское событие. / LAMBERT Academic Publishing. 181 с. ISBN: 978-3-659-24354-7 (2014).
4. Гладышева О.Г., Скородумов Д.В. Связь радужного следа Тунгусского космического тела с траекторией полета. // Оптика атмосферы и океана 27(11). 995–998. 2014.

Руководитель темы: Гладышева Ольга Гарибальдовна, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН
E-mail: Olga.Gladysheva@mail.ioffe.ru.

Проект 8.3. Пыль и метеорные потоки

Тема 8.3.1. Исследования динамики пыли малых тел Солнечной системы.

Работа посвящена исследованиям динамики пылевых частиц реголита спутников Марса – Фобоса и Деймоса. Рассмотрение основано на разработанных моделях воздействия ультрафиолетового и корпускулярного излучений, а также межпланетных микрометеороидных потоков на поверхности безатмосферных тел, Луны, астероидов.



Рис.1. Глобальные электрические поля возникают вблизи поверхности Фобоса в результате воздействия солнечного излучения. Освещенная УФ-излучением Солнца

поверхность Фобоса приобретает положительный потенциал, поверхность в тени – отрицательный.

Частицы реголита микронного и субмикронного размеров в результате воздействия УФ излучения Солнца, фотоэмиссии, могут приобретать положительный заряд и подниматься над поверхностью. Динамика этих частиц зависит от многих факторов и может приводить к левитации и перемещению пылевых частиц над поверхностью, либо при приобретении достаточной энергии – покидать родительское тело (Фобос или Деймос). Такие частицы, также как и пылевые частицы, выбитые из поверхности марсианских спутников при микрометеоритном ударе, формируют пылевой тор вблизи орбит Фобоса и Деймоса. Проанализированы предложенные механизмы формирования и динамики пылевых частиц тора.

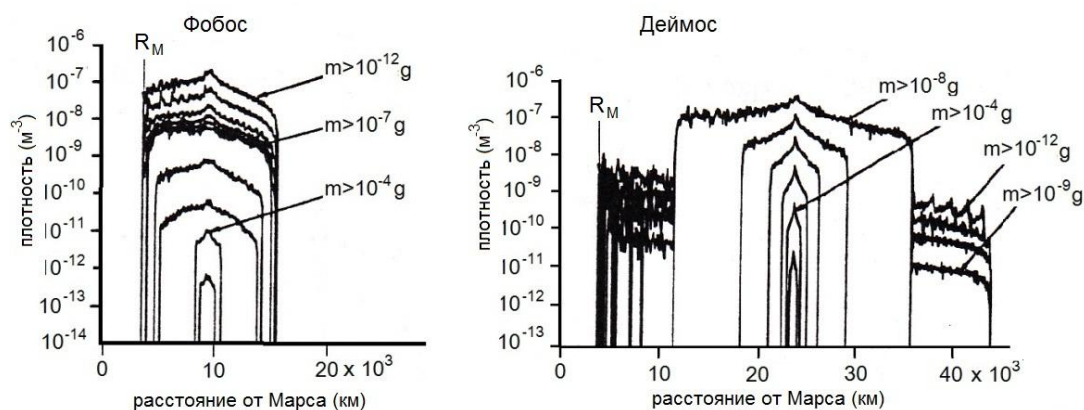


Рис. 3. Структура колец Фобоса и Деймоса (плотность колец на различных расстояниях от Марса) для пылевых частиц с различными массами (Isimoto et al. 1997).

Рассмотрены попытки прямых наблюдений пылевых колец спутников Марса оптическими методами, которые, впрочем, не смогли пока достичь требуемой чувствительности для регистрации тора. Другой подход в доказательстве существования гипотетических марсианских пылевых поясов основывается на возмущениях солнечного ветра проходящего через заряженные пылевые частицы около орбит Фобоса и Деймоса. С этой целью использовались данные космических аппаратов Фобос-2, Mars Global Surveyor, Mars Express. Однако, прямых доказательств существования пылевого тора вблизи орбит Фобоса и Деймоса до сих пор нет. Приводятся обоснования необходимости регистрации пылевых частиц в окрестностях Марса прямыми методами.

Публикации

Zakharov A., M. Horanyi, P. Lee, O. Witasse, F. Cipriani, Dust at the Martian moons and in the circummartian space, Planetary and Space Science, 102, 33.1171-175, 2014)

Borisov N.D., Zakharov A.V., Electrostatic Charging and Motion of Dust near the Surface of an Asteroid, Solar System Research, vl.14, No. 1, pp.22-32, 2014.

Руководитель работ Захаров А.в, ИКИ РАН

ТЕМА 8.3.2. СОЗДАНИЕ ЦЕЛОСТНОЙ КАРТИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕЙ РОЛЬ ПЛАЗМЕННО-ПЫЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ЗЕМЛЯ-ЛУНА

В 2014 году по проекту «Создание целостной картины, характеризующей роль плазменно-пылевых процессов в системе Земля-Луна» в рамках Программы № 22 фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы» были получены следующие основные результаты:

1. Проведены вычисления концентрации, температуры и функции распределения фотоэлектронов в окололунном пространстве. Показано, что существующие представления о фотоэмиссионных свойствах лунного реголита не дают однозначной трактовки о параметрах и распределениях фотоэлектронов над освещенной частью Луны. В свою очередь, продемонстрировано, что основным параметром, влияющим на генерацию фотоэлектронов у поверхности Луны, является квантовый выход лунного реголита. Тем самым показана недостаточная обоснованность имеющихся представлений о квантовом выходе лунной поверхности. В качестве варианта решения указанной проблемы предложено проведение экспериментов по измерению квантового выхода реголита непосредственно на поверхности Луны, что может быть осуществлено в рамках будущих лунных миссий.

2. Для определения влияния эффектов когезии и адгезии на параметры плазменно-пылевой системы в приповерхностном слое Луны проведены вычисления сил когезии и адгезии. Показано, что силы когезии и адгезии на Луне зависят, в частности, от присутствия адсорбированных слоев и шероховатости частиц и поверхностей. С учетом указанных эффектов получены выражения для сил когезии и адгезии, на основе которых проведен анализ эффектов когезии и адгезии для частиц, сформированных в плазменно-пылевой системе над поверхностью Луны. Показано, что хотя эффект шероховатости обуславливает ослабление на два-три порядка величины эффектов когезии и адгезии, для преодоления сил когезии и адгезии при отрыве пылевых частиц от поверхности Луны существенное значение имеет механическое воздействие на частицы. Механическое воздействие обусловлено, в частности, нагревом пылевых частиц солнечным излучением и последующим их охлаждением, приводящими к изменению линейных размеров пылевых частиц с последующим увеличением или уменьшением давления друг на друга, ударами метеороидов о поверхность Луны и т.д. Проведены оценки возможности отрыва пылевых частиц от поверхности Луны вследствие ударов микрометеороидов о поверхность Луны. Показано, что

данный эффект играет существенную роль и должен быть учтен при определении количества частиц, поднимающихся над поверхностью Луны при формировании плазменно-пылевой системы.

3. Проведено теоретическое исследование и моделирование волновых и коллективных процессов в плазменно-пылевой системе Земля-Луна. Показано, что движение частиц солнечного ветра по отношению к фотоэлектронам над лунной поверхностью приводит к развитию неустойчивости, в результате чего происходит генерация высокочастотных электростатических колебаний с частотами, находящимися в диапазоне частот ленгмюровских и электромагнитных волн. Не существует факторов, запрещающих возбуждение пылевых звуковых волн над освещенной частью Луны, генерация которых возможна, в частности, в области лунного терминатора. Движение терминатора может быть ассоциировано с распространением ударно-волновой пылевой звуковой структуры. Найдены решения в виде пылевых звуковых солитонов в приповерхностном слое Луны и изучены их свойства.

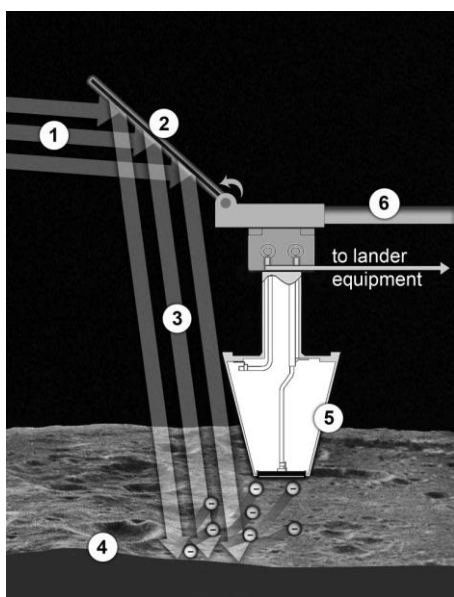


Рисунок 1 Схема эксперимента для измерений квантового выхода и работы выхода лунного реголита. 1 - световой поток от источника излучения, 2 - зеркало, 3 - световой поток, преобразованный зеркалом, 4 - лунная поверхность, 5 – зонд Ленгмюра, 6 - штанга, на которой укреплено оборудование для измерений

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ

1. Попель С.И., Голубь А.П., Извекова Ю.Н., Афонин В.В., Дольников Г.Г., Захаров А.В., Зеленый Л.М., Лисин Е.А., Петров О.Ф. К вопросу о распределениях фотоэлектронов над освещенной частью Луны // Письма в ЖЭТФ. 2014. Т. 99. № 3. С. 131–137.
2. Popel S.I., Zelenyi L.M. Dusty plasmas over the Moon // Journal of Plasma Physics. 2014. V. 80. No. 6. P. 885–893.
3. Извекова Ю.Н., Попель С.И. Адгезия мелкодисперсных частиц в природе // Россия и Германия. Научный гумбольдтовский журнал. № 1 (7). (2014) - в печати.

4. *Popel S.I. and Zelenyi L.M.*, "Dusty Plasmas over the Moon", Seventh Intl. Conf. on the Physics of Dusty Plasmas (Delhi, India, 2014). Book of Abstracts, p. 29.
5. *Morozova T.I., Kopnin S.I., Popel S.I.*, "Localized Structures of Nanosize Charged Dust Grains in the Lunar Exosphere", 41st EPS Conference on Plasma Physics (Berlin, Germany, 2014), P1.147.
6. *Popel S.I., Morfill G.E., Thomas H.*, "Waves in a Dusty Plasma over the Moon", 41st EPS Conference on Plasma Physics (Berlin, Germany, 2014), P1.156.
7. *Dolnikov G., Zakharov A., Afonin V., Kuznetsov I., Lyash A., Popel S., Shashkova I., Vorobieva E., Petrov O., Lisin E., Borisov N., Esposito F., Seran E., Godefroy M., Horanyi M.*, Dust Particle Investigation for Future Lunar Missions, 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Abstracts (Moscow, Russia, 2014), C5.2-0010-14.
8. *Popel S.I., Golub' A.P., Dol'nikov G.G., Dubinskii A.Yu., Izvekova Yu.N., Kopnin S.I., Zakharov A.V., Zelenyi L.M.*, "Dusty Plasmas over the Moon: Theory Research in Support of the Upcoming Lunar Missions", 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Abstracts (Moscow, Russia, 2014), C5.2-0011-14.
9. *Popel S.I., Golub' A.P., Izvekova Yu.N., Afonin V.V., Dol'nikov G.G., Zakharov A.V., Zelenyi L.M., Lisin E.A., Petrov O.F., Fortov V.E.*, "Parameters of photoelectrons over the surface of the Moon", European Planetary Science Congress 2014 (Centro de Congressos do Estoril, Cascais, Portugal, 2014). EPSC Abstracts, Vol. 9, EPSC2014-448, 2014, 2 pages.
10. *Popel S.I., Zelenyi L.M.*, "Dusty Plasmas over the Moon: Recent Developments, Advances, and Unsolved Problems", Proceedings of the International Humboldt Conference "Science and Technology as a Basis of Modernization for Future Sustainable Development" -- SSF-2014 (Minsk, Belarus, 2014), pp. 33-34.
11. *Morozova T. I., Kopnin S. I., Popel S.I.*, "Dust acoustic solitons in a dusty exosphere of the Moon being under the action of solar radiation", Book of Abstracts. X International Conference "Problems of Geocosmos" (Sankt-Petersburg, Petrodvorets, Russia, 2014), p. 178.
12. *Popel S. I., Golub A.P., Dolnikov G.G., Dubinskii A.Yu., Izvekova Yu.N., Kopnin S.I., Zakharov A.V., Zelenyi L.M.* "Fine-dispersed particles and dusty plasmas at the Moon", The Fifth Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2014), 5MS3-DP-03, pp. ab-63–ab-64.
13. *Lisin E.A., Tarakanov V.P., Petrov O.F., Popel' S.I., Dol'nikov G.G., Afonin V.V., Zakharov A.V., Zelenyi L.M.* "Dusty plasma sheath near the lunar surface (numerical simulation)", The Fifth Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2014), 5MS3-PS-37, p. ab-176.
14. *Morozova T.I., Kopnin S.I., Popel S.I.* "Nonlinear dust acoustic waves in a dusty plasma over the Moon", The Fifth Moscow Solar System Symposium (Moscow, Russia, 2014), 5MS3-PS-42, pp. ab-182–ab-183.

15. *Morozova T.I., Kopnin S.I., Popel S.I.* “Linear and Nonlinear Waves in the Lunar Exosphere”, The International Conference MSS-14. Mode Conversion, Coherent Structures and Turbulence. Conference Proceedings (Moscow, Russia, 2014), pp. 46–51.

Руководитель темы:

Попель Сергей Игоревич, д.ф.-м.н., проф., зав. лаб.

ИКИ РАН E-mail: popel@iki.rssi.ru

Тема 8.3.3. Пылевая плазма вблизи поверхности Луны

Руководитель работ: чл.-корр.РАН Петров О.Ф., e-mail: ofpetrov@ihed.ras.ru

Краткая формулировка результата: Доработан экспериментальный стенд для отработки методики космического эксперимента по изучению приповерхностной плазменно-пылевой экзосферы Луны и тестирования измерительных приборов для будущих лунных миссий.

Развернутое изложение результата:

С целью создания плазмы и зарядки пылевых частиц стенд включает в свой состав электронно-лучевую автоматизированную систему с компьютерным управлением, являющуюся источником неиспользуемого рентгеновского излучения. Пучок электронов генерируется при помощи электронной пушки с плазменным катодом. Электронная пушка работает при давлении 10^{-4} - 10^{-3} Па. При этом обеспечивается энергия электронного пучка до 10 КэВ. Основная рабочая вакуумная камера стенда имеет размеры 50см×50см×50см. Стенд имеет дополнительную камеру, позволяющую вынести за пределы основной рабочей камеры (с электронным пучком) датчики, наиболее чувствительные к электромагнитным помехам (см. Рис.1). Доработанный пылевой диспенсер позволяет инжектировать в объем пылевые частицы как отдельно, так и дозированными порциями. А специально установленная шахта позволила увеличить высоту свободного падения пылевых частиц до 65 см. В зависимости от параметров пучка пылевые частицы могут приобретать заряд от 10^1 до 10^5 электронов на микрон размера. Стенд имеет возможность одновременного проведения измерений параметров электронной и ионной компонент плазмы с помощью зонда Ленгмюра и зарядов и импульсов пылевых частиц с помощью ударного датчика.

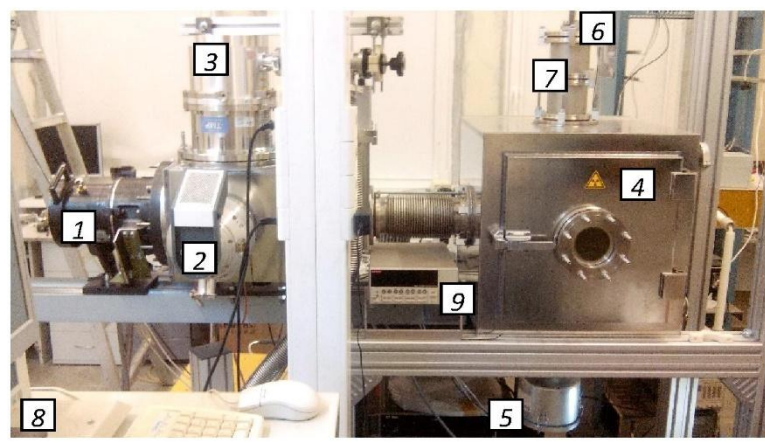


Рисунок 1 – Схема установки: (1) –электронная пушка с плазменным катодом; (2) – вспомогательный турбомолекулярный насос (10^{-3} Па); (3) –основной турбомолекулярный насос (10^{-4} Па);(4) –основная вакуумная камера; (5) –дополнительная вакуумная камера;(6) – пылевой диспенсер; (7) –шахта; (8) – компьютерная система управления;(9) – электрометр.

Краткая формулировка результата: На модернизированном стенде отработана методика тестирования датчиков для измерения характеристик приповерхностной плазменно-пылевой экзосферы Луны.

Развернутое изложение результата:

Было проведено тестирование Лунного зонда Ленгмюра и пьезокерамического ударного сенсора, разрабатываемых ИКИ РАН для посадочных аппаратов «Луна-25» и «Луна-27». Плазменное окружение сенсоров создается при ионизации электронным ударом молекул остаточного газа в камере, ионизацией при поглощении квантов мягкого рентгеновского тормозного излучения, ионизацией паров материала частиц пыли испаряемых в электронном пучке, собственно заряженными микрочастицами и рассеянными электронами.

- Первые тестовые испытания технологического экземпляра Лунного зонда Ленгмюра в вакуумной камере с электронным пучком подтвердили его работоспособность – возможность регистрации ВАХ в условиях малых концентраций плазмы приповерхностного слоя Луны. Получены вольтамперные характеристики (ВАХ) Лунного зонда Ленгмюра для различных параметров плазмы, генерируемой электронным пучком. (см. Рис. 2).
- Проверена работоспособность методики регистрации заряженных микрочастиц решеткой зарядочувствительного датчика и пьезокерамической пластиной в условиях лабораторной плазмы при наличии рентгеновского излучения и сильных электромагнитных помех. Проведены калибровочные измерения отдельными датчиками пьезоэлектрического ударного сенсора (см. Рис. 3).

- Апробирована методика одновременного проведения измерений параметров электронной и ионной компонент плазмы с помощью зонда Ленгмюра и зарядов и импульсов пылевых частиц с помощью пьезокерамического ударного сенсора.

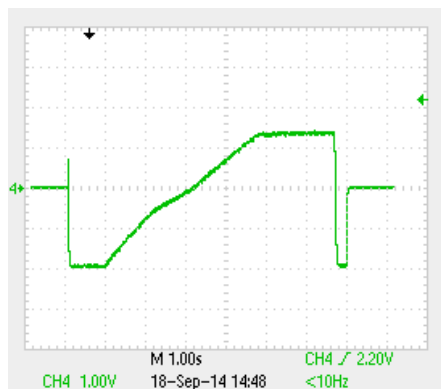


Рисунок 2 – Типичная ВАХ Лунного зонда Ленгмюра, помещенного в плазму, нарабатываемую электронным пучком

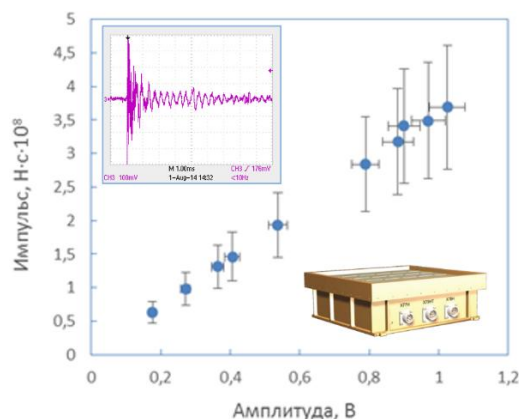


Рисунок 3 – Зависимость импульса пьезокерамического ударного сенсора от регистрируемой им амплитуды сигнала (см. врезку).

Публикации по теме проекта:

1. Петров О.Ф., Ваулина О.С., Васильев М.М., Лисин Е.А., Мясников М.И., Антипов С.Н., Чепелев В.М., Косс К.Г., Тун Й., Фортов В.Е., «Кулоновские системы сильновоздействующих пылевых частиц: эксперименты в лаборатории и условиях микрогравитации», Автометрия, том 50, №5, стр. 19-37 (2014)
2. Попель С.И., Голубь А.П., Извекова Ю.Н., Афонин В.В., Дольников Г.Г., Захаров А.В., Зеленый Л.М., Лисин Е.А., Петров О.Ф., «К вопросу о распределениях фотоэлектронов над освещенной частью Луны», Письма в ЖЭТФ, Т.99, вып.3, 131 (2014)

Доклады на конференциях по теме проекта:

1. [устный] Е.А. Lisin, V.P. Tarakanov, O.F. Petrov, S.I. Popel, G.G. Dol'nikov, V.V. Afonin, A.V. Zakharov, L.M. Zelenyi, "Photoinduced dusty plasma near the lunar surface", 41st EPS Conference on Plasma Physics, Berlin, June 23—27 2014
2. [постерный] Е.А. Lisin, V.P. Tarakanov, O.F. Petrov, S.I. Popel, G.G. Dol'nikov, V.V. Afonin, A.V. Zakharov, L.M. Zelenyi, "Dusty plasma sheath near the lunar surface (numerical simulation)", The Fifth Moscow Solar System Symposium (5M-S³), Moscow, Russia, October 13—18, 2014
3. [постерный] Е.А. Lisin, V.P. Tarakanov and O.F. Petrov, "Influence of solar wind on formation of photo-induced plasma-dust layer near the lunar surface", 7th International Conference on the Physics of Dusty Plasmas (ICPDP 2014), New Delhi, India, March 3—7, 2014

Тема 8.3.4. Разработка методов и приборов для регистрации пыли в различных условиях космического пространства.

Краткий результат. Представления о фотоэмиссионных свойствах реголита над освещенной поверхностью Луны отличаются по параметрам в существующих на сегодняшний день исследованиях, и ставит вопросы о физических характеристиках плазменно-пылевого приповерхностного слоя. Поток солнечного ветра оказывает заметное влияние на распределение плотности плазменных частиц и электрические поля в зависимости от высоты над лунной поверхностью. В последних статьях этого года проводился анализ концентрации, температуры, функции распределения фотоэлектронов, а также условия зарядки и устойчивой левитации пылевых частиц реголита. Для определения квантового выхода электронов, при взаимодействии фотонов с лунной породой (в рамках существующей неопределенности), предлагается проведение прямых экспериментов на поверхности Луны для предстоящих лунных миссий. В рамках 22 программы были проведены эксперименты на лабораторных макетах, подтверждающие будущие характеристики готовящихся к запуску пылевых приборов, завершена работа с пылевым стендом, позволяющим создавать физические условия, близкие к лунным, проведено ряд экспериментов по моделированию процессов на лунной поверхности.

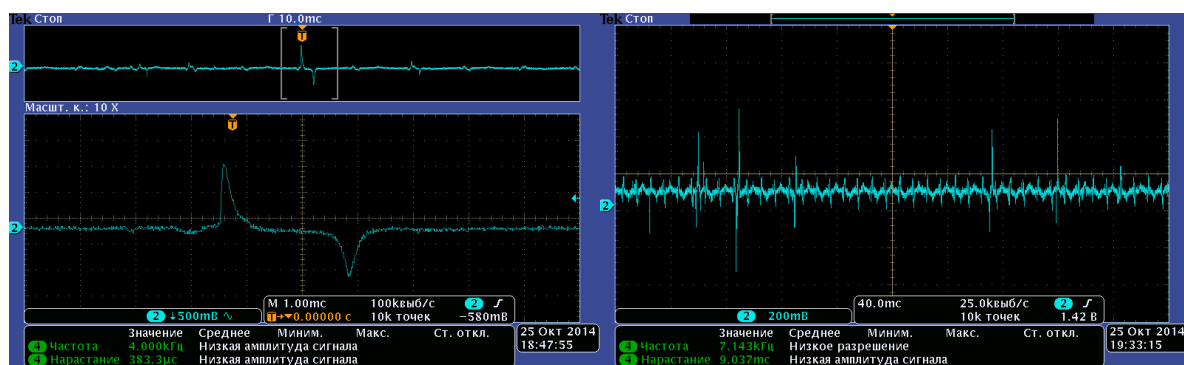
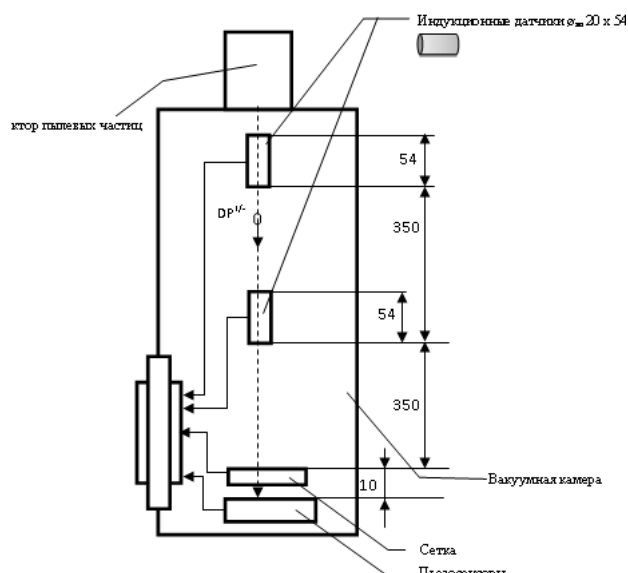


Рис.1 Осциллограмма сигнала при пролете в вакуумной пылевой камере одной (слева) и нескольких заряженных частиц (справа). Частота событий 0,1 – 30 Гц. Внизу схема экспериментального стенда:



Список публикаций,

- 1) Dolnikov G., Zakharov A., Lyash A., Kuznetsov I., Shashkova I. Dust-Impact Analyzer PmL for Luna Sample Return mission.) Science and Challenges of Lunar Sample Return Workshop, 18 – 19 Feb 2014, Abs. 38-39
- 2) Zakharov A., Dolnikov G., Lyash A., Afonin V., Kuznetsov I., Esposito F., Seran E., Horanyi M., Koepke M., Gotlib V., and MarsDustTeam (I. Shashkova, E. Vorobieva, M. Godefroy, O. Petrov, E. Lisin, S. Popel, N. Borisov, and N. Duxbury) Dust Complex Onboard the ExoMars-2018 Lander for Investigations of Martian Dust Dynamics. In: 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Abstracts (Moscow, Russia, 2014), B0.2-0039-14.
- 3) Shashkova I.A., Vorobyova E.A., Lyash A.N., Kuznetsov I.A., Zakharov A.V., Dolnikov G.G., Czeptzov V.S., Borisova T. Analysis of lunar dust effects on physical and biological model systems. In: 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Abstracts (Moscow, Russia, 2014), C5.2-0034-14
- 4) Dolnikov G., Zakharov A., Afonin V., Kuznetsov I., Lyash A., Popel S., Shashkova I., Vorobieva E., Petrov O., Lisin E., Borisov N., Esposito F., Seran E., Godefroy M., and Horanyi M. Dust Particle Investigation for Future Lunar Missions. In: 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Abstracts (Moscow, Russia, 2014), C5.2-0010-14.
- 5) Popel S., Golub A., Dolnikov G., Dubinskii A., Izvekova Yu., Kopnin S., Zakharov A., and Zelenyi L. Dusty Plasmas over the Moon: Theory Research in Support of the Upcoming Lunar Missions. In: 40th COSPAR Scientific Assembly 2014. Abstracts (Moscow, Russia, 2014), C5.2-0011-14.
- 6) DolnikovG., ZakharovA., KuznetsovI., LyashA., PopelS., AfoninV. DustmovinganalyserabovesurfaceforLunamissions. EuropeanPlanetaryScience Congress 2014

(Centro de Congressos do Estoril, Cascais, Portugal, 2014). EPSC Abstracts, Vol. 9, EPSC2014-649, 2014

7) Popel S. I., Golub' A. P., Izvekova Yu. N., Afonin V. V., Dol'nikov G. G., Zakharov A. V., Zelenyi L. M., Lisin E. A., Petrov O. F., and Fortov V. E. Parameters of photoelectrons over the surface of the Moon. European Planetary Science Congress 2014 (Centro de Congressos do Estoril, Cascais, Portugal, 2014). EPSC Abstracts, Vol. 9, EPSC2014-448, 2014, 2 pages.

8) Lisin E. A., Tarakanov V. P., Petrov O. F., Popel S. I., Dol'nikov G. G., Zakharov A. V., Zelenyi L. M., Fortov V. E. Effect of the solar wind on the formation of a photoinduced dusty plasma layer near the surface of the Moon, JETP Letters 2014 98(11)

9) Popel S. I., Golub A. P., Izvekova Yu. N., Afonin V. V., Dol'nikov G. G., Zakharov A. V., Zelenyi L. M., Lisin E. A., Petrov O. F. On the distributions of photoelectrons over the illuminated part of the moon, JETP Letters 2014 99(3)

Рук. темы, Дольников Г.Г., ИКИ РАН, ggd@iki.rssi.ru

Состав группы: Бедняков С.А., Кузнецов И.А., Ляш А.Н., Самарина И.А., Шашкова И.А., Яковлев А.В.

8.3.5. Электризация и динамика заряженной пыли у поверхности космических тел, лишенных атмосферы (Луна, Меркурий, астероиды).

В 2014 году проводились теоретические исследования по изучению влияния электропроводности реголита на формирование сильных локальных электрических полей на темной стороне Луны. Показано, что даже очень малая электропроводность, типичная для поверхности Луны (порядка 10^{-15} s/m), существенно ограничивает максимально возможную величину электрического поля на поверхности Луны и тем самым затрудняет движение электрически заряженной пыли. Кроме того, исследовано влияние льда под поверхностью в приполярных областях Луны на движение лунной пыли. Выяснено, что в областях, где лед присутствует близко к поверхности, движение электрически заряженной пыли должно быть подавлено. Тем самым предложен независимый способ диагностики существования льда под поверхностью Луны.

Руководитель темы: гл. н. сотрудник, д.ф.-м.н. Н.Д. Борисов (borisov@lpi.ru) ИЗМИРАН.

Список публикаций.

1. Н.Д. Борисов, А.В. Захаров. Электризация и движение пыли вблизи поверхности астероида. Астрон. Вестник, 2014, т. 48, №1, с.22-32.
2. N. Borisov, A. Zakharov. The influence of the surface conductivity on the motion of charged dust grains near the Moon. Planet Space Sci., 2014 (submitted).

3. N. Borisov. Charging and motion of dust grains above the regolith with finite conductivity. Cospar 2014, Moscow 2-10 August. Book of abstracts, p.149 (oral).
4. N. Borisov, A. Zakharov. The influence of frozen water under the surface on dust motion in the lunar polar regions. 5M-S3, Moscow, IKI 13-16 Oct. 2014 (invited)

Тема 8.3.6. Метеорные потоки. Исследование потоков метеорного вещества через околоземное пространство и их динамики.

Краткий результат: Проводились регулярные телевизионные наблюдения в пунктах «Звенигород» и «Истра», изготовлена наблюдательная аппаратура для проведения телевизионных метеорных наблюдений в пп. «Михнево» и «Калуга».

Проведены работы по обработке части массива наблюдений, полученных на камере FAVOR в 2006-2007 гг. С помощью разработанного ранее геометрического метода вычислены новые координаты радиантов индивидуальных поточных метеоров, которые с большой точностью совпали с радиантами потоков. Полученные результаты дали возможность не только получить высокоточные координаты радиантов многих метеорных потоков, но и позволили повысить эффективность отождествления метеоров традиционным методом. Среди этих потоков большой процент составляют малые метеорные потоки, которые не входят в каталоги крупных метеорных потоков Центра метеорных данных МАС, однако их численность дает основания полагать, что современные представления о крупных метеорных потоках не являются достаточно полными.

Проведено исследование структуры и состава тела челябинского болида. Показано, что оно представляло собой ледяную матрицу с хондритовыми вкраплениями. Вывод согласуется с концепцией «миникомет Франка» и гипотезой А.Багрова о двух типах кометных ядер.

список публикаций

Багров А. В. Потоки тел декаметровых размеров через околоземное пространство. / Метеорит Челябинск — год на Земле: материалы Всероссийской научной конференции / [редкол.: Н. А. Антипин и др.; сост. Н. А. Антипин]. — Челябинск, 2014. — с. 82-89. - ISBN 978-5-905081-09-5.

Багров А. В., Леонов В. А., Попеленская Н. В. Исследование структуры и состава тела челябинского болида. / Метеорит Челябинск — год на Земле: материалы Всероссийской научной конференции / [редкол.: Н. А. Антипин и др.; сост. Н. А. Антипин]. — Челябинск, 2014. — с. 310-319. - ISBN 978-5-905081-09-5.

A.V. Bagrov, V.A. Leonov, G.F. Attia, R. Ghoneim. Modern problems of meteoric astronomy and possible ways of their solutions. // NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, - Volume 3, Issue 1, June 2014, Pages 1–6.

Багров А.В. Оценка минимальных размеров частиц, вызывающих метеорные явления. / V Бредихинские чтения, 12-16 мая 2014 г., г. Заволжск. тезисы докладов № 39 // URL: <http://agora.guru.ru/display.php?conf=bredikhin2014>

Научный руководитель темы Багров Александр Викторович,
ИНАСАН. эл.адрес: abagrov@inasan.ru

Тема 8.3.7. Нарушение зеркальной симметрии аминокислот синтезированных в плазменном факеле метеоритного удара.

Био молекулярная гомохиральность, является общепризнанной, важнейшей структурной особенностью живой материи и уникальным маркером жизни. Природа её происхождения неизвестна, однако согласно Эйгену и Шустеру, без неё, не могла возникнуть биологическая репликация и, следовательно, зародиться жизнь. Поэтому, она должна была возникнуть в неживой природе.

На протяжении 130 лет после открытия Л. Пастером асимметрии жизни, проблема гомохиральности оставалась и остаётся главным барьером для новых гипотез о возникновении живой субстанции.

В предлагаемой работе, в лабораторных опытах, воспроизводящих высокоскоростной удар метеорита в условиях природы в полном объеме, впервые были обнаружены ранее неизвестные свойства плазменного факела возникающего под ударным воздействием.

Согласно экспериментальным результатам эти свойства, обеспечивали абиогенный синтез протеиновых аминокислот и умеренное нарушение их зеркальной симметрии, по «знаку» совпадающее с биоорганическим.

Сочетание синтеза и нарушения симметрии аминокислот, при избытке L энантиомеров свидетельствовало, что обнаруженное природное явление могло играть важную роль в возникновении гомохиральной среды в предбиологическом мире. Эти процессы могли также способствовать или представлять собой начальный этап формирования первичных форм живой материи.

На начальном этапе вертикального удара при скоростях, превышающих 7 км/с и плотности ударника 3.5 г/см³, ударное сжатие достигает ~ 170 GPa⁶. Такое сжатие достаточно для нагревания ударника и части мишени (до 3-4) 10⁴ К. Это приводит к разрушению и испарению ОС первоначально существующих во взаимодействующих телах и к полному распылению и ионизации взаимодействующих веществ включая аминокислоты.

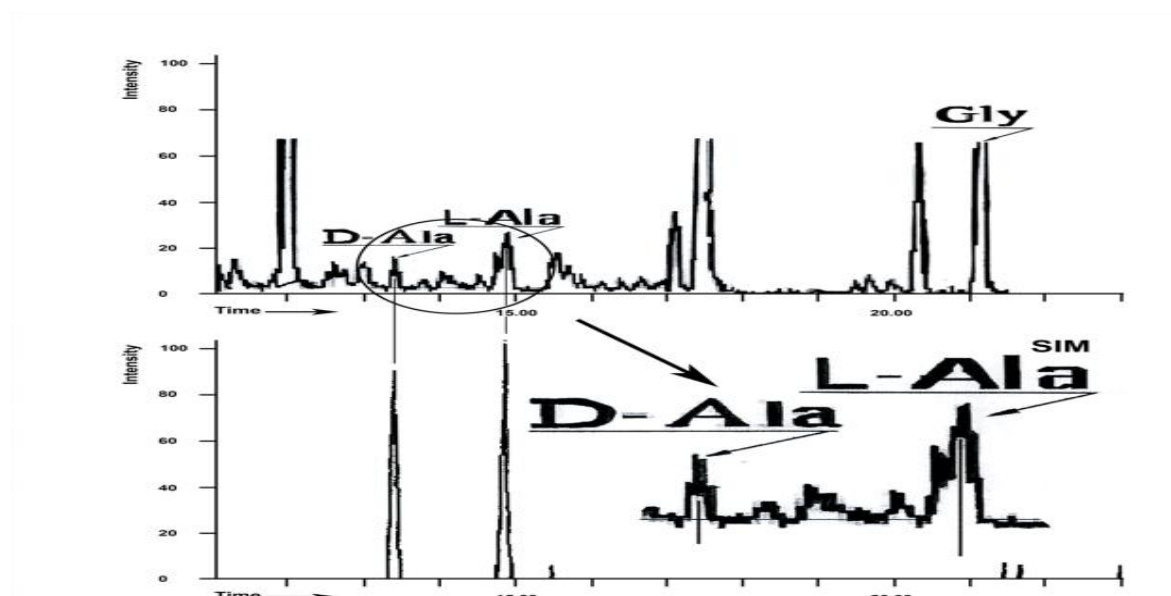
Такие условия обеспечивают высокую чистоту эксперимента, так как проба, которая подвергается анализу, проходит через высокотемпературное воздействие.

Численное моделирование метеоритного удара подтверждает возможность разрушения органических загрязнителей изначально присутствующих во взаимодействующих телах при условиях рассмотренных выше.

В процессе генерации и адиабатического разлета факельной плазмы возникающей, вследствие удара, наблюдалось:

1. Синтез протеиновых аминокислот, в частности глицина, аланина и серина.
2. Нарушение зеркальной симметрии энантиомеров со «знаком» асимметрии, совпадающей с биоорганической.
3. Избыток L-энантиомеров над D, достигающий величины 2,2.

Важнейший результат этих исследований в виде оригинальный хроматограммы, представлен на прилагаемом рисунке.



Литература:

1. Eigen M. & Schuster P. *The Hypercycle. A Principle of Natural Self-Organization*. Berlin: Springer-Verlag. (1979).
2. Pasteur L. *Bull, Soc. Chem. France N.S.*, 1215-220. (1884).
3. Managadze G.G. Organic compound synthesis in experiments modeling high-speed meteor impact. Proceedings of 26th General Assembly of the European Geophysical Society. *Geophys. Res. Abstr.*, 3, 7595. (2001).
4. Managadze G.G. *Abiogenous synthesis of chiral organic compounds in the plasma generated under the influence of SHVI*. Preprint. Pr-2107. Moscow: Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, 20 pp. (in Russian). (2005).

5. Managadze G. Plasma and collision processes of hypervelocity meteorite impact in prehistory of life. *Int. J. Astrobiol.* 9, 157-174. (2010).
6. Managadze G.G., Plasma of Meteorite Impact and Prehistory of Life, *NOVA Publishers, New York*, p. 285. (2011).
7. Nektarov E.S., Petrov V.B., Sychev V.B., Khripunov B.I., Shapkin V.V., Sholin G.V. About a role of high excited atoms in the processes of braking a streams of plasma on gas targets. *Plasma Phys. Rep.* 22(5) 390. (1999).

Рук. темы: Манагадзе Г.Г. ИКИ РАН