

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ
УЧАСТИЕМ
«VII БРЕДИХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**



**ТЕЗИСЫ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**24 – 28 МАЯ 2021
ЗАВОЛЖСК
РОССИЯ**



www.agora.guru.ru/bredikhin2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Название доклада	Стр.
Баканас Е.С. – РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ПОСТОЯННОЙ ТИССЕРАНА (ОТНОСИТЕЛЬНО ЮПИТЕРА)	4
Брыкина И.Г., Брагин М.Д. - О ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ РАЗРУШЕНИЯ АСТЕРОИДОВ В АТМОСФЕРЕ НА ОБЛАКО ФРАГМЕНТОВ	4-5
Брыкина И.Г., Брагин М.Д. - О ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ РАЗРУШЕНИЯ АСТЕРОИДОВ В АТМОСФЕРЕ НА ОБЛАКО ФРАГМЕНТОВ	5-6
Брыкина И.Г., Егорова Л.А. - О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПО МАССАМ ВЫПАВШИХ МЕТЕОРИТОВ ПОСЛЕ РАЗРУШЕНИЯ МЕТЕОРОИДОВ В АТМОСФЕРЕ	6-7
Виноградова Т. А. - МЕЖПЛАНЕТНАЯ ПЫЛЬ И АЛЬБЕДО АСТЕРОИДОВ	7-8
Глазачев Д.О., Попова О.П., Светцов В.В., Шувалов В.В., Артемьева Н.А., Подобная Е.Д. - КАЛЬКУЛЯТОР ЭФФЕКТОВ УДАРОВ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ. ЭФФЕКТЫ УДАРНОЙ ВОЛНЫ	8-9
Дорофеева В.А. - ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО И ИЗОТОПНОГО СОСТАВА КОМЕТНЫХ ЯДЕР - ОТРАЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В НЕБУЛЕ	9-11
Дорофеева В.А. - ПЕРВАЯ МЕЖЗВЕЗДНАЯ КОМЕТА 2I/BORISOV: ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ (обзор)	11-13
Дюндик С.С., Максимова Е.М., Петрова Е. В, Наухацкий И.А. - ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ТРОИЛИТА ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ	13
Емельяненко В.В. - ДИНАМИКА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДАЛЕКИХ ТРАНСНЕПТУНОВЫХ ОБЪЕКТОВ	14
Емельяненко Н.Ю. - СБЛИЖЕНИЯ КОМЕТ И АСТЕРОИДОВ С ПЛАНЕТАМИ	14-15
Ефремов В.В., Попова О.П., Глазачев Д.О., Маргонис А., Оберст Ю. , Карташова А.П. - ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕЛКИХ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ	15-16
Еремеева А. И. - О ДВУХ УСТОЙЧИВЫХ ИЛЛЮЗИЯХ В КОМЕТНОЙ КОСМОГОНИИ И ОБ ИХ ИСТИННОЙ РОЛИ В ЕЕ РАЗВИТИИ	16-17
Иванова О. В. - КАК КОСМИЧЕСКАЯ МИССИЯ «ROSETTA» ИЗМЕНИЛА НАШЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О КОМЕТАХ?	17
Ипатов С. И. - ЭКЗОКОМЕТНАЯ БОМБАРДИРОВКА ПЛАНЕТ В ЗОНЕ ОБИТАЕМОСТИ В СИСТЕМЕ ПРОКСИМА ЦЕНТАВРА	18-19
Ипатов С. И., М. Я. Маров - СТОЛКНОВЕНИЯ МАЛЫХ ТЕЛ С ФОРМИРУЮЩИМИСЯ ЗЕМЛЕЙ И ЛУНОЙ	20-22
Калабанов С. А., Коротышкин Д. В., Ишмуратов Р.А., Шерстюков О.Н., Валиуллин Ф.С. - НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ НА МЕТЕОРОМ РАДАРЕ КФУ	22
Карташова А. П., Рыбнов Ю. С., Попова О. П., Глазачев Д. О. , Болгова Г. Т., Ефремов В. В. - ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОИДОВ ПО ОПТИЧЕСКИМ И АКУСТИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ	23-24
Кохирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Джонмухаммад А.И. - АСТЕРОИДНО-МЕТЕОРОИДНЫЙ КОМПЛЕКС АЛЬФА-ВИРГИНИД	25
Кохирова Г.И., Иванова О.В., Рахматуллаева Ф. Дж., Борисенко С.А., Агнихотри В.К., Буриев А.М. - ИССЛЕДОВАНИЕ КОМЕТЫ C/2019 Y4 (АТЛАС) ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ТАДЖИКИСТАНЕ И ИНДИИ	25-26

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»	
Кохирова Г. И., Рахматуллаева Ф. Дж, Борисенко С. А - РЕЗУЛЬТАТЫ	26-27
НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТЫ P/2019 LD2 В ОБСЕРВАТОРИИ САНГЛОХ	
Кузнецов В. Б. - АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОДЫ	27-28
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ОРБИТЫ	
Кузнецов Э.Д., Аль-Шиблави О.М., Гусев В.Д., Устинов Д.С. -	28-30
ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПАР ТРАНСНЕПТУНОВЫХ ОБЪЕКТОВ	
НА БЛИЗКИХ ОРБИТАХ	
Медведев Ю.Д., Павлов С.Р. - НЕГРАВИТАЦИОННОЕ УСКОРЕНИЕ В	30-31
ДВИЖЕНИИ КОМЕТЫ 323P	
Муртазов А.К. - ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОИДНОГО РИСКА МЕТОДОМ	31-32
ШИРОКОУГОЛЬНОГО ПЗС-МОНИТОРИНГА МЕТЕОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ	
Муртазов А.К. - СПЕКТРЫ ИЗБРАННЫХ ХОНДРИТОВ В ВИДИМОЙ	33-34
ОБЛАСТИ	
Муфтахетдинова Р. Ф., Гроховский В.И., Яковлев Г.А. - УДАРНЫЙ	34-36
ПЕРЕПЛАВ МЕТЕОРИТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ	
Перов Н. И., Скотников В. А. - МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМ МЕТЕОРИТНЫХ	36-38
КРАТЕРОВ	
Перов Н.И. - ЗАМОЧНЫЕ СКВАЖИНЫ ДЛЯ ОПАСНЫХ ТЕЛ И ПЛАНЕТЫ-	38-40
ГИГАНТЫ	
Петрова Е. В. - СТРУКТУРА КОРЫ ПЛАВЛЕНИЯ ХОНДРИТА ЧЕЛЯБИНСК	40-41
Подобная Е., О. Попова, Д. Глазачев - НЕДАВНО ОБРАЗОВАВШИЕСЯ	41-42
УДАРНЫЕ КРАТЕРЫ И КЛАСТЕРЫ НА МАРСЕ	
Попова О.П., Светцов В.В., Шувалов В.В., Глазачев Д.О., Подобная Е.Д.,	42 - 43
Хазинс В.М., Артемьева Н.А. - КАЛЬКУЛЯТОР ЭФФЕКТОВ УДАРОВ	
КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ. ИЗЛУЧЕНИЕ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ	
Савельев М.И. - КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА	43-44
ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОЯВЛЕНИЯ АСТЕРОИДНО-КОМЕТНОЙ ОПАСНОСТИ	
Сачков М.Е.- ПОТЕНЦИАЛ МИССИИ WSO-UV ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОМЕТ	44
Соколова М.Г., Усанин В.С. - ОЦЕНКИ ВОЗРАСТА МЕТЕОРНЫХ	44-45
ПОТОКОВ ЛИРИД И δ-КАНКРИД ПО ТЕЛЕВИЗИОННЫМ	
НАБЛЮДЕНИЯМ	
Терентьева А.К. - ИГОРЬ СТАНИСЛАВОВИЧ АСТАПОВИЧ (К 45 ЛЕТИЮ	45-46
СО ДНЯ СМЕРТИ)	
Терентьева А.К., Болгова Г.Т. - К ВОПРОСУ О ТЕНДЕНЦИИ К	46-47
ГРУППИРОВАНИЮ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	
Тутуков А. В., Верещагин С. В., Сизова М. Д. - ЭВОЛЮЦИЯ СОЛНЕЧНОГО	47-48
КОМЕТНОГО КОПЬЯ	
Chinnici I. - THEODOR BREDIKHIN AND THE ITALIAN SPECTROSCOPIC	49
SOCIETY	
Шематович В. И. - В ПОИСКАХ ВОДЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ: ОТ	49-50
КОМЕТ К МИРАМ С ОКЕАНАМИ	
Шустов Б. М. - О ЧАСТОТЕ СОБЫТИЙ СБЛИЖЕНИЙ ЗВЕЗД И ЗВЕЗДНЫХ	50
СКОПЛЕНИЙ С СОЛНЦЕМ, МОГУЩИХ ВЫЗВАТЬ КОМЕТНЫЕ ЛИВНИ	
Шустов Б. М., Золотарёв Р.В.- О ПРИЧИНАХ РАЗЛИЧИЯХ В ИНДЕКСЕ	51
МАССЫ СПОРАДИЧЕСКИХ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ И МЕТЕОРОИДНЫХ	
ПОТОКОВ	
Борисов Г. В. - ОТКРЫТИЕ КОМЕТЫ 2I/ BORISOV	51
Егорова Л.А., Брыкина И.Г. - О ВЛИЯНИИ КОЭФФИЦИЕНТА АБЛЯЦИИ	52
НА МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С АТМОСФЕРОЙ	
МЕТЕОРОИДА ИЛИ ЕГО ФРАГМЕНТОВ	

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ПОСТОЯННОЙ
ТИССЕРАНА (ОТНОСИТЕЛЬНО ЮПИТЕРА)**

Е.С. Баканас^{1,2}, С.И. Барабанов²
^{1,2}АО РКС, Москва, РФ;
²ИНАСАН, Москва, РФ
oterma@yandex.ru

Выявление взаимосвязей между малыми телами Солнечной системы и различий между ними возможно по различным критериям. Один из них – критерий Тиссерана. В работе Терентьевой (1989) рассматривается распределение различных классов малых тел по постоянной Тиссерана, делается вывод о наличии зеркальной симметрии в распределении. В данной работе проведено исследование данных распределений на основе обновленных с тех пор каталогов малых тел.

**DISTRIBUTION OF SMALL BODIES OF THE SOLAR SYSTEM ACCORDING TO THE
TISSERAND CONSTANT (RELATIVE TO JUPITER)**

E.S. Bakanas^{1,2}, S.I. Barabanov²
¹JRS, Moscow, Russia;
²INASAN, Moscow, Russia
oterma@yandex.ru

The identification of the relationships between the small bodies of the Solar system and the differences between them is possible according to various criteria. One of them is the Tisserand criterion. Terentjeva (1989) considers the distribution of various classes of small bodies with respect to the Tisserand constant, and concludes that there is a mirror symmetry in the distribution. In this paper, we study these distributions based on the catalogues of small bodies that have been updated since then.

Terenteva, A. K. Minor Bodies of the Solar System - Meteorite Orbits Interrelations and a Mirror Symmetry in the Tisserand Constant Distributio // Soviet Astronomy Letters, Vol.15, NO.2/MAR,APR, P. 112, 1989

**УДАРНЫЕ КРАТЕРЫ РОССИИ
ГЛАЗАМИ РОССИЙСКИХ СПУТНИКОВ**

Е.С. Баканас^{1,2}, Т.И. Бахмет¹
^{1,2}АО РКС, ²ИНАСАН, Москва, РФ
oterma@yandex.ru

В настоящее время на Земле известно 190 геологических структур, признанных ударными кратерами. В данной работе приводятся снимки из космоса, полученные при помощи Геопортала Роскосмоса (создан совместно с НИИ Точных приборов и работающего на базе Научного центра Оперативного мониторинга Земли, Российские космические системы) - показаны подтвержденные ударные кратеры по данным группировки российских спутников – «Ресурс-ДК», «Ресурс-П», «Метеор», «Канопус», приведены снимки по самым крупным кратерам, для которых только предполагается ударное происхождение и требуется подтверждение. Данные, полученные мультиспектральной и гиперспектральной аппаратурой спутников, позволяют анализировать земную поверхность, в том числе с целью детального изучения ударных кратеров.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
**EATH IMPACT CRATERS IN RUSSIA
BY THE EYES OF RUSSIAN SATELLITES**

E.S. Bakanas^{1,2}, T.I. Bakhmet¹
¹JRS, ²INASAN, Moscow, Russia
oterma@yandex.ru

There are currently 190 known geological structures recognized as impact craters on Earth. This paper presents images from space obtained with the help of the Roscosmos Geoportal (created jointly with the Scientific Research Institute of Precision Instruments and operating on the basis of Research Center for Earth Operative Monitoring, Russian Space Systems) – shows confirmed impact craters according to the grouping of Russian satellites - "Resource-DK", "Resource-P", "Meteor", "Canopus", shows images of the largest craters, for which only the impact origin is assumed and confirmation is required. The data obtained by the multispectral and hyperspectral equipment of the satellites make it possible to analyze the Earth's surface, including for the purpose of detailed study of impact structures.

**О ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ РАЗРУШЕНИЯ АСТЕРОИДОВ
В АТМОСФЕРЕ НА ОБЛАКО ФРАГМЕНТОВ**

Брыкина И.Г.¹, Брагин М.Д.^{2,3}
¹Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша
³Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия
shantii@mail.ru

Рассматривается проблема моделирования абляции и энерговыделения в атмосфере крупных метеороидов (астероидов), разрушающихся на множество фрагментов. Для моделирования разрушения применяются модели облака фрагментов, движущихся с общей ударной волной: двухпараметрическая модель, учитывающая изменения формы и плотности облака, и простые модели, в том числе используемые в литературе, не учитывающие эти эффекты; модели отличаются уравнениями, описывающими боковое расширение облака. Оценивается способность моделей воспроизвести наблюдательную кривую энерговыделения Челябинского болида путем численного решения для каждой из них уравнений метеорной физики и сравнения результатов расчета с наблюдательными данными. Изучается влияние коэффициента радиационной теплопередачи, который является ключевым параметром этих уравнений и определяет абляцию астероида, на результаты расчета энерговыделения и бокового расширения облака фрагментов при использовании разных моделей фрагментации, а также на применимость самих моделей. Найдена оптимальная простая модель, дающая наилучшее согласование с наблюдательной кривой энерговыделения в зависимости от коэффициента теплопередачи (параметра абляции). Показано, что двухпараметрическая и оптимальная простая модели дают результаты моделирования энерговыделения Челябинского астероида и оценки его начальной массы, близкие друг к другу и к данным наблюдений. Эти две модели фрагментации применяются для моделирования энерговыделения Тунгусского космического тела при потенциально возможных сценариях его входа в атмосферу Земли.

**ON THE APPLICABILITY OF MODELS OF ASTEROID DISRUPTION
IN THE ATMOSPHERE INTO A CLOUD OF FRAGMENTS**

Brykina I.G.¹, Bragin M.D.^{2,3}
¹Institute of mechanics of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The problem of modeling ablation and energy deposition of large meteoroids (asteroids), which break up in the atmosphere into many fragments, is considered. To simulate asteroid disruption, models of a cloud of fragments moving with a common shock wave are used: the two-parameter model that takes into account changes of the shape and density of the cloud, and simple models, including those used in the literature, that leave these factors out of account. The models differ in equations governing the lateral expansion of the cloud. Abilities of models to reproduce the observational energy deposition curve of the Chelyabinsk bolide are evaluated by numerically solving the meteor physics equations for each of them and comparing the calculation results with the observational data. Effect of the radiative heat transfer coefficient, which is a key parameter of the equations and determines the asteroid ablation, on the results of calculating the energy deposition and lateral expansion of the fragment cloud when using different fragmentation models, as well as on the applicability of the models, is studied. An optimal simple model is found that gives the best agreement with the observational energy deposition curve depending on the heat transfer coefficient (ablation parameter). It is shown that the two-parameter and optimal simple models give the results of modeling the energy deposition of the Chelyabinsk asteroid and estimates of its initial mass, which are close to each other and to the observational data. These two fragmentation models are used to simulate the energy deposition of the Tunguska cosmic body for potentially possible scenarios of its entry into the Earth's atmosphere.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПО МАССАМ ВЫПАВШИХ МЕТЕОРИТОВ ПОСЛЕ РАЗРУШЕНИЯ МЕТЕОРОИДОВ В АТМОСФЕРЕ

Брыкина И.Г., Егорова Л.А.

Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

egorova@imec.msu.ru

Для моделирования независимого движения, абляции и энергосвечения фрагментов небесного тела, разрушенного при взаимодействии с атмосферой, необходимо знать их распределение по массам (или размерам). В этой связи проводится аналогия между разрушением метеороидов в атмосфере и разрушением тел в ударных экспериментах, проводимых для моделирования разрушения астероидов при их столкновении в космическом пространстве. С учетом результатов таких экспериментов, выраженных как степенной закон для распределения фрагментов по массам в дифференциальной форме, получена формула для кумулятивного числа фрагментов в зависимости от безразмерной массы фрагмента, отнесенной к общей массе фрагментов, массовой доли наибольшего фрагмента(в), количества наибольших фрагментов и показателя степени. Показано, что формула адекватно описывает результаты ударных экспериментов по разрушению тел различного состава при различных режимах фрагментации. Оцениваются значения степенного показателя, являющегося единственным свободным параметром. Полученная формула для кумулятивного распределения применяется для описания распределений по массам метеоритов, найденных после десяти метеоритных дождей: Царев, Сихотэ-Алинского, Мбале, Бассикуну, Пуэрто-Лаписе, Алмахата-Ситта, Кошице, Саттерс-Милл, Челябинского и Сарычичек.

ON THE MASS DISTRIBUTION OF FALLEN METEORITES AFTER METEOROID DESTRUCTION IN THE ATMOSPHERE

Brykina I.G., Egorova L.A.

To model the independent motion, ablation and energy deposition of fragments of cosmic body destroyed due to its interaction with the atmosphere, it is necessary to know their mass (or size) distribution. In this regard, an analogy is drawn between the destruction of meteoroids in the atmosphere and the destruction of bodies in impact experiments carried out to simulate the destruction of asteroids in their collision in outer space. Based on the results of such experiments expressed as a power law for the mass distribution in differential form, a formula is obtained for the cumulative number of fragments as a function of the fragment mass normalized to the total mass of fragments, the mass fraction of the largest fragment(s), the number of largest fragments, and the power exponent. It is shown that the formula adequately describes the results of impact experiments on the destruction of bodies of various composition for different fragmentation types. Values of the power exponent, which is the only free parameter, are estimated. We apply the resulting cumulative distribution formula to describe the mass distributions of meteorites recovered after ten meteorite showers: Tsarev, Sikhote-Alin, Mbale, Bassikounou, Puerto Lápice, Almahata Sitta, Košice, Sutter's Mill, Chelyabinsk and Sariççek.

МЕЖПЛАНЕТНАЯ ПЫЛЬ И АЛЬБЕДО АСТЕРОИДОВ

Виноградова Т. А.
ИПА РАН, Санкт-Петербург, Россия
vta@iaaras.ru

Межпланетное пространство Солнечной системы содержит большое количество пыли, которая постоянно производится при столкновении астероидов и в результате активности комет. Эта пыль может наблюдаться с Земли как зодиакальный свет в оптическом диапазоне волн. Кроме того, несколько полос пыли на разных эклиптических широтах были зарегистрированы спутником IRAS в инфракрасном диапазоне. Известно, что альbedo астероидов в среднем понижается с увеличением большой полуоси их орбит. До настоящего времени это объяснялось тем, что с увеличением расстояния от Солнца меняется таксономический состав астероидов. Во внутренних областях главного пояса преобладают каменные астероиды класса S, но по мере удаления от Солнца растёт число тёмных углистых астероидов класса C. В предлагаемой работе получена зависимость среднего альbedo от большой полуоси орбиты отдельно для двух основных таксономических классов астероидов. Обе зависимости показывают уменьшение альbedo с увеличением среднего расстояния от Солнца. Это может объясняться поглощением света межпланетной пылью.

INTERPLANETARY DUST AND ALBEDO OF ASTEROIDS

Vinogradova T.A.
IAA RAS, St. Petersburg, Russia
vta@iaaras.ru

The interplanetary space of the Solar system contains a large amount of dust, which is constantly produced by collisions of asteroids and by comets. This dust can be observed from the Earth as a zodiacal light. Also, several dust bands at different ecliptic latitudes were recorded by the Infrared Astronomical Satellite (IRAS). It is known that the mean albedo of asteroids decreases with an increase in the semimajor axis of their orbit. Until now, this was explained by a change in the asteroid taxonomy with a distance from the Sun. In the inner region of the main asteroid belt, stone S-asteroids predominate, but with an increase in the average distance from the Sun the number of dark carbon C-asteroids is growing. In the present work, the dependence of the mean albedo on the

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
semi-major axis is obtained separately for two main taxonomic classes S and C. Both dependences show a decrease in albedo with increasing average distance from the Sun. This may be due to the absorption of light by interplanetary dust.

КАЛЬКУЛЯТОР ЭФФЕКТОВ УДАРОВ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ. ЭФФЕКТЫ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Глазачев Д.О., Попова О.П., Светцов В.В., Шувалов В.В., Артемьева Н.А., Подобная Е.Д.
Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского, Москва, Россия
GlazachevD@gmail.com

Разрушения на поверхности Земли, вызываемые ударной волной, являются одним из наиболее важных и опасных последствий падений астероидов и комет. В случае Челябинского события ударная волна была единственным опасным эффектом, действие которого привело к небольшим структурным повреждениям, большому количеству разбитых окон, оконных рам и дверей.

Избыточное давление и скорость ветра за фронтом ударной волны, приводящие к тем или иным опасным последствиям, могут быть оценены на основе специально разработанных моделей взаимодействия космических объектов с атмосферой и поверхностью Земли. Систематическое численное моделирование взаимодействия космических объектов с атмосферой было ранее проведено для большого количества различных сценариев в рамках гидродинамической модели. Анализ результатов этого моделирования позволяет предложить аппроксимационные соотношения, которые дают возможность оценить избыточное давление, скорость ветра за ударной волной и их распределение на поверхности, если известны параметры импактора, его скорость и угол наклона траектории. Эти соотношения учитывают пространственную неоднородность распределения избыточного давления на поверхности Земли. Предложенные масштабные соотношения зависят только от свойств входящего объекта (размер, плотность, скорость и угол входа).

Полученные соотношения подобия были протестированы на данных Челябинского и Тунгусского событий и было показано хорошее соответствие с данными разрушений. Полученные аппроксимационные соотношения используются в интернет-калькуляторе (<http://www.AsteroidHazard.pro>), позволяющем быстро и достаточно точно оценивать различные эффекты падений.

IMPACT EFFECTS CALCULATOR. SHOCK WAVE EFFECTS FROM IMPACTS OF COSMIC OBJECTS

D.O. Glazachev, O.P. Popova, V.V. Svetsov, V.V. Shuvalov, N.A. Artemieva,
E.D. Podobnaya
Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics, Moscow, Russia
GlazachevD@gmail.com

The destructions and injuries caused by the shock wave are one of the most important dangerous consequences of the impact of cosmic objects. In the case of the Chelyabinsk event, the shock wave was the only one dangerous effect whose action led to a little structural damage, a large number of broken windows, window frames and doors.

The overpressure and maximum wind speed behind the shock front, resulting in one or other hazards, may be estimated based on the data on nuclear explosions or based on the especially elaborated model of cosmic objects passing through the Earth atmosphere. The atmospheric entry of cosmic objects was modelled for a large number of different scenarios for the entry of space bodies into the atmosphere of the Earth. Based on these simulation results scaling relations for the

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
relative pressure spatial distribution (the ratio of disturbed pressure to the undisturbed atmospheric pressure at the point) and wind speed are constructed. The scaling relations of the relative pressure and wind speed take into account the inhomogeneity of the distribution. Suggested scaling relations are dependent only on the properties of the entering object (size, density, velocity and entry angle).

Suggested scaling relations were tested on data of Tunguska and Chelyabinsk events and showed satisfactory agreement. This scaling relations have been implemented in the web-site application (Impact Effects Calculator) which allowed quick and quite accurately assess the various effects of impacts. The web version of the calculator is available by the url - <http://www.AsteroidHazard.pro>.

ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО И ИЗОТОПНОГО СОСТАВА КОМЕТНЫХ ЯДЕР - ОТРАЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В НЕБУЛЕ

Дорофеева В.А.

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, РФ

dorofeeva@geokhi.ru

Минеральная составляющая кометных ядер представляет собой неравновесную гетерогенную смесь веществ межзвездного и небулярного происхождения. Безусловно небулярное происхождение имеют обогащенные алюминием и кальцием тугоплавкие включения (CAIs), найденные в трех кометах (1P/Halley, 81P/Wild 2, 67P/C-G). Термодинамические расчеты показали, что наиболее вероятный механизм образования CAIs – конденсационный, из газа солнечного состава в интервале $T \sim 1800-1600$ К и $P \approx 10^{-2}-10^{-3}$ бар. Такие условия могли реализоваться в максимально близких к Солнцу областях диска. Особо отметим, что размер CAIs колеблется от ~ 1 до $15 \mu\text{m}$, что много меньше, чем в хондритах, родительские тела которых формировались, по меньшей мере, в 5 раз ближе к Солнцу, чем ядра комет.

Небулярное происхождение вероятнее всего имеют и мелкокристаллические, обогащенные магнием силикаты, представленные главным образом оливинами. Они были обнаружены в комах комет разных динамических типов: как *короткопериодических* - 103P/Hartley 2, 81P/Wild 2, 9P/Tempel, 78P/Gehrels, 73P/Schwassmann-Wachmann, так и *долгопериодических* - C/2001Q4 (NEAT) и C/1995 O1 (Hale-Bopp). Размер зерен силикатов составляет $< \sim 1 \mu\text{m}$, а массовая доля 30-50%. Существующие теории их образования связаны с высокотемпературными процессами в небуле, из которых наиболее вероятный – конденсация из газа солнечного состава в интервале $T \sim 1400 - 1300$ К при $P \approx 10^{-3}-10^{-4}$ бар. Такие условия могли существовать в небуле на ранних стадиях ее эволюции на $r < 1$ а.е.

Чтобы CAIs и мелкокристаллические силикаты могли войти в состав кометных ядер, в околосолнечном газопылевом аккреционном протопланетном диске (небуле) наряду с основным аккреционным потоком газопылевого вещества должен был существовать второй поток, направленный к нему в противофазе. Именно он мог выносить мельчайшую микронную пыль из внутренних горячих регионов диска наружу, в его внешние зоны, где формировались ядра комет. Существование такого противотока газопылевого вещества могло продолжаться недолго - первые миллионы лет, до образования Юпитера.

Вынос пыли осуществлялся газом, в состав которого входили пары воды, имевшие изотопный состав водорода в соответствии с P - T условиями, из которых они выносились. Минимальное значение D/H_{H_2O} вероятно отвечало VSMOW, или даже ниже, а максимальное зависело от того, при каких температурах происходило ингибирование реакции изотопного обмена: $H_2 + DHO = DH + H_2O$.

Газопылевое вещество из внутренних регионов смешивалось с внесолнечным веществом, выпадавшим из протосолнечной небулы на околосолнечный диск, в основном на его торец. Такое смешение вещества из двух регионов с существенно разными P - T условиями могло привести к образованию первичных тел (pebbles), имевших целый спектр составов

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» минеральной компоненты и льдов, в частности, льда воды с разным значением изотопного состава водорода D/H_{H_2O} . Эти тела явились строительным материалом для кометных ядер, обусловив экспериментально наблюдаемую их химическую и изотопную гетерогенность. В частности, наблюдаемое на кометных ядрах неравномерное распределение депрессий, разный состав летучих, одновременно сублимирующих из ядра, наличие пиннаклов и др. Такое смешение вещества могло обусловить и разброс значений D/H_{H_2O} от VSMOW до в 3-5 раз более высоких. В настоящее время оно ограничивается экспериментально найденным значением для поверхности Фебы – захваченного спутника Сатурна, у которого D/H_{H_2O} в 8 раз выше земного значения.

HETEROGENEOUS CHEMICAL AND ISOTOPE COMPOSITION OF COMET NUCLEI - REFLECTION OF DYNAMIC PROCESSES IN NEBULA

Dorofeeva V.A.

V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow
dorofeeva@geokhi.ru

The mineral component of cometary nuclei is a non-equilibrium heterogeneous mixture of substances of interstellar and nebular origin. The refractory inclusions (CAIs) were found in three comets (1P / Halley, 81P / Wild 2, 67P / C-G). The inclusions are enriched in aluminum and calcium and have nebular origin undoubtedly. Thermodynamic simulation has shown that the most probable mechanism for the CAIs formation is condensation of solar composition gas in the range of $T \sim 1800-1600$ K and $P \approx 10^{-2}-10^{-3}$ bar. Such conditions could be realized in the regions of the disk as close to the Sun as possible. It should be especially noted that the size of CAIs ranges from ~ 1 to $15 \mu m$, which is much smaller than in chondrites, whose parent bodies were formed at least 5 times closer to the Sun than comet nuclei.

Fine-crystalline magnesium-rich silicates, represented mainly by olivines, are most likely of nebular origin. They were found in comas of comets of different dynamic types: both short periodic - 103P / Hartley 2, 81P / Wild 2, 9P / Tempel, 78P / Gehrels, 73P / Schwassmann-Wachmann, and long periodic - C / 2001Q4 (NEAT) and C / 1995 O1 (Hale-Bopp). The grain size of silicates is $< \sim 1 \mu m$, and the mass fraction is 30-50%. Existing theories of their formation are associated with high-temperature processes in the nebula, the most probable of which is condensation from a gas of solar composition in the range of $T \sim 1400-1300$ K at $P \approx 10^{-3}-10^{-4}$ bar. Such conditions existed in the nebula at the early stages of its evolution at $r < 1$ AU.

In order for CAIs and fine-crystalline silicates to have possibility to enter cometary nuclei, a flow of gas-dust matter, directed in antiphase to the accretion flow, must have been existed in the nebula. Such flow could carry the micron dust from the inner hot regions of the disk to the outside disk zones, where comet nuclei were formed. The existence of such a counter-flow of gas and dust matter could not last long - the first millions of years only, before the formation of Jupiter.

The dust was removed by gas, which included water vapor. It had an isotopic composition of hydrogen in accordance with the P - T conditions, from which it was removed. The minimum D/H_{H_2O} value probably corresponded to VSMOW, or even lower, and the maximum depended on the temperatures at which the isotope exchange reaction was inhibited: $H_2 + DHO = DH + H_2O$.

Gas-dust matter from the inner regions was mixed with extrasolar matter that fell from the protosolar nebula onto the circumsolar disk, mainly on its end. Such a mixing of matter from two regions with significantly different P - T conditions could lead to the formation of primary bodies (pebbles) with a whole spectrum of compositions of the mineral component and ices, in particular, water ice with different values of the hydrogen isotopic composition D/H_{H_2O} .

These bodies were the building blocks for cometary nuclei. Their accretion has led to their experimentally observed chemical and isotopic heterogeneity. In particular, the irregular distribution of depressions observed on cometary nuclei, the different composition of volatiles simultaneously sublimating from the nucleus, the presence of pinnacles, etc. Such a mixing of

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
matter could also cause the dispersion of D/H_{H_2O} values from VSMOW to 3-5 times higher. At present it is limited by the experimentally found value for the surface of Phoebe, the captured satellite of Saturn, in which D/H_{H_2O} is 8 times higher than the Earth's value.

ПЕРВАЯ МЕЖЗВЕЗДНАЯ КОМЕТА 2I/BORISOV: ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ (обзор)

Дорофеева В.А.

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, РФ

dorofeeva@geokhi.ru

Первая внесолнечная комета, открытая в августе 2019 г., наблюдалась как с Земли (VLT, Чили), так и с околоземных телескопов («Хаббл», «Гершель», «Swift»). В коме кометы были обнаружены линии H_2O , CN (материнская молекула HCN), легкие органические соединения, имеющие цепь C_2 , а также NH_2 (материнская молекула NH_3), CO, CO_2 , CS и CH_3OH . Таким образом, внесолнечная комета 2I/Borisov имеет качественный состав летучих компонентов аналогичный составу комет Солнечной системы, но соотношение основных компонентов отличается рядом особенностей.

1. Скорость сублимации воды (Q_{H_2O}) - самого высокотемпературного летучего компонента кометных ядер - у 2I/Borisov оказалась на порядок ниже, чем у LPCs Солнечной системы на том же $r \sim 2$ а.е., но сопоставимо с Q_{H_2O} у JFCs.

2. Относительное содержание умеренно летучего HCN $\approx 0.12\%$, что близко типичным значениям для LPCs Солнечной системы на таком же радиальном расстоянии.

3. Ядро кометы оказалось крайне богато высоко летучими компонентами N_2 и CO, содержание последней в целом превышает содержание в солнечных кометах на тех же радиальных расстояниях от 30 до 105%.

4. Ядро 2I/Borisov обеднено легкими органическими соединениями, имеющими два атома углерода, среди которых C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_5 , C_2H_4O , $C_2H_4O_2$. В двух различных сериях измерений было получено C_2/CN : 0.47 ± 0.11 на $r = 2.5$ а.е. и 0.2 ± 0.1 на $r = 2,145$ а.е. Типичное значение C_2/CN для комет Солнечной системы 0.6, хотя значения, аналогичные полученным для 2I/Borisov, были определены в 16-ти кометах.

5. Гетерогенность состава на уровне первых сотен метров – характерная черта комет Солнечной системы. Резкое изменение $Q(CO)$ у 2I/Borisov до и после перигелия ($q = 2.006$ а.е.) также может указывать на неоднородность состава кометного ядра в отношении CO. Она может быть связана с образованием отдельных кометных блоков на разных радиальных расстояниях, с внешней и внутренней стороны условной границы сублимации окиси углерода и эффективного перемешивания в этих пределах.

6. В то же время анализ спектров кометной пыли показал, что в отличие от солнечных комет, она не содержит обогащенных Mg силикатов и/или аморфного углерода. Более вероятно, что в них преобладают Mg–Fe силикаты и тугоплавкие органические соединения, образовавшиеся в межзвездном континууме. Это косвенно может свидетельствовать о том, что механизм радиального транспорта в околозвездном диске, где образовалась комета 2I/Borisov, не смог доставить значительное количество высокотемпературного вещества из внутренних горячих зон наружу в область образования комет, т.е. он не был эффективен на всей протяженности диска. В то же время повышенное содержание N_2 может указывать, что комета 2I/Borisov образовалась при $T \leq 22-20K$ в сверххолодном максимально удаленном регионе околозвездного диска, что возможно облегчило ее отрыв от своей звездной системы.

7. Оценки радиуса ядра кометы 2I/Borisov имеют достаточно большой разброс: от 1 до 0.4 км. За время сближения с Солнцем оно потеряло слой вещества от 0.2 до 1.1 метра. Более значимые потери ядро понесло в постперигелийный период: на $r \approx 3$ а.е. от ядра отделился фрагмент размером ~ 100 м. Такое явление наблюдалось и у солнечных комет. В качестве наиболее вероятной причины фрагментации указывается увеличение внутреннего давления

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» за счет испарения легко летучих компонентов (вероятнее всего CO) в субповерхностных слоях за счет инерции распространения в постперигельный период тепловой волны от поверхности ядра внутрь, что обусловлено его высокой пористостью.

FIRST INTERSTELLAR COMET 2I / BORISOV: SPECIFIC PROPERTIES AND CONDITIONS OF FORMATION (review)

Dorofeeva V.A.

V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow

dorofeeva@geokhi.ru

The paper summarizes data on the composition and physical properties of the first interstellar comet 2I/Borisov, which were obtained from September 2019 to the end of March 2020.

The first interstellar comet was observed both from Earth (VLT, Chile) and from near-Earth telescopes (Hubble, Herschel, Swift). In the comet's coma, H₂O, CN (parent HCN molecule), light organic compounds with a C₂ chain, as well as NH₂ (parent NH₃ molecule), CO, CO₂, CS and CH₃OH lines were found. It was found that the interstellar comet has a qualitative composition of volatiles and minerals similar to composition of the Solar system comets, but differs in a number of properties that may indicate the special conditions of its formation in the circumstellar gas-dust disk.

1. The sublimation rate of water (Q_{H₂O}) - which is the highest-temperature volatile component of cometary nuclei - in 2I/Borisov turned out to be an order of magnitude lower than of Solar System Long Periodic comets (LPCs) at the same radial distance $r \sim 2$ AU, but comparable to Q_{H₂O} in Jupiter Family comets (JFCs).

2. The relative abundance of moderately volatile HCN is $\approx 0.12\%$, which is close to typical values for the Solar System LPCs at the same radial distance.

3. The cometary nucleus turned out to be extremely rich in highly volatile components N₂ and CO. The CO content as a whole exceeds the content in solar comets at the same radial distances from 30 to 105%.

4. The 2I/Borisov nucleus is depleted in light organic compounds having two carbon atoms, among which are C₂H₆, C₂H₄, C₂H₅, C₂H₄O, C₂H₄O₂. In two different series of measurements, C₂/CN ratio was obtained as follows: 0.47 ± 0.11 at $r = 2.5$ AU and 0.2 ± 0.1 at $r = 2.145$ AU. The typical C₂/CN value for the Solar System comets is 0.6, although values similar to those obtained for 2I/Borisov were determined in 16 comets

5. Compositional heterogeneity at the level of the first hundred meters is a characteristic feature of the Solar system comets. The sharp change in Q(CO) before and after perihelion ($q = 2.006$ AU) may also indicate the heterogeneity of the composition of the cometary nucleus with respect to carbon monoxide. It can be connected with the formation of separate cometary blocks at different radial distances, from the outer and inner sides of the conditional boundary of CO sublimation and effective mixing within these limits.

6. An analysis of the spectra of cometary dust showed that, unlike solar comets, it does not contain Mg-enriched silicates and/or amorphous carbon. More likely, they are dominated by Mg – Fe silicates and refractory organic compounds formed in the interstellar continuum. This may indirectly indicate that the mechanism of radial transport in the circumstellar disk, where comet 2I/Borisov was formed, could not deliver a significant amount of high-temperature matter from the inner hot zones to the outside of the comet formation region, i.e. it was not effective along the entire length of the disc. At the same time, the increased content of N₂ may indicate that comet 2I / Borisov was formed at $T \leq 22-20$ K in the ultracold maximally distant region of the circumstellar disk, which may have facilitated its separation from its star system.

7. The estimates of the comet radius have a fairly wide scatter: from 1 to 0.4 km. During the approach to the Sun, it lost a layer of matter from 0.2 to 1.1 meters. In the post-perihelion period the nucleus suffered more significant losses: by $r \approx 3$ AU a fragment with a size of ~ 100 m separated

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
from the nucleus. The most probable cause of fragmentation is an increase in internal pressure due to the evaporation of easily volatile components (most likely CO). It happens because due to its high porosity the subsurface layers have the large inertia of propagation of a heat wave.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ТРОИЛИТА ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ

Дюндик С.С.¹, Максимова Е.М.¹, Петрова Е.В.², Наухацкий И.А.¹

¹Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия

²Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

sgoncova@gmail.com, maksimovaem@cfuv.ru, evgeniya.petrova@urfu.ru

В настоящей работе была исследована кристаллическая структура троилита (FeS) обыкновенных хондритов групп LL, L и H (Челябинск, Northwest Africa 869, Царев, Marsa Alam 009, Ravar, Харабали). Троилит является одним из основных акцессорных минералов в метеоритах разных типов. При комнатной температуре троилит имеет гексагональную структуру с пространственной группой симметрии $P\bar{6}2c$.

Методом рентгеноструктурного анализа были определены параметры элементарных ячеек троилита, размеры областей когерентного рассеяния и величины микродеформаций. Установлено, что троилит имеет нестехиометрический состав, обусловленный дефицитом катионов железа, а микродеформации коррелируют со степенью ударного метаморфизма.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-50075 мол_нр, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Проект FEUZ-2020-0059), и Акта 211 Правительства Российской Федерации, Соглашение № 02.A03.21.0006.

STUDY OF THE MICROSTRUCTURE OF TROILITE IN ORDINARY CHONDRITES

Dyundik S.S.¹, Maksimova E.M.¹, Petrova E.V.², Nauhatsky I.A.¹

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

² Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

sgoncova@gmail.com, maksimovaem@cfuv.ru, evgeniya.petrova@urfu.ru

The investigation of the crystal structure of troilite (FeS) from ordinary chondrites of the LL, L, and H groups (Chelyabinsk, Northwest Africa 869, Tsarev, Marsa Alam 009, Ravar, Kharabali) was performed. Troilite is one of the relatively abundant accessory minerals in different types of meteorites. It has a hexagonal structure with a space symmetry group $P\bar{6}2c$ at room temperature conditions.

The unit cell parameters of troilite, its crystallites sizes, and the value of micro deformations were determined by X-ray diffraction analysis. It was found that troilite in the ordinary chondrites has a non-stoichiometric composition due to a deficiency of iron cations. A correlation between the microstrains and the degree of impact metamorphism of the chondrite was observed.

The reported study was funded by the Russian Foundation for Basic Research according to the research project № 19-35-50075 mol_nr, by the Ministry of Science and Higher Education (Project FEUZ-2020-0059) and Act 211 of the Government of the Russian Federation, Agreement no. 02.A03.21.0006.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» **ДИНАМИКА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДАЛЕКИХ ТРАНСНЕПТУНОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

Емельяненко В.В.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия
vvemel@inasan.ru

Обсуждаются новые наблюдательные данные об объектах внешней части Солнечной системы. Предложена модель образования далеких транснептуновых объектов в области Хилла гигантского газопылевого сгущения, возникшего вследствие гравитационной неустойчивости и фрагментации протопланетного диска. Изучена динамическая эволюция малых тел под действием гравитационных возмущений от внешних планет и самогравитации диска в течение нескольких миллиардов лет. Найдено, что вековые эффекты гравитационного влияния массивного диска малых тел приводят к созданию потока объектов, подходящих близко к орбите Нептуна. Для большинства объектов эксцентриситеты орбит уменьшаются под влиянием самогравитации диска. Поэтому основная часть диска сохраняется в области гелиоцентрических расстояний, превышающих 100 а.е. Показано, что образование кометного облака Оорта может быть связано с рассмотренным динамическим процессом.

DYNAMICS AND ORIGIN OF DISTANT TRANS-NEPTUNIAN OBJECTS

Emel'yanenko V.V.
Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia
vvemel@inasan.ru

New observational data on objects in the outer solar system are discussed. A model of the formation of distant trans-Neptunian objects in the Hill region of a giant gaseous clump, that form in the outer solar nebula via gravitational instability and fragmentation of the protoplanetary disk, is proposed. The dynamical evolution of small bodies under the action of gravitational perturbations from the outer planets and self-gravity of the disk has been studied for several billion years. It is found that the secular effects of the gravitational influence of a massive disk of small bodies lead to the creation of a flux of objects approaching to the orbit of Neptune. Orbital eccentricities of the majority of objects decrease under the influence of self-gravity of the disk. Therefore, the main part of the disk resides in the region of heliocentric distances exceeding 100 AU. It is shown that the formation of the Oort cloud of comets can be associated with the considered dynamical process.

СБЛИЖЕНИЯ КОМЕТ И АСТЕРОИДОВ С ПЛАНЕТАМИ

Емельяненко Н.Ю.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия
nyuemel@inasan.ru

Низкоскоростное сближение астероида 2020 CD3 с Землей в 2020 г. сравнивается с низкоскоростным сближением ядер кометы Шумейкер-Леви 9 с Юпитером в 1994 г. Оба тела были открыты в области сближения, испытали длительные гравитационные захваты в сферы Хилла и совершили многочисленные обращения вокруг планет. Геоцентрическая орбита астероида 2020 CD3 в области сближения изменялась подобно изменениям йовицентрических орбит ядер кометы Шумейкер-Леви 9.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» ENCOUNTERS OF COMETS AND ASTEROIDS WITH PLANETS

Emel'yanenko N.Yu.
Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia
nyuemel@inasan.ru

The low-velocity encounter of the asteroid 2020 CD3 with the Earth in 2020 is compared with the low-velocity encounter of the comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter in 1994. Both bodies were discovered in the region of encounters, experienced long-term gravitational captures into the Hill spheres and made numerous revolutions around planets. The geocentric orbit of the asteroid at the encounter changed like the changes in the jovian orbits of the nuclei of the comet Shoemaker-Levy 9.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕЛКИХ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ

Ефремов В.В.^{1,2}, Попова О.П.², Глазачев Д.О.², Маргонис А.³, Оберст Ю.^{3,4}, Карташова А.П.⁵

1- Московский Физико-Технический Институт, Москва, Россия

2- Институт динамики геосфер им. М.А. Садовского РАН, Москва, Россия

3- Technische Universität Berlin, Institute of Geodesy and Geoinformation Science, Berlin, Germany

4- German Aerospace Center (DLR), Institute of Planetary Research, Berlin, Germany

5- Институт астрономии РАН, Москва, Россия

efremov.vv@phystech.edu

Метеорные тела, наряду с астероидами и кометами, являются источником информации о нашей Солнечной системе, поскольку материал, из которого они состоят, свидетельствует о составе вещества в ранние этапы эволюции Солнечной системы. Одним из основных способов получения информации о свойствах метеорных тел является изучение процесса их взаимодействий с атмосферой. Несмотря на продолжительное изучение метеорных явлений, задача точного определения, таких параметров как масса, плотность, свойства вещества до сих пор остается актуальной.

В данной работе рассматривается модель взаимодействия мелких метеорных тел с атмосферой Земли. В рамках данной модели потеря массы метеороидом определяется с помощью давления насыщенного пара предполагаемого вещества метеороида. Зависимости давления насыщенного пара от температуры одного и того же вещества по данным разных авторов различаются, что влияет на определение параметров (плотность, размер/масса) метеорного тела. Нами предложен автоматизированный метод оценки параметров (плотность, размер/масса) метеорного тела, путем сопоставления наблюдательных данных и данных расчета по модели с известными параметрами

Для апробации модели были использованы оптические метеорные наблюдения, полученные на SPOSH камерах в 2016 г.[1]. Предел абсолютных звездных величин метеорных частиц был - 6^m - 0^m. Таким образом, были оценены параметры (плотность, размер/масса) метеорных тел. Проанализировано влияния выбранной зависимости давления насыщенного пара от температуры и других параметров модели на параметры (плотность, размер/масса) метеорного тела.

Литература:

1. Margonis, A., Christou, A., Oberst, J. Characterisation of the Perseid meteoroid stream through SPOSH observations between 2010-2016// Astronomy and Astrophysics. 2019. 626, A25.

ASPECTS OF SMALL-SIZE METEOR PARTICLES PARAMETERS MEASUREMENTS

Efremov V.^{1,2}, Popova O.², Glazachev D.², Margonis A.³, Oberst J.^{3,4}, Kartashova A.⁵

1- Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

2- Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics RAS, Moscow, Russia

Meteoroid bodies, along with asteroids and comets, are a source of information about our Solar system, since the material of which they are composed indicates the composition of matter in the early stages evolution of the Solar system. One of methods of obtaining information about the properties of a meteoroid is to study the process of their interactions with the atmosphere (meteor event). Despite extensive research of meteor phenomena in previous years, the task of accurately determining parameters such as mass, density and material properties is still relevant.

A model describing the interaction of small meteoroids with the Earth's atmosphere is presented. In this model, the mass loss of a meteoroid is determined using the saturated vapor pressure of the assumed meteoroid's substance. Dependencies of the saturated vapor pressure to the temperature of the same substance are different according to other authors, which affects the determination of the parameters (density, size/mass) of meteoroids. An automated method to estimate the physical parameters of a meteoroid by comparing observational and model derived data with known parameters was suggested.

For testing the performance of the model optical meteor observations of SPOSH cameras in 2016 were used [1]. The range of absolute magnitudes of meteors analyzed in this study was -6^m - 0^m . Parameters of meteoroids (density, size/mass) were obtained. The effects of the chosen dependence of saturated vapor pressure to temperature and other model parameters (density, size/mass) of the meteoroid body are analyzed.

References:

1. Margonis, A., Christou, A., Oberst, J. Characterisation of the Perseid meteoroid stream through SPOSH observations between 2010-2016// Astronomy and Astrophysics. 2019. 626, A25.

О ДВУХ УСТОЙЧИВЫХ ИЛЛЮЗИЯХ В КОМЕТНОЙ КОСМОГОНИИ И ОБ ИХ ИСТИННОЙ РОЛИ В ЕЕ РАЗВИТИИ

Еремеева А. И.

ГАИШ МГУ, Москва, Российская Федерация

alinaer29@gmail.com

О возникновении и метаморфозах так наз. эруптивной гипотезы Лагранжа (1812 г.) и образа «Кометного облака Оорта» (ОО) (1950–1951 гг.). Аналитическая история и оценка их истинной роли в истории кометной космогонии (по работам Ф.А.Цицина, 1980-х – 2004-х гг. – автора новой теории происхождения комет РР КТ СС [Реликтового резервуара кометных тел Солнечной системы]). Ситуация в этой области к 2020 г. в свете развития и подтверждения эволюционной (шмидтовской школы) планетной космогонии.

ON TWO STABLE ILLUSIONS IN COMETARY COSMOGONY AND ON THEIR TRUE ROLE IN ITS DEVELOPMENT

Eremeeva A. I.

SAI MSU, Moscow, Russia

alinaer29@gmail.com

On the occurrence and metamorphoses of the so-called. the eruptive Lagrange hypothesis (1812) and the image of the Oort Comet Cloud (OO) (1950–1951). Analytical history and assessment of their true role in the history of comet cosmogony (based on the works of F.A. Tsitsin, 1980s - 2004s

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
- author of a new theory of the origin of comets RR CT SS [Relict reservoir of cometary bodies of the Solar System]). The situation in this area by 2020 in the light of the development and confirmation of the evolutionary (Schmidt school) planetary cosmogony.

КАК КОСМИЧЕСКАЯ МИССИЯ «ROSETTA» ИЗМЕНИЛА НАШЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О КОМЕТАХ?

Иванова О. В.

Астрономический институт Словацкой академии наук

Изучение комет представляет большой интерес для мировой науки. Поскольку кометы проводят большую часть своей жизни вдали от Солнца, они сохранили практически неизменной первичную материю. Таким образом, кометы могут рассказать о самых ранних этапах формирования и эволюции нашей Солнечной системы. Многие исследователи считают, что кометы — это ключ к пониманию процессов, которые привели к возникновению жизни на Земле. Уникальная космическая миссия «Розетта» к комете 67P/Чурюмова-Герасименко была запущена с Земли в 2004 году и, преодолев почти 500 миллионов километров, впервые в истории человечества сбросила зонд на поверхность кометы. В свое время изучение Розеттского камня стало ключом к нашему пониманию древнеегипетской цивилизации, поэтому космическая миссия «Розетта», в честь которого она была названа, помогла раздвинуть горизонты нашего понимания природы физики комет и формирования Солнечной системы. Мы представляем обзор основных результатов миссии Европейского космического агентства "Розетта" к комете 67P/Чурюмова – Герасименко с момента прибытия аппарата к комете и почти до конца миссии, в сентябре 2016 года. Главные результаты миссии включают информацию о ядре, коме и хвостах, полученные с космического корабля и наших наземных наблюдений кометы 67P/Чурюмова – Герасименко.

HOW "ROSETTA" MISSION IS CHANGING OUR VIEW ABOUT COMETS?

Ivanova O.

Astronomical Institute Slovak Academy of Sciences

The study of comets is of great interest to world science. Because comets spend most of their lives away from the Sun, they saved practically unchanged primordial matter. Therefore, comets can tell about the earliest stages of formation and evolution of our Solar system. Many researchers believe that comets are the key to understanding the processes that led to life on Earth. The unique space mission "Rosetta" to comet 67P/Churyumov-Gerasimenko launched from Earth in 2004, and after covering almost 500 million kilometers, for the first time in human history dropped the probe to the surface of the comet. At one time, the study of the Rosetta Stone became key to our understanding of ancient Egyptian civilization, so the space mission "Rosetta", after which it was named, seems to push the horizons of our understanding of the nature of comet physics and the formation of the solar system. We present a summary of the results of the European Space Agency's "Rosetta" mission campaign to the comet 67P/Churyumov–Gerasimenko from before Rosetta's arrival until nearly the end of the mission in September 2016. The essential results of the mission include information for the nucleus, coma and tails obtained from the spacecraft and our ground-based observation of the comet 67P/Churyumov–Gerasimenko are presented.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
**ЭКЗОКОМЕТНАЯ БОМБАРДИРОВКА ПЛАНЕТ В ЗОНЕ ОБИТАЕМОСТИ В
СИСТЕМЕ ПРОКСИМА ЦЕНТАВРА**

С. И. Ипатов

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия

siipatov@hotmail.com

Рассмотрена модель миграции экзокомет, первоначально находившихся в зоне питания экзопланеты c с большой полуосью $a_c=1.489$ а.е. в системе Проксима Центавра. Целью исследований является сравнение доставки воды и летучих кометоподобными телами к потенциально обитаемым планетам в системе Проксима Центавра и в нашей Солнечной системе. Рассчитаны вероятности столкновений мигрировавших экзокомет с экзопланетами. Считается, что экзопланета b расположена в обитаемой зоне. В первой серии расчетов были рассмотрены следующие начальные большие полуоси орбит и массы двух экзопланет: $a_b=0.0485$ а.е., $a_c=1.489$ а.е., $m_b=1.27m_E$ и $m_c=12m_E$, где m_E - масса Земли. Начальный эксцентриситет e_b и начальное наклонение i_b экзопланеты b считались равными 0, а начальный эксцентриситет e_c экзопланеты c равнялся 0 или 0.1. Начальное наклонение орбиты экзопланеты c равнялось $i_c=e_c/2=0.05$ рад или $i_c=e_c=0$. Во второй серии расчетов на основе более поздних наблюдательных данных считалось, что $a_b=0.04857$ а.е., $e_b=0.11$, $m_b=1.17m_E$, $a_c=1.489$ а.е., $e_c=0.04$, $m_c=7m_E$ и $i_b=i_c=0$. В каждом варианте расчетов начальные значения больших полуосей орбит 250 экзокомет находились в диапазоне от $a_{\min}$ до $a_{\min}+0.1$ а.е., где $a_{\min}$ варьировалось от 1.2 до 1.7 а.е. с шагом 0.1 а.е. Начальные эксцентриситеты e_o орбит экзокомет равнялись 0 или 0.15 для первой серии расчетов, и $e_o=0.02$ или $e_o=0.15$ для второй серии расчетов. Начальные наклонения орбит экзокомет равнялись $e_o/2$ рад.

Получено, что большинство экзокомет было выброшено на гиперболические орбиты за 10 млн лет. Некоторые экзокометы могли продолжать двигаться по эллиптическим орбитам после 50 млн лет. Количество экзокомет, выброшенных на гиперболические орбиты, было в несколько раз больше, чем количество экзокомет, столкнувшихся с экзопланетами. Поэтому кометное облако, подобное облаку Оорта, может существовать и в системе Проксима Центавра. Отношение количества экзокомет, выброшенных на гиперболические орбиты, к количеству экзокомет, столкнувшихся с экзопланетами, больше для большей массы Проксима Центавра c и для больших начальных эксцентриситетов экзокомет. Только одна из нескольких сотен экзокомет, мигрировавших из окрестностей орбиты Проксима Центавра c , достигала орбиты экзопланеты Проксима Центавра b (с большой полуосью $a_b=0.0485$ а.е.) и часто также орбиты неподтвержденной экзопланеты Проксима Центавра d (с большой полуосью $a_d=0.029$ а.е.). Однако вероятность столкновения такой экзокометы (достигшей этих орбит) с экзопланетами Проксима Центавра b или Проксима Центавра d могла достигать 1. Такая вероятность столкновения, усредненная по всем рассматриваемым экзокометам, составила $\sim 10^{-4}$ - 10^{-3} . При усреднении по всем рассматриваемым экзокометам, которые мигрировали из окрестностей орбиты Проксима Центавра c , вероятность столкновения экзокометы с экзопланетами Проксима Центавра b или d больше, чем вероятность столкновения с Землей кометы, мигрировавшей из зоны питания планет-гигантов Солнечной системы. Последняя вероятность в расчете на одну комету обычно меньше 10^{-5} . Результаты такого сравнения показывают, что на экзопланеты Проксима Центавра b и Проксима Центавра d могло быть доставлено много ледяного материала и летучих веществ.

Исследования формирования экзопланет и выброса экзокомет на гиперболические орбиты поддержаны грантом 075-15-2020-780 (N13.1902.21.0039) «Теоретические и экспериментальные исследования формирования и эволюции внесолнечных планетных систем и характеристик экзопланет» Министерства высшего образования и науки Российской Федерации. Исследования миграции воды и летучих к экзопланетам,

EXOCOMETARY BOMBARDMENT OF PLANETS IN THE HABITABLE ZONE IN THE PROXIMA CENTAURI PLANETARY SYSTEM

S. I. Ipatov

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS, Moscow, Russia

siipatov@hotmail.com

The model of migration of exocomets initially located in the feeding zone of the exoplanet *c* with a semi-major axis $a_c=1.489$ AU in the Proxima Centauri system was studied. The aim of these studies is to compare the delivery of water and volatiles by comet-like bodies to potentially habitable planets in the Proxima Centauri system and in our solar system. The probabilities of collisions of migrated exocomets with exoplanets were calculated. It is considered that the exoplanet *b* is located in a habitable zone. In the first series of calculations, the following initial semi-major axes and masses of two exoplanets were considered: $a_b=0.0485$ AU, $a_c=1.489$ AU, $m_b=1.27m_E$ and $m_c=12m_E$, where m_E is the mass of the Earth. The initial eccentricity e_b and initial inclination i_b of the orbit of the exoplanet *b* were considered to be equal to 0, and the initial eccentricity e_c of the orbit of the exoplanet *c* equaled to 0 or 0.1. Initial inclination of the exoplanet *c* was considered to be $i_c=e_c/2=0.05$ rad or $i_c=e_c=0$. In the second series of calculations, based on later observational data it was considered that $a_b=0.04857$ AU, $e_b=0.11$, $m_b=1.17m_E$, $a_c=1.489$ AU, $e_c=0.04$, $m_c=7m_E$, $i_b=i_c=0$. In each calculation variant, initial semi-major axes of orbits of 250 exocomets were in the range from $a_{\min}$ to $a_{\min}+0.1$ AU, with $a_{\min}$ from 1.2 to 1.7 AU with a step of 0.1 AU. Initial eccentricities e_o of orbits of exocomets equaled to 0 or 0.15 for the first series of calculations, and $e_o=0.02$ or $e_o=0.15$ for the second series. Initial inclinations of orbits of the exocomets equaled to $e_o/2$ rad.

It was obtained that most exocomets were ejected into hyperbolic orbits in 10 Myr. A few exocomets could still move in elliptical orbits after 50 Myr. The number of exocomets ejected into hyperbolic orbits was greater by a factor of several than the number of exocomets collided with exoplanets. Therefore, a cometary cloud similar to the Oort cloud can exist in the Proxima Centauri system. The ratio of the fraction of exocomets ejected into hyperbolic orbits to that collided with exoplanets is greater for a greater mass of Proxima Centauri *c* and for greater initial eccentricities of exocomets. Only one of several hundred of exocomets, that migrated from the vicinity of the orbit of Proxima Centauri *c*, reached the orbit of Proxima Centauri *b* (with a semi-major axis $a_b=0.0485$ AU) and often also the orbit of unconfirmed Proxima Centauri *d* (with a semi-major axis $a_d=0.029$ AU). However, the probability of a collision of such exocomet (that reached the orbits) with Proxima Centauri *b* or Proxima Centauri *d* can reach 1. Such collision probability averaged over all considered exocomets was $\sim 10^{-4}$ - 10^{-3} . If averaged over all considered exocomets, which migrated from the vicinity of the orbit of Proxima Centauri *c*, the probability of a collision of an exocomet with Proxima Centauri *b* or Proxima Centauri *d* is greater than the probability of a collision with the Earth of a comet migrated from the zone of the giant planets in the Solar System. The latter probability is typically less than 10^{-5} per one comet. The above comparison shows that a lot of icy material and volatiles could be delivered to Proxima Centauri *b* and Proxima Centauri *d*.

For studies of formation of exoplanets and of the ejection of exocomets into hyperbolic orbits, the author acknowledges the support of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the grant 075-15-2020-780 (N13.1902.21.0039) 'Theoretical and experimental studies of the formation and evolution of extrasolar planetary systems and characteristics of exoplanets'. Migration of icy material and volatiles to exoplanets located in the habitable zone was carried out as a part of the state assignments of the Vernadsky Institute of RAS № 0137-2021-0004.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» СТОЛКНОВЕНИЯ МАЛЫХ ТЕЛ С ФОРМИРУЮЩИМИСЯ ЗЕМЛЕЙ И ЛУНОЙ

С. И. Ипатов, М. Я. Маров
ГЕОХИ имени В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия
siipatov@hotmail.com, marovmail@yandex.ru

Рассмотрена модель миграции планетезималей к Земле и Луне с различных расстояний от Солнца. При расчетах миграции тел учитывалось гравитационное влияние планет. В каждом варианте расчетов начальные значения больших полуосей орбит планетезималей менялись от $a_{\min}$ до $a_{\max}=a_{\min}+d_a$, их начальные эксцентриситеты равнялись e_0 , а начальные наклонения равнялись $e_0/2$ рад. В одной из серий расчетов, $d_a=2.5$ а.е., а $a_{\min}$ принимало значения от 2.5 до 40 а.е. с шагом, равным 2.5 а.е. Начальные эксцентриситеты равнялись 0.05 или 0.3. В другой серии расчетов $d_a=0.1$ а.е., а $a_{\min}$ принимало значения от 3.0 до 4.9 а.е. с шагом, равным 0.1 а.е., а e_0 равнялось 0.02 или 0.15. В каждом варианте расчетов рассматривалось 250 планетезималей, но для одних и тех же значений $a_{\min}$, d_a и e_0 проводилось несколько (до 8) вариантов расчетов. При $a_{\min}\leq 7.5$ а.е. значение вероятности столкновения с Землей для 250 тел в одном варианте могло варьироваться в сотни раз для разных вариантов расчетов с одинаковыми значениями $a_{\min}$, d_a и e_0 . Вероятность p_E столкновения одной планетезимали с Землей для различных вариантов расчетов могла варьироваться от значения, меньшего 10^{-6} , до значения порядка 10^{-3} . При $a_{\min}\geq 10$ а.е. значение p_E для различных вариантов расчетов варьировалось от значений порядка 10^{-7} до 5×10^{-6} . При $p_E=2\times 10^{-6}$ полагая общую массу планетезималей в зоне питания Юпитера и Сатурна, равной ста массам m_E Земли, получаем, что суммарная масса планетезималей, выпавших на Землю, равнялась $2\times 10^{-4}m_E$. Примерно такое же количество тел могло быть доставлено к Земле из зоны внешнего астероидного пояса и из-за орбиты Сатурна. Если льды составляли половину этой массы, то общая масса льдов, доставленных на Землю из-за линии льда, близка к массе земных океанов ($\sim 2\times 10^{-4}m_E$). Возможно, доля льдов в планетезималиях была немного меньше половины (например, была около 1/3). Оценки доли льда в кометах не превышают 33%. Однако ряд авторов полагает, что первичные планетезимали могли содержать больше льда, чем современные кометы.

Планетезимали, первоначально пересекавшие орбиту Юпитера, могли приходить к орбите Земли в основном в течение первого миллиона лет. Большинство выпадений на Землю тел, первоначально находившихся на расстоянии от 4 до 5 а.е. от Солнца, происходило в течение первых 10 млн лет. Времена до выпадений на Землю тел из зоны Урана и Нептуна могли превышать 20 млн лет. С расстояний от Солнца примерно от 3 до 3.5 а.е. отдельные тела могли выпадать на Землю и Луну через несколько миллиардов лет для модели, учитывающей только гравитационное влияние планет.

Отношение количества тел, сталкивающихся с Землей и Луной, варьировалось в основном от 20 до 40 для планетезималей из зоны питания планет земной группы. Для тел, пришедших с расстояний от Солнца, больших 3 а.е., это отношение было в основном в районе 16.4 и 17.4. Характерные скорости столкновений планетезималей из зоны питания планет земной группы с Луной варьировались от 8 до 16 км/с в зависимости от начальных расстояний планетезималей от Солнца и их эксцентриситетов. Скорости столкновений с Луной тел, пришедших из зон питания Юпитера и Сатурна, лежали в основном от 20 до 23 км/с. Характерные скорости столкновений планетезималей, первоначально находившихся на расстоянии от Солнца от 0.7 до 1.1 а.е., с зародышами Земли и Луны с массами, в 10 раз меньшими современных масс этих небесных объектов, находились в основном в диапазоне от 7 до 8 км/с для зародыша Земли и от 5 до 6 км/с для зародыша Луны. Для планетезималей, пришедших из более удаленных от орбиты Земли областей зоны питания планет земной группы, характерные скорости были от 9 до 11 км/с для столкновений с зародышем Земли, и от 7 до 10 км/с для столкновений с зародышем Луны.

COLLISIONS OF SMALL BODIES WITH FORMING EARTH AND MOON

S. I. Ipatov, M. Ya. Marov

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS, Moscow, Russia

siipatov@hotmail.com, marovmail@yandex.ru

The model of migration of planetesimals to the Earth from different distances from the Sun is studied. Calculations of the migration of planetesimals were carried out under the gravitational influence of planets. In each variant of the calculations, the initial values of the semi-major axes of orbits of planetesimals varied from $a_{\min}$ to $a_{\max}=a_{\min}+d_a$, the initial eccentricities were equal to e_0 , and the initial inclinations equaled to $e_0/2$ rad. In one of the series of calculations, $d_a=2.5$ AU, and $a_{\min}$ took values from 2.5 to 40 AU in increments of 2.5 AU. The initial eccentricities were equal to 0.05 or 0.3. In another series of calculations, $d_a=0.1$ AU, and $a_{\min}$ took values from 3.0 to 4.9 AU in increments of 0.1 AU. The initial eccentricities in this series of calculations equaled to 0.02 or 0.15. In each calculation variant, 250 planetesimals were considered, but for the same values of $a_{\min}$, d_a , and e_0 , several (up to 8) calculation variants were performed. At $a_{\min}\leq 7.5$ AU the probability of collisions with the Earth for 250 bodies in one run could vary hundreds of times for different calculation variants with the same values of $a_{\min}$, d_a and e_0 . The probability p_E of a collision of one planetesimal with the Earth for different calculation variants could vary from a value less than 10^{-6} to values of the order of 10^{-3} . With $a_{\min}\geq 10$ AU the value of p_E for different calculation variants varied from values of the order of 10^{-7} to 5×10^{-6} .

At $p_E=2\times 10^{-6}$, assuming the total mass of planetesimals in the feeding zone of Jupiter and Saturn to be equal to one hundred Earth masses, we obtain that the total mass of planetesimals that collided with the Earth was $2\times 10^{-4}m_E$ (where m_E is the mass of the Earth). Approximately the same number of bodies could be delivered to the Earth from the zone of the outer asteroid belt and from beyond the orbit of Saturn. If a half of this mass was made of ice, then the total mass of ice delivered to the Earth from beyond the ice line was about the mass of the Earth's oceans ($\sim 2\times 10^{-4}m_E$). Perhaps the fraction of ice in planetesimals was slightly less than a half. Estimates of the fraction of ice in comets do not exceed 33%. However, a number of authors believe that primary planetesimals may have contained more ice than present comets.

Planetesimals that originally crossed the orbit of Jupiter may have come to the Earth's orbit mostly within the first million years. Most of collisions with the Earth of bodies, originally located at a distance of 4 to 5 AU from the Sun, occurred during the first 10 million years. The times elapsed before the collisions of some bodies from the Uranus and Neptune zones with the Earth could exceed 20 million years. From distances from the Sun of about 3 to 3.5 AU, individual bodies could fall onto the Earth and the Moon in a few billion years for a model that takes into account only the gravitational influence of planets.

The ratio of the number of bodies colliding with the Earth and the Moon varied mainly from 20 to 40 for planetesimals from the feeding zone of the terrestrial planets. For bodies arriving from distances from the Sun greater than 3 AU, this ratio was mainly in the interval of 16.4 and 17.4. The characteristic velocities of collisions of planetesimals from the feeding zones of the terrestrial planets with the Moon varied from 8 to 16 km/s depending on the initial distances of planetesimals from the Sun and their eccentricities. The velocities of collisions with the Moon of bodies that came from the feeding zones of Jupiter and Saturn were mainly from 20 to 23 km/s. The characteristic velocities of collisions of planetesimals, originally located at a distance from the Sun from 0.7 to 1.1 AU, with the embryos of the Earth and the Moon with masses 10 times less than the present masses of these celestial objects, were mainly in the range from 7 to 8 km/s for the embryo of the Earth and from 5 to 6 km/s for the embryo of the Moon. For planetesimals coming from the regions

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
of the feeding zone of the terrestrial planets more distant from the Earth's orbit, the characteristic velocities were from 9 to 11 km/s for collisions with the embryo of the Earth, and from 7 to 10 km/s for collisions with the embryo of the Moon.

Studies of collisions of bodies with the Earth were carried out within the framework of the state assignment of the GEOKHI RAS No. 0137-2021-0004. Studies of collisions of bodies with the Moon were carried out with the support of the Russian Science Foundation grant No. 21-17-00120, <https://rscf.ru/project/21-17-00120/>.

НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ НА МЕТЕОРНОМ РАДАРЕ КФУ

Калабанов С.А.⁽¹⁾, Коротышкин Д.В.⁽¹⁾, Ишмуратов Р.А.⁽²⁾, Шерстюков О.Н.⁽¹⁾,
Валиуллин Ф.С.⁽¹⁾

⁽¹⁾Казанский Федеральный Университет, г. Казань, Россия

⁽²⁾Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия
kazansergei@mail.ru

В 2015 году на радиополигоне КФУ (56N, 49E) была развернута новая система Казанского Метеорного типа Skiymet. С этого времени постоянно проводится мониторинг метеорной активности. Производятся оценки параметров индивидуальных радиоотражений: угловые координаты, скорость метеора, время регистрации и т.д.

В работе будут представлены результаты обнаружения координат радиантов основных и малых метеорных потоков с помощью статистического метода «свертки», предложенного Morton и Jones в 1982 с учетом некоторых последующих доработок (в том числе использование оценок скорости метеоров для улучшения селективности).

Разработанные методики вычисления позволяют оценивать средневероятностную скорость метеора, изменение суточной численности метеоров, дрейф радианта. Полученные результаты подтверждают и уточняют данные о радиантах метеорных потоков других метеорных радаров типа Skiymet.

OBSERVATIONS OF METEOR SHOWERS ON THE METEOR RADAR OF KFU

S. A. Kalabanov¹, D. V. Korotyshkin¹, R. A. Ishmuratov², O. N. Sherstyukov¹, F. S. Faliullin¹

¹Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

²Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation
kazansergei@mail.ru

In 2015 a new Kazan Meteor system Skiymet-type was deployed at scientific area of Kazan University (56N, 49E). Since that time, meteor activity has been constantly monitored. The parameters of individual radio reflections are estimated: angular coordinates, meteor velocity, registration time, etc.

The paper will present the results of detecting the coordinates of the radiants of the main and minor meteor showers using the statistical convolution method proposed by Morton and Jones in 1982, taking into account some subsequent refinements (including the use of meteor velocity estimates to improve selectivity).

The developed methods make it possible to estimate the average probability of a meteor speed, the change in the daily number of meteors, and radiant drift. The results obtained confirm and clarify the data on the radiants of meteor showers of other meteor radars such as Skiymet.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОИДОВ ПО ОПТИЧЕСКИМ И АКУСТИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ

Карташова А. П.¹, Рыбнов Ю. С.², Попова О. П.², Глазачев Д. О.², Болгова Г. Т.¹, Ефремов В. В.²

¹ – Институт астрономии Российской академии наук, Москва, РФ

² – Институт динамики геосфер Российской академии наук, Москва, РФ

akartashova@inasan.ru

Метеорные частицы имеют размеры от 30 мкм до 1 м в диаметре [1]. Они практически недоступны прямым наблюдениям даже в самые мощные телескопы. Информацию о них можно получить лишь из наблюдений метеорных явлений и выпавшего вещества (метеоритах). Каждый способ регистрации метеорных явлений (визуальный, фотографический, радиолокационный и телевизионный наблюдения, регистрация ударов метеорных тел с помощью датчиков, установленных на геофизических ракетах, космических зондах и искусственных спутниках Земли и т.п.) имеет свои достоинства и недостатки. При взаимодействии метеорных частиц с атмосферой образуются оптические (собственно метеорные) и инфразвуковые излучения. Метеорные свойства (масса, размер, плотность и др.) оцениваются на основе различных данных наблюдений при различных допущениях. Детали взаимодействия метеороида с атмосферой малоизвестны, параметры метеорных частиц определяются с большой неопределенностью (что может вносить существенные ошибки в истинные значения этих параметров).

Использование данных полученных различными наблюдательными методами, может дать независимые оценки параметров (например, одного из важных параметров массы частиц) и определить влияния тех или иных эмпирических коэффициентов входящих в модели определения параметров метеорных частиц [2].

Поэтому для определения параметров мелких метеорных частиц и определения особенностей в методах наблюдений и их анализе, сотрудниками института астрономии РАН совместно с сотрудниками института динамики геосфер РАН были организованы комбинированные метеорные наблюдения [3]. Целью комбинированных наблюдений является снижение неопределенности в определении масс метеороидов и изучение формирования и распространения импульсов давления, которые формируются в результате взаимодействия метеороидов с атмосферой.

В результате одновременно (двумя методами) было зарегистрировано несколько десятков метеоров. Масса этих метеороидов оценивалась различными методами (как напрямую, по наблюдениям, так и с помощью построения модели для оценки массы метеорных тел малой массы). В результате были обнаружены значительные расхождения в оценках масс метеорных частиц. Представлены методы определения параметров метеорных частиц и их оценки.

Литература:

1. Commission F1 of the IAU. Definitions of terms in meteor astronomy// URL: www.iau.org/static/science/scientific_bodies/commissions/f1/meteordefinitions_approved.pdf . Дата обращения 21.04.2021.
2. Ефремов В. В. и др. Особенности определения параметров мелких метеорных тел//VII Бредихинские чтения. 2021.
3. Карташова А. и др. Изучение метеорных явлений по комбинированным наблюдениям// Триггерные эффекты в геосистемах (Москва, 6–9 июня 2017 г.): материалы IV Всероссийской конференции с международным участием / Под ред. В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. с. 483-488.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
**DETERMINATION OF METEOROID PARAMETERS FROM OPTICAL AND
ACOUSTIC OBSERVATIONS**

Kartashova A.¹, Rybnov Yu.², Popova O.², Glazachev D.², Bolgova G.¹, Efremov V.²
¹—Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia
²— Sadovalsky Institute of Geosphere Dynamics RAS, Moscow, Russia
akartashova@inasan.ru

Meteor particles have sizes from 30 microns to 1 m in diameter [1]. They are almost inaccessible to direct observations, even in the most powerful telescopes. Information about them can be obtained only from observations of meteor events and fallen matter (meteorites). Each method of recording meteor events (visual, photographic, radar and television observations, registration of meteor impacts using sensors installed on geophysical rockets, space probes and artificial Earth satellites, etc.) has its advantages and disadvantages. When meteor particles interact with the atmosphere, optical (actually meteor) and infrasonic radiation is formed. Meteor properties (mass, size, density, etc.) are estimated based on different observational data under different assumptions. The details of the interaction of the meteoroid with the atmosphere are poorly known, and the parameters of meteor particles are determined with large uncertainty (which can make significant errors in the true values of these parameters).

The use of data obtained by various observational methods can give independent estimates of parameters (for example, one of the important parameters of the particle mass) and determine the effects of certain empirical coefficients included in the models for determining the parameters of meteor particles [2].

Therefore, to determine the parameters of small meteor particles and to determine the features in the methods of observations and their analysis, the staff of the Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, together with the staff of the Institute of Geosphere Dynamics of the Russian Academy of Sciences, organized combined meteor observations [3]. The purpose of combined observations is to reduce the uncertainty in determining the masses of meteoroids and to study the formation and propagation of pressure pulses that are formed as a result of the interaction of meteoroids with the atmosphere.

As a result, several dozen meteors were registered simultaneously (using two methods). The mass of these meteoroids was estimated by various methods (both directly, from observations, and by constructing a model for estimating the mass of low-mass meteoroids). In the results, significant discrepancies were found in the estimates of the masses of meteor particles. Methods for determining the parameters of meteor particles and their estimation are presented.

References:

1. Commission F1 of the IAU. Definitions of terms in meteor astronomy// URL: www.iau.org/static/science/scientific_bodies/commissions/f1/meteordefinitions_approved.pdf .
Дата обращения 21.04.2021.
2. Efremov V. et al. Aspects of small-size meteor particles parameters measurements//VII Bredikhin conference. 2021.
3. Kartashova A. et al. Study of meteor event by multi-technique observations // Trigger effects in geosystems (Moscow, 6-9 June 2017): proceedings of the IV All-Russian Conference with International Participation / Ed. by V. V. Adushkin, G. G. Kocharyan. pp. 483-488.

АСТЕРОИДНО-МЕТЕОРОИДНЫЙ КОМПЛЕКС АЛЬФА-ВИРГИНИД

Кохирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Джонмухаммад А.И.

Институт астрофизики Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан
Kokhirova2004@mail.ru

Метеороидный рой Виргинид порождает ряд метеорных потоков и субпотоков, наблюдаемых на Земле ежегодно в период с февраля по май. Родительская комета роя не установлена, но родственная связь между некоторыми потоками и астероидами, сближающимися с Землей, ранее уже была обнаружена, на основе чего сделано предположение о кометной природе этих астероидов. Мы провели новый поиск астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), принадлежащих астероидно-метеороидному комплексу Виргинид. По результатам вычисления эволюции орбит ряда АСЗ и определения теоретических параметров их родственных потоков выполнен поиск наблюдаемых активных потоков схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Оказалось, что предсказанные метеорные потоки, родственные с 15 АСЗ, были отождествлены с активными потоками, порождаемыми метеороидным роем Альфа-Виргиниды. Выявленная связь указывает на кометное происхождение астероидов, которые движутся в рое Виргинид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами крупной родительской кометы астероидно-метеороидного комплекса Виргинид.

THE ALPHA-VIRGINID ASTEROID-METEOROID COMPLEX

Kokhirova G.I., Babadzhanov P.B., Jonmuhammad A.I.

Institute of Astrophysics of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan
Kokhirova2004@mail.ru

The Virginid meteoroid stream produces a series of meteor showers and sub-showers active annually during February-May. A certain parent comet is not found but a related association of some showers with near-Earth asteroids was previously established and a cometary origin of these asteroids was suggested. We performed a new search for near-Earth asteroids (NEAs) belonging to the Virginid asteroid-meteoroid complex. On the base of calculation of orbital evolution of a sample of NEAs and determination of theoretical features of related showers a search for observable active showers close to theoretically predicted ones was carried out. As a result, predicted showers of 15 NEAs were identified with the showers produced by the Virginid meteoroid stream. Revealed association points to a cometary nature of NEAs that are moving within the stream and may be considered as extinct fragments of a larger comet-progenitor of the Virginid asteroid-meteoroid complex.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМЕТЫ C/2019 Y4 (АТЛАС) ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ТАДЖИКИСТАНЕ И ИНДИИ

Кохирова Г.И.¹, Иванова О.В.^{2,3,4}, Рахматуллаева Ф.Дж¹, Борисенко С.А.³, Агнихотри В.К.⁵,
Буриев А.М.¹

¹Институт астрофизики Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

²Институт астрономии Академии наук Словакии, Татранска Ломника, Словацкая Республика

³Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев, Украина

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
⁴Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им.Т. Шевченко,
Киев, Украина

⁵Цефеид обсерватория, Равабхата Виа Кота, Радж, Индия
firuzakhon.co@mail.ru

С целью исследования долгопериодической кометы C/2019 Y4 (Atlas) в Цефеид обсерватории Индии, Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) и Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики НАНТ в марте-апреле 2020 г. проведены квазисинхронные наблюдения кометы. В конце марта 2020 г. произошла фрагментация ядра кометы на несколько фрагментов. Показано снижение видимого и абсолютного блеска основного фрагмента кометы в фильтрах VRI, что подтверждает распад ядра, произошедший в этот период. Оценка скорости разлета фрагментов составляет несколько м/с, при таких скоростях дезинтеграция ядра может быть обусловлена мощным выбросом газов, что привело к разрушению механических связей конгломератов ядра кометы. Определены координаты кометы, вычислена орбита и показано, что распад ядра не повлиял на стабильность орбиты основного компонента ядра кометы.

INVESTIGATION OF COMET C/2019 Y4 (ATLAS) FROM OBSERVATIONS IN TAJIKISTAN AND INDIA

Kokhirova G.I.¹, Ivanova O.V.^{2,3,4}, Rakhmatullaeva F.Dzh.¹, Borysenko S.A.³,
Agnihotri V.K.⁵, Buriev A.M.¹

¹Institute of Astrophysics of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

²Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Tatranská Lomnica, Slovak Republic

³Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁴Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

⁵Cepheid Observatory India, Rawatbhata Via Kota, Raj, India
firuzakhon.co@mail.ru

To study the long-period comet C/2019Y4 (Atlas) its quasi-synchronous observations were carried out at the Cepheid Observatory of India, the Sanglokh International Astronomical Observatory and the Gissar Astronomical Observatory of the Institute of Astrophysics of the National Academy of Science of Tajikistan in March-April 2020. At the end of March the decay of the comet's nucleus into several fragments was occurred. It is shown the decreasing of the apparent and absolute brightness of the main component of comet in VRI bands that confirms the nucleus disintegration detected at this period. The estimate of the speed of the fragments scattering is several m/s, at such speeds the disintegration of the nucleus can be caused by a powerful ejection of gases, which led to the destruction of the mechanical links of the conglomerates of the cometary nucleus. The coordinates of the comet were determined, the orbit was calculated, and it was shown that the decay of the nucleus did not affect the stability of the orbit of the comet's main fragment.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТЫ P/2019 LD2 В ОБСЕРВАТОРИИ САНГЛОХ

Кохирова Г.И.¹, Рахматуллаева Ф.Дж.¹, Борисенко С.А.²

¹Институт астрофизики Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе,
Таджикистан

²Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев, Украина
rahmat.firuz@gmail.com

Короткопериодическая комета P/2019 LD2 (Атлас) открыта в июне 2019 г. Первоначально объект был классифицирован как троянский астероид, но позже был включен в группу комет

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» семейства Юпитера. Происхождение объекта доподлинно не установлено и поэтому исследование кометы продолжает представлять особый научный интерес. В августе 2020 г. проведены оптические наблюдения кометы в Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) Института астрофизики НАНТ. Определен видимый и абсолютный блеск кометы в фильтре R, оценены параметр пылепроизводительности и верхний предел радиуса ядра. Показано распределение яркости вдоль хвоста и выявлена структура пылевого хвоста. Фотометрические данные указывают, что в период мониторинга комета находилась в состоянии нормальной кометной активности, связанной главным образом, с недавним прохождением перигелия.

OBSERVATIONS RESULTS OF COMET P/2019 LD2 IN THE SANGLOKH OBSERVATORY

Kokhirova G.I.¹, Rakhmatullaeva F.Dzh.¹, Borysenko S.A.²,

¹Institute of Astrophysics of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

²Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
rahmat.firuza@gmail.com

A short-period comet P/2019 LD2 (Atlas) was discovered in June 2019. The object was originally classified as a Trojan asteroid, but later included in the Jupiter family of comets. The origin of the object has not been established for certain and therefore the study of the comet continues to be of particular scientific interest. The optical observations of the comet were carried out in August 2020 at the Sanglokh International Astronomical Observatory (IAOS) of the Institute of Astrophysics of the National Academy of Sciences of Tajikistan. The apparent and absolute brightness of the comet in the R filter is determined, the dust production parameter and the upper limit of the radius of the nucleus are estimated. The distribution of brightness along the tail is shown and the structure of the dust tail is revealed. Photometric data indicate that during the monitoring period, the comet was in a state of normal cometary activity, associated mainly with the recent passage of perihelion.

АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ОРБИТЫ

Кузнецов В. Б.

Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия
vb.kuznetsov@iaaras.ru

В докладе предлагаются к рассмотрению два новых метода определения предварительной параболической орбиты. Первый метод основан на системах алгебраических уравнений и использует три наблюдения. Второй является модификацией геометрического метода Коши–Курышева–Перова и базируется на четырёх наблюдениях. Оба метода сводятся к системам уравнений относительно двух безразмерных переменных, решение которых ищется в виде минимумов целевой функции. Для чего предлагается эффективный алгоритм, основанный на поиске по симплексу методом Нелдера–Мида. В качестве примеров приведены результаты определения орбит комет 153P/Ikeya–Zhang и C/2020 F8 (SWAN).

ALGEBRAIC AND GEOMETRIC METHODS FOR DETERMINATION A PARABOLIC ORBIT

Kuznetsov V. B.

Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
vb.kuznetsov@iaaras.ru

Two new methods of determination preliminary parabolic orbit has been developed. The first method is based on a systems of algebraic equations and it use three observations. The second one is modification of geometric method of Cauchy–Kuryshv–Perov and it use four observations. Both methods are described by systems of equations for two dimensionless variables. The solutions are finding as minimums of goal function by simplex. The effective algorithm by method of Nelder–Mead is used. The methods are illustrated by examples of comet 153P/Ikeya–Zhang and C/2020 F8 (SWAN) orbits determination.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПАР ТРАНСНЕПТУНОВЫХ ОБЪЕКТОВ НА БЛИЗКИХ ОРБИТАХ

Кузнецов Э.Д., Аль-Шиблави О.М., Гусев В.Д., Устинов Д.С.
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
eduard.kuznetsov@urfu.ru

Исследование динамической эволюции малых тел, движущихся по близким орбитам, позволяет изучать процессы, приводящие к дроблению и распаду этих тел. Среди возможных причин формирования пар и групп объектов с близкими орбитами: кратерирование и дробление родительского тела, а также каскадный распад родительского тела. Механизм формирования пары может сопровождаться формированием двойной системы, которая распадается в последующем. Наибольшее количество пар и групп объектов на близких орбитах обнаружено в главном поясе астероидов.

Среди транснептуновых объектов (ТНО) первая пара объектов, возможно, имеющих общее происхождение 2000 FC8 – 2000 GX146, была анонсирована в 2002 г. Позднее было обнаружено еще 6 пар объектов. В настоящей работе для поиска пар ТНО на близких орбитах использовались метрики Холшевникова ρ_2 и ρ_5 . Метрика ρ_2 определена в 5-мерном пространстве кеплеровых орбит (не учитывается положение на орбите). Метрика ρ_5 определена в 3-мерном фактор-пространстве позиционных элементов (большая полуось a , эксцентриситет e , наклон i) как минимальное значение ρ_2 при всех возможных положениях узлов и перигелиев орбит.

Необходимым условием, чтобы пара была молодой, является условие близости плоскостей орбит (линии узлов почти совпадают) при схожей ориентации орбит (линии аписид близки), а следовательно, $\rho_2 \approx \rho_5$. Для поиска пар использовались каталоги элементов орбит Asteroids Dynamic Site – AstDys (<https://newton.spacedys.com/astdys/>) для нумерованных объектов и объектов, наблюдавшихся в нескольких оппозициях, на эпохи MJD 58400 (09.10.2018) и MJD 58800 (13.11.2019). Применялись следующие критерии отбора кандидатов в молодые пары ТНО: $\rho_2 < 0.07$ (а.е.)^{1/2}, $\rho_5 < 0.07$ (а.е.)^{1/2} и $\rho_2 - \rho_5 < 0.015$ (а.е.)^{1/2}. Учитывая, что пары могут образовываться в результате распада двойных или кратных систем, также отбирались пары, включающие двойные ТНО, при $\rho_2 < 0.12$ (а.е.)^{1/2} и пары, в которых оба ТНО двойные — $\rho_2 < 0.3$ (а.е.)^{1/2}.

В результате поиска пар динамически коррелированных транснептуновых объектов с большими полуосями орбит более 30 а.е. обнаружено 27 пар ТНО с метрикой $\rho_2 < 0.07$ (а.е.)^{1/2}, 22 пары, в которых один из ТНО является двойным ($\rho_2 < 0.12$ (а.е.)^{1/2}), и 11 пар двойных ТНО ($\rho_2 < 0.3$ (а.е.)^{1/2}).

Для исследования динамической эволюции и оценки возраста пар использовались результаты численного моделирования с помощью программы Orbit9, входящей в комплекс OrbFit. При моделировании учитывались возмущения от восьми больших планет и карликовой планеты Плутон. Интервал интегрирования составил 10 млн лет. Для оценки возраста пар выполнен поиск низкоскоростных сближений ТНО пары. Условия такого сближения: расстояние между ТНО порядка радиуса сферы Хилла, относительная скорость

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
ТНО порядка второй космической скорости относительно более массивного ТНО на расстоянии, равном относительному расстоянию между объектами.

На первом этапе, основываясь на номинальных орбитах, получены оценки моментов времени возможных сближений ТНО с целью ограничения интервала интегрирования для последующего моделирования с учетом ошибок определения элементов орбит.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема FEUZ-2020-0038.

DYNAMIC EVOLUTION OF PAIRS OF TRANS-NEPTUNIAN OBJECTS IN CLOSE ORBITS

Kuznetsov E.D., Al-Shiblawi O.M., Gusev V.D., Ustinov D.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

eduard.kuznetsov@urfu.ru

Studying the dynamic evolution of small bodies moving in close orbits makes it possible to study the processes leading to the fragmentation and disruption of these bodies, among the possible reasons for the formation of pairs and groups of objects with close orbits: cratering and fragmentation of the parent body and cascade disruption of the parent body. The pair formation mechanism can be accompanied by the formation of a binary system, which subsequently destructs. The main asteroid belt consists of the largest number of pairs and groups of objects in close orbits.

Among trans-Neptunian objects (TNOs), the first pair of objects, possibly having a common origin 2000 FC8 – 2000 GX146, was announced by Chiang in 2002. De la Fuente Marcos C. and de la Fuente Marcos R. discovered in 2018 six pairs of TNOs. In this work, to search for pairs of TNOs in close orbits, the Kholshchevnikov metrics ρ_2 and ρ_5 were used. The metric ρ_2 is defined in the 5-dimensional space of Keplerian orbits (the position on the orbit is not taken into account). The metric ρ_5 is defined in the 3-dimensional factor space of positional elements (semi-major axis a , eccentricity e , and inclination i) as the minimum value of ρ_2 for all possible values of the longitudes of the nodes and the arguments of the pericenters.

A necessary condition for the young pair is the proximity of the orbital planes (the node lines almost coincide) with a similar orientation of the orbits (the apses lines are close), and therefore $\rho_2 \approx \rho_5$. We used the catalogs of orbital elements Asteroids Dynamic Site – AstDyS (<https://newton.spacedys.com/astdys/>) for numbered objects and objects observed in several oppositions for the epochs MJD 58400 (09.10.2018) and MJD 58800 (13.11.2019) to search for pairs. The following selection criteria were used for the selection of candidates for young pairs of TNOs: $\rho_2 < 0.07 \text{ au}^{1/2}$, $\rho_5 < 0.07 \text{ au}^{1/2}$, and $\rho_2 - \rho_5 < 0.015 \text{ au}^{1/2}$. Taking into account that pairs can be formed as a result of the destruction of binary or multiple systems, pairs were also selected that included double TNOs at $\rho_2 < 0.12 \text{ au}^{1/2}$ and pairs in which both TNOs are double at $\rho_2 < 0.3 \text{ au}^{1/2}$.

As a result of the search for pairs of dynamically correlated trans-Neptunian objects with semi-major axes of more than 30 au. 27 pairs of TNOs with metric $\rho_2 < 0.07 \text{ au}^{1/2}$, 22 pairs in which one of the TNOs is double ($\rho_2 < 0.12 \text{ au}^{1/2}$), and 11 pairs of double TNOs ($\rho_2 < 0.3 \text{ au}^{1/2}$).

We used Orbit9 software to study the dynamic evolution and estimate the age of pairs. The simulation took into account disturbances from eight major planets and the dwarf planet Pluto. The integration interval was 10 million years. We searched for low relative-velocity encounters of the TNOs to estimate the age of the pairs. The conditions for such an approach are as follow. The distance between the TNO is of the order of the radius of the Hill sphere. The relative velocity of the TNO is of the order of the escape velocity relative to the more massive TNO at a distance equal to the relative distance between the objects.

At the first stage, the times of possible encounters of the TNO were estimated based on the nominal orbits to limit the integration interval for subsequent modeling, taking into account the errors in determining the orbital elements.

НЕГРАВИТАЦИОННОЕ УСКОРЕНИЕ В ДВИЖЕНИИ КОМЕТЫ 323P

Медведев Ю.Д., Павлов С.Р.

Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия

medvedev@iaaras.ru

Космической обсерваторией SOHO обнаружены околосолнечные кометы с перигелийными расстояниями $q \approx 0.05$ а.е., которые наблюдались в течение нескольких проходов вблизи Солнца. Интерес к этим кометам велик, поскольку их наблюдения не позволяют дать однозначного ответа об их кометной природе. В данной работе мы исследовали динамику кометы 323P. Комета имеет небольшое значение MOID относительно Земли (0.022 а.е.) и Юпитера (0.22 а.е.). Комета наблюдалась в шести появлениях. В первых пяти появлениях имеются наблюдения с аппарата SOHO, имеющие невысокую астрометрическую точность, в 2021 г. удалось получить наблюдения кометы на телескопе CFHT, обсерватории Маун-Кеа. На изображениях SOHO нет явной комы или хвоста, но кривая блеска свидетельствует о возможном наличии невидимой комы. Равновесные температуры во время этих наблюдений SOHO превышают 1000 К, поэтому неясно, имеет ли место сублимация летучих льдов, как у типичной кометы, или это неактивный объект, который теряет материал в результате сублимации тугоплавких материалов. В наземных наблюдениях, проведенных на расстоянии 0.3 – 0.6 а.е. объект выглядит точечным.

По всем имеющимся наблюдениям проведено улучшение кометы. Определена величина трансверсальной составляющей негравитационного ускорения, которая оказалась равной $A_2 = 0.002 \cdot 10^{-8}$ а.е./сут.². Произведена оценка изменения негравитационного ускорения со временем. Вычисления показали, что с течением времени величина A_2 увеличивается. Предположительным объяснением этому может служить уменьшение размеров объекта 323P с сохранением интенсивности выброса вещества с поверхности кометы в окрестности перигелия.

NON-GRAVITATIONAL ACCELERATION IN THE MOTION OF COMET 323P

Medvedev Yu. D., Pavlov S. R.

Institute of Applied Astronomy RAS, St. Petersburg, Russia

medvedev@iaaras.ru

Subsiding comets with perihelion distances $q \approx 0.05$ AU, which remained observable during several passages near the Sun, has been discovered by the SOHO space observatory. Interest in these comets is great, since their observations do not allow us to give an unambiguous answer about their cometary nature. In this work we investigated the dynamics of the comet 323P. The comet has a small value of Earth MOID (0.022 AU) and Jupiter MOID (0.22 AU). Observations in first appearances have been produced with SOHO and have low astrometry accuracy. Observations in the last appearance (2021) have been obtained with CFHT telescope in Maun Kea observatory. There is no obvious coma or tail in SOHO images, but the lightcurve indicates the possible presence of invisible coma. Equilibrium temperatures during SOHO observations exceed 1000 K, so it is unclear if 323P is active due to sublimation of volatile ices like a typical comet or if it is an otherwise inactive object that is losing material through processes such as sublimation of refractory materials. For ground based observations carried out at distances of 0.3 - 0.6 AU the object looked like a point.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

The comet was improved using all available observations. The determined value of the transverse component of the non-gravitational acceleration was $A_2 = 0.002 \cdot 10^{-8} \text{ au/day}^2$. We estimated the change of the non-gravitational acceleration with time and determined that the value of A_2 increases with time. It can be explained by a decrease in the size of 323P while maintaining the intensity of the ejection of matter in the vicinity of the perihelion.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОИДНОГО РИСКА МЕТОДОМ ШИРОКОУГОЛЬНОГО ПЗС-МОНИТОРИНГА МЕТЕОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Муртазов А.К.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань, Россия

a.murtazov@365.rsu.edu.ru

Одним из методов исследования метеороидной опасности является оптический мониторинг опасных метеороидов методами метеорной астрономии, позволяющий получить усредненные данные о содержании и распределении их в метеорных потоках.

Приведены характеристики системы широкоугольного ПЗС-мониторинга ярких (опасных) метеоров.

Представлены результаты расчета метеороидного риска в околоземном пространстве для наиболее активных потоков (Квадрантиды, эта-Акварииды, Персеиды, Геминиды) за последние более чем 10 лет.

Они показывают, что количество соударений опасных метеороидов с телами в околоземном пространстве невелико, однако величина индивидуального метеороидного риска достаточно близка к значению предельного допустимого риска. Соответственно, метеороидная опасность в околоземном пространстве требует постоянного учета.

Обсуждается вопрос о проведении совместного оптического мониторинга ярких метеоров и вспышек на Луне, результаты которого позволят уточнить параметры распределения опасных метеороидов в околоземном пространстве, точнее оценить их содержание в потоках и повысить значимость результатов.

METEOROID RISK INVESTIGATION USING THE WIDE-ANGLE CCD MONITORING OF METEOR EVENTS

Murtazov A.K.

Ryazan State University named for S. Yesenin, Ryazan, Russia

a.murtazov@365.rsu.edu.ru

One of the meteoroid danger research methods is the optical monitoring of dangerous meteoroids using the meteor astronomy methods, which makes it possible to obtain the data on their number and distribution in meteor streams.

The characteristics of the wide-field CCD system for monitoring bright (dangerous) meteors are described.

Herein, the results of calculating the meteor risk in the near-Earth space for the most active streams (Quadrantids, eta-Aquariids, Geminids, Perseids) over the past ten plus years are presented.

They show that the number of collisions between dangerous meteoroids and bodies in the near-Earth space is not big, but the individual meteoroid risk is sufficiently close to the maximum allowable risk. Consequently, the meteoroid danger in the near-Earth space requires permanent control.

The question of joint optical monitoring of bright meteors and impact flashes on the Moon, which would make it possible to specify the parameters of dangerous meteoroid distribution in the near-Earth space, to more precisely assess their number in the streams and raise the significance of the results is under discussion now.

1. Beech M., Brown P., Jones J., Webster A.R. The danger to satellites from meteor storm. *Advances in Space Research*//1997. Vol. 20. P. 1509-1512.
2. Bodrova I.V., Murtazov A.K. Meteoroid risk in near-Earth space//*Aerospace Instrument-Making*. 2020. Vol. 6. P. 14-21.
3. Cooke W. J., Moser D. E., Moorhead A. V. Spacecraft risk posed by the 2016 Perseid outburst: International conference Meteoroids-2016. - Noordwijk, the Netherlands.
4. Dikarev V., Gruen E., Baggaley J. et al. The new ESA meteoroid model//*Advances in Space Research*. 2005. Vol. 35. P. 1282–1289.
5. Drolshagen G., Dikarev V., Landgraf M., Krag H., Kuiper W. Comparison of Meteoroid Flux Models for Near Earth Space. In: Trigo-Rodriguez J.M., Rietmeijer F.J.M., Llorca J., Janches D. (Eds.), *Advances in Meteoroid and Meteor Science*. Springer, 2008, pp. 191-197.
6. Foschini L. The meteoroid hazard for space navigation: Second National Meeting of Planetary Sciences. - Italy. 1998. 12 p.
7. Gruen E., Srama R., Horanyi M., Kruger H. Comparative Analysis of the ESA and NASA Interplanetary Meteoroid Environment Models. In: *Proceedings of the 6th European Conference on Space Debris*, Ed. L. Ouwehand. ESA SP-723. — 2013.
8. Kurenkov V.I., Lukashov L.G., Yumashev L.P. Assessing of meteor-technogenic dangerous for space vehicle flight. – Samara, 70 p.
9. Lobanov A. B., Pavlichenko E. A. Risk Factor for Spacecraft due to Meteoroid Substance Damage Effect in the Near-Earth Space//*Cosmic Research*, 2000. Vol. 38, No. 6, P. 616–618.
10. McNamara H., et al. Meteoroid Engineering Model (MEM): A Meteoroid Model for the Inner Solar System//*Earth, Moon, and Planets*, 2004. Vol.95. P.123–139.
11. Mironov V.V., Murtazov A. K. Model of meteoroid risk in near-Earth space//*Cosmic Research*. 2015. Vol. 53. P. 430-436.
12. Mironov V.V., Tolkach M.A. Models of meteoroid environment in near-Earth space and determination of the meteoroid flux density//*The Space Engineering and Technology magazine*. 2017, n 2, P. 49-62.
13. Murtazov A.K. System of circumterrestrial space contamination optical monitoring//*Ecological systems and devices*. 2009. n 1. P. 28-32.
14. Murtazov A.K. Natural circumterrestrial space contamination as the ecological factor//*Ecological systems and devices*. 2011. n 8. P. 8-13.
15. Murtazov A.K. Arrangement of integrated meteor TV-observations at the Ryazan state university astronomical observatory//*Bulletin of Siberian State Aerospace University*. 2011. n 6(39). P. 109-112.
16. Murtazov A.K. Bright Perseids 2007-2013 and Artificial Earth Satellites Collision Risk Assessment//*WGN. The Journal of International Meteor Organization*. 2014. Vol. 42. P. 65-67.
17. Murtazov A. Assessing risk from dangerous meteoroids in main meteor showers. In: *Proceedings of the International Meteor Conference*. Mistelbach, Austria. 2015. P. 155-156.
18. Murtazov A. Analysis of meteoroid risk in circumterrestrial space: European Planetary Science Congress 2017. 17–22 September 2017. Riga, Latvia. EPSC Abstracts. Vol. 11.
19. Murtazov A.K. Assessing the meteoroid risk in near earth space//*Open Astronomy*. 2018. Vol. 27. P. 144–149.
20. Murtazov A.K. *Physics of the Earth. Space effects on the geosystems*. Moscow, Publishing URAIT. 2019, 268 p.
21. Wiegert P., Vaubaillon J. The Sporadic Meteoroid Complex and Spacecraft Risk//*Proceedings of the 9th International Conference “Protection of Materials and Structured from Space Environment”* / Ed. by J.I. Kleiman. American Institute of Physics. 2009. P. 567-571.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
**СПЕКТРЫ ИЗБРАННЫХ ХОНДРИТОВ
В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ**

Муртазов А.К.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань, Россия

a.murtazov@365.rsu.edu.ru

В работе представлены спектры хондритов *Ozerki* и *Sierra Gorda 008*, а также спектры вулканической лавы, полученные в лабораторных экспериментах в видимой области спектра. Проведено их сравнение с данными по спектрам астероидов S-типа и каменных метеоритов. Сравнение показывает, что спектры каменных астероидов и метеоритов весьма близки к спектрам земных базальтовых пород в видимой области.

Литература

22. Cloutis E.A., Gaffey M.J., Moslow T.F. Spectral reflectance properties of Carbon-Bearing materials // *Icarus*. 1994. Vol. 107. P. 276-287.
23. Cloutis E.A., et al., Spectral reflectance properties of carbonaceous chondrites: 1. CI chondrites. // *Icarus*. 2011. Vol. 212. P. 180–209.
24. Efimov A.V., Kartashova A.P., Murtazov A.K. Visual spectrum of chondrite L6 Ozerki // *Meteoritics&Planetary Science*. 2019. Vol. 54, S2. P. A100.
25. Hiroi T., et al. Modeling of S-type asteroid spectra using primitive achondrites and iron meteorites // *Icarus*. 1993. Vol. 102. P. 107-116.
26. Johnson T. V., Fanale F. P. Optical properties of carbonaceous chondrites and their relationship to asteroids // *Journal of Geophysical research*. Vol. 78. P. 8507-8518.
27. Murtazov A.K. Physical simulation of asteroid and artificial Earth satellite surface optical properties // *Astronomical and Astrophysical Transactions*. 2016. Vol. 29. P. 519-528.
28. Муртазов А.К., Ефимов А.В. Сравнение спектров базальтов со спектрами каменных астероидов и метеоритов // *Экологический вестник научных центров ЧЭС*. – 2017. № 4, вып. 2. – С. 117-123. Murtazov A. K., Efimov A. V.
29. Murtazov A.K. Measuring of Some Basalts Spectra with the Comparison of the Metal Meteorite Spectrum // *Meteoritics&Planetary Science*. 2018. Vol. 53. P. A 218.
30. Trigo-Rodriguez J.M., et al. UV to far-IR reflectance spectra of carbonaceous chondrites. I. Implications for remote characterization of dark primitive asteroids targeted by sample-return missions // *MNRAS*. 2013. Vol. 437. P. 227-240.
31. Vernazza P., et al. Compositional differences between meteorites and near-Earth asteroids // *Nature*. 2008. Vol. 454. P. 858-860.

VISUAL SPECTRA OF SOME CHONDRITES

Murtazov A.K.

Ryazan State University named for S. Yesenin, Ryazan, Russia

The work describes the *Ozerki* and *Sierra Gorda 008* chondrite spectra as well as the volcanic lava spectra obtained in visible light in laboratory experiments.

They have been compared to the data on S-type asteroids' and stone meteorites' spectra. The comparison shows that the stone asteroid and meteorite spectra are sufficiently close to the terrestrial basalt spectra in visible light.

References

1. Cloutis E.A., Gaffey M.J., Moslow T.F. Spectral reflectance properties of Carbon-Bearing materials // *Icarus*. 1994. Vol. 107. P. 276-287.
2. Cloutis E.A., et al., Spectral reflectance properties of carbonaceous chondrites: 1. CI chondrites. // *Icarus*. 2011. Vol. 212. P. 180–209.

- Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
3. Efimov A.V., Kartashova A.P., Murtazov A.K. Visual spectrum of chondrite L6 Ozerki // *Meteoritics&Planetary Science*. 2019. Vol. 54, S2. P. A100.
 4. Hiroi T., et al. Modeling of S-type asteroid spectra using primitive achondrites and iron meteorites // *Icarus*. 1993. Vol. 102. P. 107-116.
 5. Johnson T. V., Fanale F. P. Optical properties of carbonaceous chondrites and their relationship to asteroids // *Journal of Geophysical research*. Vol. 78. P. 8507-8518.
 6. Murtazov A.K. Physical simulation of asteroid and artificial Earth satellite surface optical properties // *Astronomical and Astrophysical Transactions*. 2016. Vol. 29. P. 519-528.
 7. Murtazov A. K., Efimov A. V. Comparison of the basalt spectra with the spectra of stony asteroids and meteorites // *Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation*. 2017. Vol. 4. P. 117-123.
 8. Murtazov A.K. Measuring of Some Basalts Spectra with the Comparison of the Metal Meteorite Spectrum // *Meteoritics&Planetary Science*. 2018. Vol. 53. P. A 218.
 9. Trigo-Rodriguez J.M., et al. UV to far-IR reflectance spectra of carbonaceous chondrites. I. Implications for remote characterization of dark primitive asteroids targeted by sample-return missions // *MNRAS*. 2013. Vol. 437. P. 227-240.
 10. Vernazza P., et al. Compositional differences between meteorites and near-Earth asteroids // *Nature*. 2008. Vol. 454. P. 858-860.

УДАРНЫЙ ПЕРЕПЛАВ МЕТЕОРИТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

Муфтахетдинова Р.Ф., Гроховский В.И., Яковлев Г.А.
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
gizrozka91@bk.ru

Человечество уже вплотную приблизилось к освоению ресурсов космического пространства. Луна в силу своей близости к Земле стоит первой в очереди из объектов Солнечной системы на добычу и переработку минерального сырья. Однако, Луна помимо источника ресурсов может выступать в качестве идеального объекта для демонстрации результатов высокоскоростных ударов в Солнечной системе [1].

Широкие лабораторные исследования частиц лунного грунта, доставленных автоматическими межпланетными станциями «Луна» и космическими кораблями программы «Аполлон», дали структурные подтверждения ударного изменения вещества [2]. Прежде всего речь идет о вызванных ударами нагреве, переплаве, кристаллизации, пластической деформации и термообработке. Характерными признаками процессов кристаллизации в многокомпонентной системе является наличие дендритов, эвтектик, ликвационных градиентов. Среди исследованных металлических образцов такая структура наблюдается в образцах 20045-544 и 2004-016. Металлическая частица 2004-016 грушевидной формы весом 276,4мг, доставленная АМС «Луна-20» из материкового района, на сегодняшний день является самым крупным образцом лунного металла, доставленным с поверхности Луны. Строение этих частиц изучалось методами оптической и растровой электронной микроскопии с приставками EDS и EBSD.

Химический состав частиц 20045-544 и 2004-016 подобен составу железных метеоритов, однако общее содержание серы и фосфора в образцах превышает в сумме 5%. Этот факт объясняется особенностью разрушения метеоритов в земной атмосфере, когда траектории магистральных трещин при фрагментации проходят по более хрупким фосфидам и сульфидам, которые затем выгорают при абляции, и мы наблюдаем пониженное содержание Р и S в упавших железных метеоритах. При ударе о поверхность Луны и ударном переплаве крупных метеоритов несгоревшие фосфиды и сульфиды повышают содержание Р и S в металлических частицах лунного грунта. В работе [3] повышение содержания Р в металле лунного грунта связывают с обогащением их при восстановлении KREEP-базальтов. Предлагаемый нами механизм представляется более простым и приемлемым.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

Известно, что энергии удара любого метеоритного тела достаточно для того, чтобы перевести в парообразное или жидкое состояние как материал мишени, так и материал снаряда [4]. Структура образца 2004-016 отвечает всем признакам структуры кристаллизации, а сам образец является наиболее типичным результатом природного эксперимента по плавлению в высоком вакууме и кристаллизации сплава Fe-Ni-Co-P-S в условиях пониженной силы тяжести. Наиболее вероятно, что расплав образовался при ударе о лунную поверхность железного метеорита. Скорость остывания образца, оцененная по размерам зерен феррита, составляет около 0,1 °C/с. Установлено также, что несмотря на наличие усадочных явлений, микропористость в образце не наблюдается, что свидетельствует об отсутствии растворенных газов в природном расплаве, образовавшемся при падении метеорита на Луну.

Литература:

1. Катастрофические воздействия космических тел. / Под ред. В.В. Адушкина и И.В. Немчинова. Институт динамики геосфер РАН. М.: ИКИЦ «Академкнига», 2005. 310с.
2. Blau P.J. and Goldstein J.I.. Investigation and simulation of metallic spherules from lunar soils // *Gieochimica et Cosmochimica Acta*. 1975. S9. P. 305-324.
3. Palme, H., et al. Can Metal Segregation Remove Siderophiles from Lunar Impact Melts? // *Lunar and Planetary Science Conference*. 1982.13. P. 609-610.
4. Axon H.J. and Goldstein J.I.. Temperature-time relationships from Lunar two phase metallic particles (14310, 14163, 14003) // *Earth and Planetary Science Letters*. 1972. 16. P. 439–447.

SHOCK MELTING OF METEORITES ON THE SURFACE OF THE MOON

Muftakhetdinova R.F., Grokhovsky V.I., Yakovlev G.A.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
gizrozka91@bk.ru

Humanity has already come close to utilizing the resources of outer space. The Moon, due to its proximity to the Earth, is the first in the queue of objects in the Solar System for the extraction and processing of mineral raw materials. However, the Moon, in addition to being a source of resources, can serve as an ideal object for demonstrating the results of high-speed impacts in the Solar System [1].

Extensive laboratory studies of lunar soil particles delivered to the Earth by the robotic spacecraft missions "Luna" and the spacecraft of the Apollo program confirmed the impact nature of the observed features such as shock-induced heating, remelting, crystallization, plastic deformation and heat treatment [2]. The presence of dendrites, eutectics, and liquation gradients could serve as the characteristic features of crystallization processes in a multicomponent system as well. Both 20045-544 and 2004-016 particles contain such texture. The pear-shaped metal particle 2004-016, weighing 276.4 mg, delivered by the Luna-20 from the highland region, is by far the largest sample of lunar metal delivered from the lunar surface. The structure of these particles was studied by optical microscope and scanning electron microscope equipped with EDS and EBSD units.

The chemical composition of the 20045-544 and 2004-016 particles is similar to that of iron meteorites, but the total content of sulfur and phosphorus in the samples exceeds 5% in total. This fact is explained by the peculiarity of the destruction of meteorites in the Earth's atmosphere, when the trajectories of the main cracks during fragmentation pass through more brittle phosphides and sulfides, which then burn out during ablation, and one can observe a reduced content of P and S in the iron meteorites. Upon impact with the lunar surface and the impact remelting of large meteorites, unburned phosphides and sulfides increase the content of P and S in the metallic particles of the lunar soil S in comparison with terrestrial iron meteorites. In [3], an increase in the P content in the lunar soil metal is associated with processes during crystallization of KREEP basalts. The proposed mechanism in this work seems simpler and more acceptable.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

It is known that the impact energy of any meteorite is sufficient to transform both the target material and the projectile material to a vaporous or liquid state [4]. The structure of the sample 2004-016 meets all the features of the crystallization structure, and the sample itself is the most typical result of melting in high vacuum and crystallization of the Fe-Ni-Co-P-S alloy under conditions of reduced gravity. It is most likely that the melt was formed when an iron meteorite struck the lunar surface. The cooling rate of the sample, estimated from the size of the ferrite grains, is about 0.1°C/s . It was also found that despite the presence of shrinkage phenomena, microporosity in the sample is not observed, which indicates the absence of dissolved gases in the natural melt formed when the meteorite fell on the Moon.

References:

1. Catastrophic effects of cosmic bodies / Ed. V.V. Adushkin and I.V. Nemchinov. Institute of Dynamics of Geospheres RAS. M.: ICC "Akademkniga", 2005. P.310.
2. Blau P.J. and Goldstein J.I. Investigation and simulation of metallic spherules from lunar soils // *Gieochimica et Cosmochimica Acta*. 1975. S9. P. 305-324.
3. Palme, H., et al. Can Metal Segregation Remove Siderophiles from Lunar Impact Melts? // *Lunar and Planetary Science Conference*. 1982.13. P. 609-610.
4. Axon H.J. and Goldstein J.I.. Temperature-time relationships from Lunar two phase metallic particles (14310, 14163, 14003) // *Earth and Planetary Science Letters*. 1972. 16. P. 439–447.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМ МЕТЕОРИТНЫХ КРАТЕРОВ

Перов Н. И.^{1,2}, Скотников В. А.²

¹ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В.В. Терешковой»

^{1,2}ЯГПУ им. К.Д. Ушинского,

Ярославль, Россия

perov@yarplaneta.ru

Как известно, десятки тысяч кратеров обнаружены на поверхности многих тел Солнечной системы [1, 2]. Они могут иметь вулканическое происхождение или ударное.

Проведены статистические исследования 3819 марсианских кратеров (к 1990 г.), более 300 кратеров на Фобосе, определено соотношение глубина/диаметр на ледяных спутниках планет-гигантов, проведен морфологический анализ кратерированности лунной поверхности. Рассмотрим аналитические модели форм метеоритных кратеров.

Метеориты, падая на поверхность Земли, Луны, планет и спутников, образуют различные по размерам и сложные по форме воронки. При этом происходит частичное или полное распыление вещества метеоритов. В ряде случаев единственным следом, оставленным метеоритом, оказывается воронка, образованная при его падении, верхнюю границу которой только приближенно можно принимать за окружность. Поскольку простые кратеры геометрически подобны на всех ледяных спутниках и подобны простым кратерам на планетах земной группы, то особый интерес вызывает моделирование форм кратеров уравнениями различных поверхностей и кривых. Анализ профилей кратеров позволяет сделать вывод о возможности их аналитического представления в виде полиномов шестой – восьмой степени [2].

Ниже рассматривается случай представления профиля воронки кратера в виде полинома восьмой степени.

Предполагая, что ось абсцисс лежит в плоскости математического горизонта и ей соответствует координата ξ , а ось ординат $\Phi(\xi)$ связана с глубиной воронки, составим многочлен для аппроксимации профиля воронки

$$A_8\xi^8 + A_7\xi^7 + A_6\xi^6 + A_5\xi^5 + A_4\xi^4 + A_3\xi^3 + A_2\xi^2 + A_1\xi + A_0 = \Phi(\xi). \quad (1)$$

Коэффициенты $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ нетрудно найти по экспериментальным данным с помощью метода наименьших квадратов и стандартных подпрограмм, а значимость уравнения регрессии (1) оценить с использованием критерия Фишера - Снедекора (F).

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

Ниже приводится пример применения формулы (1) при исследовании воронки, предположительно метеоритного происхождения, находящейся в 14 км от поселка Красный Бор Кологривского района Костромской области [2].

Форму вала метеоритного кратера предлагается аппроксимировать улиткой Паскаля (2)

$$\rho = a \cdot \cos(\varphi) + 1, \quad (2)$$

(в полярных координатах, где a и 1 являются константами, а угол φ изменяется от 0 до 2π).

В прямоугольных координатах, с учётом переноса начала координат на x_0 и y_0 и поворота осей на угол φ_0 имеем

$$\{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 - a \cdot [(x-x_0) \cdot \cos(\varphi_0) + (y-y_0) \cdot \sin(\varphi_0)]\}^2 - l^2 \cdot [(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2] = 0. \quad (3)$$

Здесь x_0 , y_0 , φ_0 , a , l – постоянные величины, определяемые по методу наименьших квадратов.

При измерении ($n=11$) одного из профилей воронки [2], в произвольно выбранной системе прямоугольных координат, были получены следующие результаты.

При использовании полинома 8-й степени (1) после решения системы девяти уравнений, – вытекающих из (5), с применением метода МНК – с девятью неизвестными $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$ для искомых величин определили следующие значения: $A_8=0.00005733083$, $A_7=0.0006675635$, $A_6=0.000313080$; $A_5=-0.01940368$; $A_4=-0.0477893$; $A_3=0.1493218$; $A_2=0.5484906$; $A_1=-0.158839$; $A_0=-1.3494988$; $F_{\text{выч.}}=40.391631$; $F_{0.05;8,2}=19.37$. Так как $F_{\text{выч.}} > F_{0.05;8,2}$, то уравнение регрессии вида (1) значимо на уровне 0.05. При этом сумма квадратов отклонений модельной величины $\Phi_m(\xi)$ от измеренной величины $\Phi(\xi)$ составляет 0.0249575, что почти в сорок раз меньше по сравнению с использованием полинома 4-й степени. Но при этом появляются качественные отклонения от измеренного профиля воронки (на отдельных участках кривой (1)).

После решения системы пяти уравнений, – вытекающих из (3), с применением метода МНК – с пятью неизвестными $x_0, y_0, \varphi_0, a, l$ для искомых величин определили следующие значения: $x_0=0.1301$, $y_0=-0.9495$, $\varphi_0=1.256$ рад, $a=0.762036$, $l=1.61602$. $F_{\text{выч.}}=99.817$; $F_{0.05;4,13}=3.18$. Так как $F_{\text{выч.}} > F_{0.05;4,13}$, то уравнение регрессии вида (3) значимо (в данном примере) на уровне 0.05. При этом сумма квадратов отклонений модельной величины $y_{\text{мод.}}$ (при $\min=0$ – использования уравнения (3)) от измеренной величины $y_{\text{изм.}}$ составляет 0.9525, что почти в 15 раз меньше по сравнению с использованием параметра $\sum (y_{\text{мод.}} - y_{\text{изм.}})^2 = \min = 15.665 \neq 0$.

Формулы (1) и (3) дополняют арсенал математических методов обработки результатов измерений ударных кратеров на телах Солнечной системы.

Литература

1. Места падений известных науке метеоритов. // SIGNS OF THE TIMES: website. 2020. URL: https://www.sott.net/image/s6/132156/full/Map_meteors.png (дата обращения: 17.02.2020)
2. Астрономические исследования: Межвузовский сборник научных трудов. Ярославль: ЯГПУ, 1996. 159 с.

MODELLING OF THE METEORITIC CRATERS FORMS

^{1,2}Perov N.I., ²Scotnikov V.A.

¹ State Autonomous of Cultural and Education Organization Named after V.V. Tereshkova

^{1,2} State Pedagogical University Named after K.D. Ushinskii

Yaroslavl, Russia

perov@yarplaneta.ru

The functions – of eight power polynomic and snails of Pascal – which is not traditionally present forms of meteoritic craters have get good results according to Fisher criterion and partial regression

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
coefficient. The polynomials of degrees 4 and 8 are suggested to approximate the crater's elevation profile (Fig.1) and the form of the swell (Fig.2).

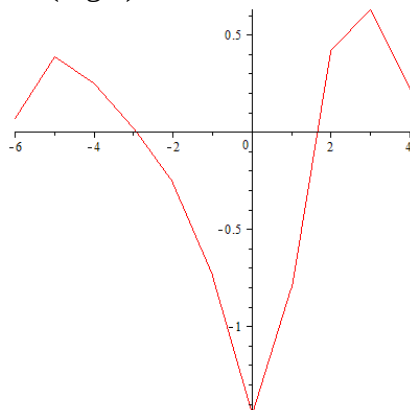


Fig.1. An elevation profile of the «Krasnyi Bor» crater [2] (measurements)

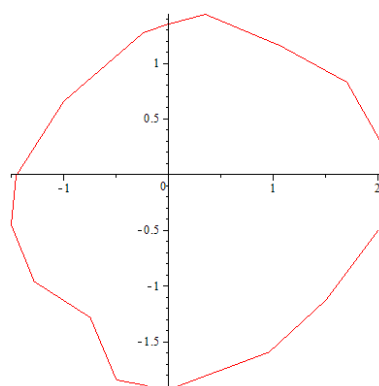


Fig. 2. Form of the swell of the «Krasnyi Bor» crater [2] (measurements).

ЗАМОЧНЫЕ СКВАЖИНЫ ДЛЯ ОПАСНЫХ ТЕЛ И ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТЫ

Перов Н.И.^{1,2}

¹ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой»,

²ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, г. Ярославль, Россия.

perov@yarplaneta.ru

Если первоначальная параболическая комета, с перигелийным расстоянием $r_p=3$ а.е., подходит к планете-гиганту, а затем с планетоцентрической гиперболической орбиты, после выхода кометы из сферы действия планеты, комета переходит на гелиоцентрическую эллиптическую орбиту и пересекает орбиту Земли, то для соответствующих «замочных скважин» для планет, в рамках плоской круговой ограниченной задачи трех тел, получены следующие значения

Юпитер: $-8.7271 \text{ рад} < \varphi < -8.72323 \text{ рад}$ [1].

Сатурн: $-2.6241 \text{ рад} < \varphi < -2.62287 \text{ рад}$.

Уран: $-0.187999 \text{ рад} < \varphi < -0.1879975 \text{ рад}$.

Нептун: $+0.37763 \text{ рад} < \varphi < +0.3779115 \text{ рад}$.

Здесь φ - угол между осью Ох (направленной от Солнца в направлении противоположном направлению на перигелий кометы) и начальным положением планеты-гиганта. Начальные значения координат и скоростей кометного ядра: $x_0=34.000000000000000000000000$ а.е. (единиц длины), $y_0=21.0713075057054776968028$ а.е. (единиц длины), $(dx/dv)_0 = -0.21505813167606566929323$ (единица длины/рад), $(dy/dv)_0 = -0.0612372435695794524549320$ (единица длины/рад). v – истинная аномалия Земли. При этих значениях углов φ малое тело пересекает орбиту Земли. Заметим, что в середине указанных интервалов «замочных скважин» (в данной небесномеханической модели движения) астероиды подходят к Солнцу ближе, чем Меркурий (с осями апсид «совпадающими» с осью Оу), а для приведенных значений φ оси апсид эллиптических орбит образуют с осью Оу углы $\sim \pm 30^\circ$.

Литература

1. Perov N.I. A role of Jupiter in the process of the terrestrial type planets bombarding by the Solar system peripherals small bodies. / Conf. "Accretion: Building New Worlds". August 15–18, 2017. Lunar and Planetary Institute, Houston, Texas. USA. #2006. <http://www.hou.usra.edu/meetings/accretion2017>

KEY HOLES FOR HAZARDOUS BODIES AND THE GIANT PLANETS

In the frame of the planar circular restricted 3 body problem (the Sun – a giant planet – the small body) the vector differential equation of the small body motion is

$$d^2\mathbf{r}/dt^2 = -Gm_S\mathbf{r}/r^3 - Gm_p(\mathbf{r}-\mathbf{r}_p)/|\mathbf{r}-\mathbf{r}_p|^3 \quad (1)$$

Here, $\mathbf{r}$ and $\mathbf{r}_p$ are the heliocentric radii - vectors of the small body and the planet, G is gravitational constant, m_S and m_p are mass of the Sun and planet correspondingly. t is the Newtonian time.

Using the system of the units in which the semi major axis of the Earth's orbit $a_E=1$ AU, $m_S=1$, $G=1$ and independent variable is the true anomaly of the Earth (v_E), which is measured from axis of abscissas. The equation of (1) may be presented in the form

$$d^2\mathbf{r}/dt^2 = -\mathbf{r}/r^3 - m'_p(\mathbf{r}-\mathbf{r}_p)/|\mathbf{r}-\mathbf{r}_p|^3 \quad (2)$$

where m'_p is m_p/m_S .

Let's denote by letter φ an angle between the x-axis and the initial position of the planet. At this angle the small body must cross the orbit of a terrestrial type planet (and the Earth). Let $r_{(p-c)min}$ is a minimal distance between the planet and the small body, $r_{(S-c)min}$ is a minimal distance between the Sun and the small body.

The initial conditions of the small body moving along the heliocentric parabolic orbit (that is unperturbed only in initial moment of time) are following $x_0=34.000000000000000000000000$ (units of length), $y_0=21.0713075057054776968028$ (units of length), $(dx/dv)_0 = -0.21505813167606566929323$ (units of length/(units of time)), $(dy/dv)_0 = -0.0612372435695794524549320$ (units of length / (units of time)). In the Table 1 the results of integrating of the equation (2) are presented.

Table 1

Key holes for the giant-planets (small bodies after passing near the planets cross the Earth's orbit)

Jupiter: $-8.7271 \text{ rad} < \varphi < -8.72323 \text{ rad}$ [1].
 Saturn: $-2.6241 \text{ rad} < \varphi < -2.62287 \text{ rad}$.
 Uranus: $-0.187999 \text{ rad} < \varphi < -0.1879975 \text{ rad}$.
 Neptune: $+0.37763 \text{ rad} < \varphi < +0.3779115 \text{ rad}$.

So, the corresponding "key holes" for the considered small bodies which must cross the orbits of the terrestrial type planets, after approaching Jupiter, are equal approximately 0.004 rad ($-8.7271 \text{ рад} < \varphi < -8.72323 \text{ рад}$), that is in comparison with the angular diameter of Jupiter (0.0018 rad for the Earth's observer). For the extremal cases, the elliptical orbits of the bodies (initially moving along the parabolic orbit) are symmetrical in respect of the axis of ordinates (Fig.1., Fig.2 and Fig. 3). The perturbed bodies with mass that in dozens time less than mass of the Moon are also transfer of the small bodies to the region of terrestrial type planets, but the corresponding "key holes" are less in thousands times [1].

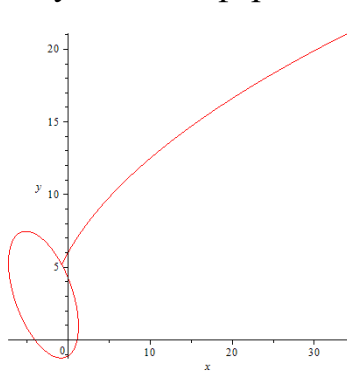


Fig. 1.

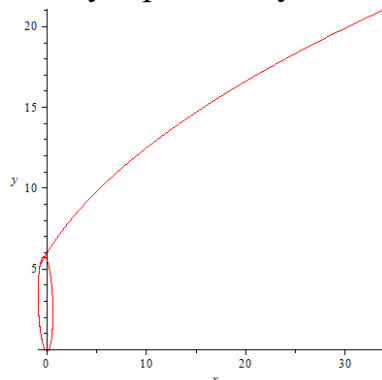


Fig. 2.

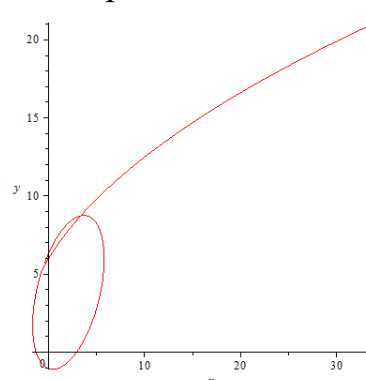


Fig. 3.

Fig. 1. A heliocentric trajectory of the small body. $0 < v_E < 200$ rad. $\varphi' = -8.72323$ rad. $r_{(\text{Sun-c})\min} = 0.9639$ AU, $v_E = 191.04$ rad. Minimal distance between Jupiter and the small body equals $0.00014 \text{ AU} < R_J$, $v_E = 123.9538005$ rad.

Fig. 2. Transitions of the small bodies from the heliocentric parabolic orbits into a jovocentric trajectory and in a heliocentric elliptical orbit (after approaching Jupiter). $\varphi' = -8.7247523821$ rad. $i = 0^\circ$. $r_{(J-c)\min} = 0.004999$ AU, $0 < v_E < 200$ rad. Radius of Jupiter equals $R_J = 0.00047789444440$ AU. $r_{(\text{Sun-c})\min} = 0.095$ AU, $v_E = 133.45$ rad.

Fig. 3. A heliocentric trajectory of the small body. $0 < v_E < 200$ rad. $\varphi' = -8.7271$ rad. $r_{(\text{Sun-c})\min} = 0.98545$ AU, $v_E = 132.825$ rad. Minimal distance between Jupiter and the small body equals $0.01631 \text{ AU} > R_J$, $v_E = 123.9538005$ rad.

СТРУКТУРА КОРЫ ПЛАВЛЕНИЯ ХОНДРИТА ЧЕЛЯБИНСК

Петрова Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,

Екатеринбург, Россия

evgeniya.petrova@urfu.ru

В процессе пролета в атмосфере Земли на поверхности метеоритов формируется кора плавления. Она представляет собой несколько слоев измененного вещества метеорита: черная корка на поверхности и термически измененное приповерхностное вещество.

В данной работе рассматриваются результаты исследований коры плавления метеорита Челябинск методами оптический, электронной микроскопии, мессбауэровской спектроскопии и рентгеновской дифракции. Также приводится сравнение коры плавления, сформированной при пролете в атмосфере, и коры плавления, созданной на поверхности образца хондрита Челябинск со светлой литологией в результате воздействия плазмы.

Определено, что проведенное экспериментальное моделирование позволяет создать условия образования коры плавления. Структура экспериментально полученной коры имеет сходство с природной корой плавления хондрита Челябинск.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Проекты FEUZ-2020-0059, FEUZ-2020-0060).

STRUCTURE OF THE FUSION CRUST OF THE CHELYABINSK CHONDRITE

Petrova E.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

evgeniya.petrova@urfu.ru

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

A fusion crust is forming by the Earth's atmosphere on the surface of meteorites during their fall. It includes several layers of altered meteorite matter: a black crust on the surface and thermally altered near-surface material.

This report discusses the results of studies of the fusion crust of the Chelyabinsk meteorite by optical, electron microscopy, Mössbauer spectroscopy, and X-ray diffraction. In addition, a comparison of the fusion crust formed during the fall in the atmosphere and the fusion crust formed on the surface of the Chelyabinsk chondrite sample with light lithology as a result of plasma exposure is presented.

It was determined that the experimental modeling allows creating conditions for the formation of a fusion crust. The structure of the experimentally obtained crust resembles the natural fusion crust of the Chelyabinsk chondrite.

The reported study was funded by the Ministry of Science and Higher Education (Projects FEUZ-2020-0059, FEUZ-2020-0060).

НЕДАВНО ОБРАЗОВАВШИЕСЯ УДАРНЫЕ КРАТЕРЫ И КЛАСТЕРЫ НА МАРСЕ

Е. Подобная, О. Попова, Д. Глазачев
Институт Динамики Геосфер РАН, Москва, РФ
epodobnaya@gmail.com

В течение последних лет на Марсе было обнаружено около 700 недавно образовавшихся мест падения метеороидов [1-3], приведших к образованию одиночных кратеров и кратерных полей, с размерами кратеров от 1 до 50 м. Благодаря более разреженной (по сравнению с Землей) атмосфере Марса, падающие метеороиды меньше разрушаются. Тем не менее, около 50% метеороидов фрагментируют в Марсианской атмосфере и образуют кратерные поля. При сравнении с земными болидами можно предположить, что в 40-50% случаев аналогичные объекты привели бы к образованию кратерных полей на Марсе. Исследование кратеров на Марсе позволяет изучать детали фрагментации, которые не могут быть обнаружены в земных условиях.

В работе рассматриваются эллипсы рассеяния, построенные различными методами для кратерных кластеров на Марсе. По построенным эллипсам рассеяния находились азимут пролета метеороида и угол его входа в атмосферу [4]. Оценки, полученные различными методами, не всегда согласуются между собой. Найденные азимуты сравнивались с оценками азимутов, определенных по расположению выбросов вокруг кратеров. Использовались изображения кластеров на снимках, полученных проектом HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment). Такое сопоставление дает возможность скорректировать метод определения азимута.

Литература:

- [1] Malin, M. C., Edgett, K. S., Posiolova, L. V., McColley, S. M., Noe Dobrea, E. Z. Catalog of New Impact Sites on Mars Formed May 1999–March 2006. Malin Space Science Systems // Inc., San Diego, California. 2006.
- [2] Daubar I. J., McEwen A. S., Byrne S., Kennedy M. R., Ivanov B. The current Martian cratering rate // *Icarus*. 2013. V. 225. No. 1. P. 506-516.
- [3] Daubar I. J., Banks M. E., Schmerr N. C., Golombek M. P. Recently Formed Crater Clusters on Mars // *Journal of Geophysical Research: Planets*. 2019. V. 124. No. 4. P. 958-969.
- [4] Подобная Е. Д., Попова О. П., Глазачев Д. О. Эллипсы рассеяния для недавно образованных кластеров кратеров на Марсе. Динамические процессы в геосферах. Выпуск 12 // ИДГ РАН, Москва, 2020.

FRESH IMPACT CRATERS AND CLUSTERS ON MARS

E. Podobnaya, O. Popova, D. Glazachev

In recent years, about 700 fresh dated meteoroid impact sites have been discovered on Mars [1-3]. Meteoroid impacts resulted in the formation of single craters and crater fields, with crater sizes up to 50 m. Due to the more rarefied Mars atmosphere (in comparison with Earth) falling meteoroids are less destroyed. Nevertheless, near 50% of meteoroids are fragmented in the Martian atmosphere and are forming crater clusters. The comparison of Martian and terrestrial fireballs allows to suggest 40-50% of terrestrial meteoroids would lead to the formation of crater fields on Mars. The study of craters on Mars allows us to study the fragmentation details that cannot be detected in terrestrial conditions.

The scattering ellipses constructed by various methods for crater clusters on Mars are considered. According to the constructed scattering ellipses, the azimuth of the meteoroid trajectory and the entry angle are estimated [4]. Azimuth estimates obtained by different methods do not always agree with each other. Azimuth estimates are compared with the estimates determined from the crater ejecta. The images of the clusters obtained by the HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment) project were used. Such a comparison will permit to adjust the method the azimuth determination.

References:

- [1] Malin, M. C., Edgett, K. S., Posiolova, L. V., McColley, S. M., Noe Dobrea, E. Z. Catalog of New Impact Sites on Mars Formed May 1999–March 2006. Malin Space Science Systems // Inc., San Diego, California. 2006.
- [2] Daubar I. J., McEwen A. S., Byrne S., Kennedy M. R., Ivanov B. The current Martian cratering rate // *Icarus*. 2013. V. 225. No. 1. P. 506-516.
- [3] Daubar I. J., Banks M. E., Schmerr N. C., Golombek M. P. Recently Formed Crater Clusters on Mars // *Journal of Geophysical Research: Planets*. 2019. V. 124. No. 4. P. 958-969.
- [4] Podobnaya E. D., Popova O. P., Glazachev D. O. Scattering ellipses for recently formed crater clusters on Mars. Dynamic processes in geospheres. Issue 12 // IDG RAS, Moscow, 2020. In Russian.

КАЛЬКУЛЯТОР ЭФФЕКТОВ УДАРОВ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ. ИЗЛУЧЕНИЕ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ

Попова О.П., Светцов В.В., Шувалов В.В., Глазачев Д.О., Подобная Е.Д., Хазинс В.М.,
Артемяева Н.А.

Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского, Москва, Россия
olga_idg@rambler.ru

Излучение, возникающее при пролете космического объекта в атмосфере и при образовании плюма в кратерообразующих ударах, является одним из основных опасных последствий падений. Тепловое излучение может быть достаточно сильным, чтобы быть опасным для людей и инфраструктуры. Можно вспомнить, что в результате падения астероида размером 10–15 км, образовавшего кратер Чикскулуб, произошли глобальные лесные пожары, а знаменитое Тунгусское событие 1908 года, вызванное вхождением объекта диаметром около 50 м, вызвало лесной пожар в пределах области с радиусом 10–15 км.

Эффекты теплового излучения оценивать по данным о взрывах, но гораздо более точная оценка может быть получена с помощью специально разработанной модели. В рамках этой модели были проведены, чьи результаты использовались для получения упрощенных масштабных соотношений, которые позволяют определять поле излучения на поверхности и другие характеристики, основываясь только на параметрах ударника.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

Кроме того, удары космических тел вызывают сейсмические и ионосферные возмущения и другие эффекты. Аппроксимационные соотношения для этих эффектов включены в текущую версию калькулятора.

RADIATION AND SOME OTHER EFFECTS INCLUDED IN THE IMPACT EFFECTS CALCULATOR

O.P. Popova, V.V. Svetsov, V.V. Shuvalov, Glazachev D.O., Podobnaya E.D.,
Khazins V.M., Artemieva N.A.

Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics, Moscow, Russia

olga_idg@rambler.ru

Radiation produced due to the deceleration of a cosmic object in the atmosphere and due to an emission of a plume generated by crater-forming impacts is one of the main dangerous consequences of these impacts. The thermal radiation can be strong enough to be dangerous to people, to ignite fires and even to melt rocks.

It may be recalled that the Chixculub crater-forming impact of an asteroid 10–15 km in size generated global wildfires, and the famous 1908 Tunguska event, caused by the entry of an object about 50 m in diameter, generated a forest fire within a radius of 10–15 km.

The effects of the thermal radiation could be evaluated based both on the data on nuclear explosions and on a specially developed model. Serial calculations were carried out within the framework of this model. The results of these simulations were used to obtain simplified scaling relations, which allow to determine radiation field on the surface and other characteristics based only on the parameters of the impactor.

The impact of the cosmic object initiates shock waves (see accompanied presentation), seismic effects, crater formation and ionospheric disturbances. Scaling relations for these effects are included in the current version of the Impact effect calculator.

КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОЯВЛЕНИЯ АСТЕРОИДНО-КОМЕТНОЙ ОПАСНОСТИ

Савельев М.И.
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)
savelev-22@mail.ru

Проявление поражающих факторов астероидно-кометной опасности (АКО) вследствие воздушного взрыва метеороида и/или столкновения метеорита с Землей влечёт серьёзные последствия для населения и территорий. При планировании мероприятий по защите населения и территорий от АКО необходимо учитывать уязвимость населения и территорий, особенности проявления первичных и вторичных поражающих факторов, связанных с вторжением опасных небесных тел в околоземное пространство. В результате население и территории могут оказаться в зонах приемлемого или неприемлемого риска.

Реализацию мероприятий по снижению риска предлагается осуществить в контуре антикризисного управления силами и средствами МЧС России и РСЧС, успешность которых в значительной степени определяется функциональными возможностями системы космического мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

SPACE TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE CONSEQUENCES OF ASTEROID-COMET HAZARDS

Savelyev M. I.
Federal Center of Science and High Technologies VNII GOCHS

The manifestation of damaging factors of asteroid-comet danger (ACD) due to an air explosion of a meteoroid and/or a meteorite collision with the Earth entails serious consequences for the population and territories. When planning measures to protect the population and territories from ACD, it is necessary to take into account the vulnerability of the population and territories, the peculiarities of the manifestation of primary and secondary damaging factors associated with the intrusion of dangerous celestial bodies into near-Earth space. As a result, populations and territories may find themselves in areas of acceptable or unacceptable risk.

The implementation of measures to reduce the risk is proposed to be carried out in the anti-crisis management circuit of the forces and means of the EMERCOM of Russia and the RSChS, the success of which is largely determined by the functionality of the space monitoring system for natural and man-made emergencies.

ПОТЕНЦИАЛ МИССИИ WSO-UV ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОМЕТ

Сачков М.Е.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия
msachkov@inasan.ru

Данные наблюдений в ультрафиолетовых (УФ) длинах волн дают уникальные возможности изучения комет с использованием как визуализации, так и спектроскопии. Миссия World Space Observatory - Ultraviolet (WSO-UV), запуск которой запланирован на 2025 год, позволит преодолеть большинство проблем, связанных с ультрафиолетовыми исследованиями комет, и сможет стать важным исследовательским инструментом.

POTENTIAL OF WSO-UV MISSION FOR STUDY OF COMETS

Sachkov M.
Institute of astronomy RAS, Moscow, Russia
msachkov@inasan.ru

The observational data in ultraviolet (UV) wavelengths give a unique possibilities of comet study using both imaging and spectroscopy. The World Space Observatory - Ultraviolet (WSO-UV) mission, planned for launch in 2025, will allow most of the challenges to be overcome in the UV studies of comets and will be able to become an essential research tool.

ОЦЕНКИ ВОЗРАСТА МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ ЛИРИД И δ -КАНКРИД ПО ТЕЛЕВИЗИОННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ

Соколова М.Г., Усанин В.С.
Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия
smarina.63@mail.ru

В работе представлены материалы по изучению распределений элементов орбит метеороидов метеорных потоков Лирид и δ -Канкрид в зависимости от массы метеороидов. Используются телевизионные каталоги сети камер обзора CAMS v.2.0 и Global Meteor Network метеорных орбит метеоров в диапазоне абсолютных звездных величин метеоров от -2^m до $+3^m$.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

Наличие корреляции элементов орбит в зависимости от массы метеороидов позволяет оценить возраст метеорного потока на основе влияния на его структуру негравитационного эффекта Пойнтинга-Робертсона [1] по формулам [2]:

$$\Delta a = T_a \cdot K(2+3e_0^2) / a_0(1-e_0^2)^{3/2}$$

$$\Delta e = T_e \cdot 5Ke_0 / 2a_0^2(1-e_0^2)^{1/2}$$

где $K = 2.51 \cdot 10^{11} R^{-1} \rho^{-1}$, ρ и R – плотность и радиус метеороида,

$e_0, a_0, \Delta a, \Delta e$ – параметры орбит родительской кометы потока (или его средней орбиты) и орбит метеороидов.

Расчеты возраста потока T_a и T_e по двум формулам выполнены для различных значений плотностей метеороидов, основываясь на значениях плотности, соответствующих классификации химического состава астероидов.

Литература:

1. Robertson H.P. Dynamical effects of radiation in the solar system //MNAS. 1937. V. 97, 423.
2. Ловелл Б. Метеорная астрономия. М.: Физ-Мат. Наук. 1958. 488 с.

ESTIMATES OF THE AGE OF THE LYRID AND Δ -CANCRID METEOR SHOWERS BY TELEVISION OBSERVATIONS

Sokolova M.G., Usanin V. S.
Kazan Federal University, Kazan, Russia
smarina.63@mail.ru

The analysis of the distribution of semi-major axes and eccentricities of the orbits of meteoroids in depending on their masses was performed. The estimates of Lyrids and the δ -Cancrid's age were obtained. Television catalogs of meteor orbits of view camera networks the CAMS v.2 and Global Meteor Network orbits of meteors in the range of absolute stellar magnitudes of meteors from -2^m to $+3^m$.

The correlation of the elements of the orbits depending on the mass of the meteoroids allows us to estimate the age of the meteor shower based on the influence of the non-gravitational effect of the Poynting-Robertson on its structure [1] according to the formulas [2]:

$$\Delta a = T_a \cdot K(2+3e_0^2) / a_0(1-e_0^2)^{3/2}$$

$$\Delta e = T_e \cdot 5Ke_0 / 2a_0^2(1-e_0^2)^{1/2}$$

where $K = 2.51 \cdot 10^{11} R^{-1} \rho^{-1}$, ρ и R – density and radius of the meteoroid,

$e_0, a_0, \Delta a, \Delta e$ - parameters of the orbits of the parent comet of the stream (or its average orbit) and the orbits of meteoroids.

Calculations of the age of the T_a and T_e showers using two formulas are performed for different values of the meteoroid densities, based on the density values corresponding to the classification of the chemical composition of asteroids.

References:

1. Robertson H.P. Dynamical effects of radiation in the solar system //MNAS. 1937. V. 97, 423.
2. Lovell B. Meteor astronomy // M.: Phys. - Math. Sciences. 1958. 488 p.

ИГОРЬ СТАНИСЛАВОВИЧ АСТАПОВИЧ (К 45 ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ)

Терентьева А.К.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия
ater@inasan.ru

Астапович И. С. был основоположником метеорной астрономии в бывшем СССР. Основными областями его исследований были: проблема малых тел Солнечной системы (их

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» (эволюция и взаимосвязь), проблема метеорной опасности, метеорная астрономия, метеорная физика, метеорная геофизика и метеоритика. Доклад посвящен описанию его жизни и деятельности Астаповича и основан на публикации автора (Terentjeva, 2001).

Литература:

A. K. Terentjeva "Igor stanislavovich Astapovich (on the occasion of his 90th birthday)"// Astronomical & Astrophysical Transactions. 2001. 20:4. 701-716.

IGOR STANISLAVOVICH ASTAPOVICH (К 45 ЛЕТ СО ДНЯ СМЕРТИ)

Terentjeva A. K.

Institute of astronomy RAS, Moscow, Russia

ater@inasan.ru

Astapovich I. S. was the founder of meteor astronomy in the former of the USSR. His main fields of researches were: the problem of minor bodies of the Solar system (their evolution and interrelationship), the problem of meteor hazard, meteor astronomy, meteor physics, meteor geophysics, and meteoritics. This presentation about Astapovich's life and activity is based on the publication of the author (Terentjeva, 2001).

References:

A. K. Terentjeva "Igor stanislavovich Astapovich (on the occasion of his 90th birthday)"// Astronomical & Astrophysical Transactions. 2001. 20:4. 701-716.

К ВОПРОСУ О ТЕНДЕНЦИИ К ГРУППИРОВАНИЮ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Терентьева А.К., Болгова Г.Т.

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

ater@inasan.ru

Исследуя метеорные комплексы в Солнечной системе, И.С. Астапович (1941) обнаружил закономерность, присущую разным классам малых тел, от телескопических метеоров до гигантских метеоритов. Эта закономерность заключается в стремлении малых тел к группировке, которое тем больше, чем крупнее тела. Авторы показывают, как эта закономерность подтверждается современными исследованиями на всем диапазоне малых тел: от слабых метеоров до астероидов.

Литература:

Astapovich I. S. Some aspects of origin of meteor matter. Meteor matter in the Solar system// Astron. Zhurnal AN SSSR, 1941. 18, Issue 1, 58±72.

ON THE TENDENCY TO GROUPING IN THE SYSTEM OF MINOR BODIES

Terentjeva A. K., Bolgova G.T.

Institute of astronomy RAS, Moscow, Russia

ater@inasan.ru

Studying meteor complexes in the Solar System, I. S. Astapovich (1941) discovered a pattern inherent in different classes of small bodies, from telescopic meteors to giant meteorites. This pattern consists in the tendency of small bodies to group, which is the greater the larger the body. The authors show how this pattern is confirmed by modern research on the entire range of small bodies: from faint meteors to asteroids.

Reference:

ЭВОЛЮЦИЯ СОЛНЕЧНОГО КОМЕТНОГО КОПЬЯ

Тутуков А. В., Верещагин С. В., Сизова М. Д.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия
svvs@ya.ru

Рассмотрена эволюция облака комет, потерянных Солнечной системой. Кометы, покидающие родительскую звезду со скоростями в несколько километров в секунду, оказываются в межзвездном пространстве Галактики. Таким образом формируется облако, напоминающее по своим очертаниям копье. Этот процесс происходит и в окрестностях других звезд. Ведь образование звезд часто сопровождается возникновением околозвездных газово-пылевых дисков, эволюция которых ведет со временем к образованию экзопланет и планетных систем [1].

В составе облака оказываются не только ядра комет, но астероиды и планеты. Сформированные АКП (астероиды, кометы, планеты) копья Солнца, звезд и звездных скоплений расширяют границы планетных систем со временем на десятки кпк. Звезды, имеющие планетные системы, вскоре начинают сопровождаться АКП облаками в виде копий или даже колец, что зависит от возраста звезды. Эти объекты достаточно распространены в Галактике, поскольку около трети звезд обладают планетами [2].

Работа посвящена численному исследованию эволюции орбит

“свободных” АКП в Галактике, ведущей к их превращению в “кометные копья” Солнца, звезд, звездных скоплений. Постепенно они образуют хорошо населенный АКП компонент Галактики, составленный из “нитей” проэволюционировавших АКП облаков. В частности, для Солнечной системы это означает, что ее граница расширяется до нескольких кпк. Именно в них находятся межзвездные кометы, вопрос о которых впервые возник при рассмотрении взаимодействия планетного облака Оорта со звездами фона [3, 4]. Межзвездные объекты 2I/Борисова и 1I/Оумуамуа, обнаруженные недавно, представляют этот компонент Галактики [5, 6]. Кроме того, найдены межзвездные метеороиды с массой $\sim 10^{-4}$ г [7], которые также представляют существенную часть АКП компонента Галактики. Отметим также, что микролинзирование облегчает и делает реальным процесс регистрирования свободных планет Галактики, потерянных родительскими звездами [8].

Авторы признательны правительству Российской Федерации и Министерству высшего образования и науки РФ за поддержку по гранту 075-15-2020-780 (N13.1902.21.0039).

Литература:

1. Сафронов В. Г. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет // М., Наука, 1969.
2. Масевич А. Г., Тутуков А. В. Эволюция звезд: теория и наблюдения // М. Наука, 1988.
3. Faintich M. Interstellar gravitational perturbation a cometary orbit // PhDT, 2, 1971.
4. Correa-Otto J., Calandra M. Stability in the most external region of the Oort Cloud: evolution of the ejected comets // Monthly Not. Roy. Astron. Soc. 2019. 490, P. 2495.
5. Borisov G., Ionov I., Bryzgalov O. et al. Comet C/2013 n4 (Borisov) // Minor Planet Electronic Circ. 2013. No.2013-N51.
6. Hallatt T. and Weigert P. The Dynamics of Interstellar Asteroids and Comets within the Galaxy: An Assessment of Local Candidate Source Regions for 1I/Oumuamua and 2I/Borisov // Astron. J. 2020. 159. 4. id.147. P. 15.
7. Froncisz M., Brown P., Weryk R. J. Possible interstellar meteoroids detected by the Canadian Meteor Orbit Radar // Planet. Space Sci. 2020. 190, 104980.
8. Mróz P., Poleski R., Gould A., Udalski A., et al. A Terrestrial-mass Rogue Planet Candidate Detected in the Shortest-timescale Microlensing Event // Astrophys. J. Lett. 2020. 903, L11.

EVOLUTION OF THE SOLAR COMETARY SPEAR

A. V. Tutukov, S. V. Vereshchagin, M. D. Sizova

Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017 Russia

svvs@ya.ru

The evolution of a cloud of comets lost by the Solar system is considered. Comets leaving the parent star at speeds of several kilometers per second end up in the interstellar space of the Galaxy. Thus, a cloud resembling a spear is formed. This process also takes place in the vicinity of other stars. The formation of stars is often accompanied by the emergence of circumstellar gas-dust disks, the evolution of which leads over time to the formation of exoplanets and planetary systems [1].

The cloud includes not only cometary nuclei, but asteroids and planets. The spears of the Sun, stars and star clusters formed by the ACP (asteroids, comets, planets) expand the boundaries of planetary systems by tens of kpc over time. Stars with planetary systems soon begin to be accompanied by ACP clouds in the form of spears or even rings, depending on the age of the star. These objects are quite common in the Galaxy, since about a third of the stars have planets (Masevich and Tutukov [2]).

The work is devoted to the numerical study of the evolution of the orbits “free” ACP in the Galaxy, leading to their transformation into “cometary spears” of the Sun, stars, star clusters. Gradually, they form a well-populated ACP component of the Galaxy, composed of “filaments” of evolved ACP clouds. In particular, for the Solar system, this means that its boundary expands to several kpc. It is in them that interstellar comets are located, the question of which first arose when considering the interaction of the planetary Oort cloud with background stars [3, 4]. Recently discovered interstellar objects 2I / Borisov and 1 / I Oumuamua represent this component of the Galaxy [5, 6]. Note that interstellar meteoroids with a mass of $\sim 10^{-4}$ g were found [7], which also represent a significant part of the ACP of the Galactic component. Note also that microlensing facilitates and makes real the process of registering free planets of the Galaxy, lost by parent stars [8].

Authors acknowledge the support of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the grant 075-15-2020-780 (N13.1902.21.0039).

References:

1. Safronov V. G., Evolution of the Preplanetary Cloud and the Formation of the Earth and Planets // Nauka, Moscow, 1969 [in Russian].
2. Masevich A. G. and Tutukov A. V., Stellar Evolution: Theory and Observations // Nauka, Moscow, 1988 [in Russian].
3. Faintich M. Interstellar gravitational perturbation a cometary orbit // PhDT, 2, 1971.
4. Correa-Otto J., Calandra M. Stability in the most external region of the Oort Cloud: evolution of the ejected comets // Monthly Not. Roy. Astron. Soc. 2019. 490, P. 2495.
5. Borisov G., Ionov I., Bryzgalov O. et al. Comet C/2013 n4 (Borisov) // Minor Planet Electronic Circ. 2013. No.2013-N51.
6. Hallatt T. and Weigert P. The Dynamics of Interstellar Asteroids and Comets within the Galaxy: An Assessment of Local Candidate Source Regions for 1I/Oumuamua and 2I/Borisov // Astron. J. 2020. 159. 4. id.147. P. 15.
7. Froncisz M., Brown P., Weryk R. J. Possible interstellar meteoroids detected by the Canadian Meteor Orbit Radar // Planet. Space Sci. 2020. 190, 104980.
8. Mróz P. , Poleski R., Gould A., Udalski A., et al. A Terrestrial-mass Rogue Planet Candidate Detected in the Shortest-timescale Microlensing Event // Astrophys. J. Lett. 2020. 903, L11.

I. Chinnici
INAF - Palermo Astronomical Observatory, Italy
ileana.chinnici@inaf.it

In October 1871, some Italian astronomers established the first scientific society explicitly devoted to the application of spectroscopy in the astronomical field. They agreed on sharing a programme of spectroscopic observations of the solar limb, in order to monitor solar activity, compare their results, find connections between the photopheric and chromospheric features and study Sun-Earth interaction. The programme was later mostly abandoned, but the interests of the Society were extended to the circulation of the spectroscopic studies. The Memoirs of the Society are today considered the first astrophysical journal: in its pages, we find collections of articles on astronomical spectroscopy by all pioneers of astrophysics. They became an international journal that greatly contributed to overcome the resistance that the astrophysical research met in the traditional astronomical community. Bredikhin was a member of this Society. This means that he was recognized as an early astrophysicist and his studies were considered innovative in an international context. He was in correspondence with its President, Pietro Tacchini, and published some of his works in the Memorie. In this talk, we shall examine these aspects and, in general, Bredikhin's relationship with the Society.

В ПОИСКАХ ВОДЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ: ОТ КОМЕТ К МИРАМ С ОКЕАНАМИ

В. И. Шематович
Институт астрономии РАН, Москва, Россия
shematov@inasan.ru

Современные исследования планет и малых тел в Солнечной системе нацелены на поиски жидкой воды на поверхности или внутри небесных тел. В результате космических миссий во внешние области Солнечной системы были открыты так называемые миры с океанами - преимущественно спутники планет-гигантов, на которых существуют глобальные и/или локальные резервуары воды под ледяной поверхностью. Основной целью текущих исследований миров с океанами является задача - определить эти небесные тела с астробиологическим потенциалом, - охарактеризовать их океаны, оценить их обитаемость, поиск жизни и, в конечном счете, изучить любую жизнь, которая может быть найдена в этих потенциальных средах обитания. Важным направлением исследований является выявление взаимосвязи миров с океанами с другими группами малых тел в Солнечной системе, а именно, с кометами, астероидами, объектами пояса Койпера и облака Оорта. Более того, из наблюдений планетных систем у других звезд следует возможность существования миров с океанами или водных миров в таких экзопланетных системах.

Эта всеобъемлющая цель исследований, естественно, может быть подразделена на следующие основные цели: (1) определить, на каких небесных телах имеются океаны, и понять, как определить возможность присутствия на других небесных телах водного океана; (2) выявить характеристики и пути химического обмена между подледным океаном, ледяной поверхностью и газовой оболочкой исследуемого небесного тела [1,2]; (3) выявить и характеризовать потенциальную обитаемость океанов и понять, какая жизнь может присутствовать в этих океанах и как ее искать, а также изучить биологию ее возникновения.

Работа выполнена при поддержке Проекта № 075-15-2020-780 «Теоретические и экспериментальные исследования формирования и эволюции внесолнечных планетных систем и характеристик экзопланет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»

[1] Шематович В.И. Миры с океанами во внешних областях Солнечной системы (обзор)// Астрономический вестник. 2018. Т. 52. С. 379-390.

[2] Plainaki Ch., Cassidy T.C., Shematovich V.I., et al. Towards a global unified model of Europa's tenuous atmosphere// Space Sci. Rev. 2018. V. 214. P. 40-111.

SEARCHING WATER IN THE SOLAR SYSTEM: FROM COMETS TO OCEAN WORLDS

V.I. Shematovich

Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

shematov@inasan.ru

Modern studies of planets and small bodies in the Solar System are aimed at searching for liquid water on the surface or inside celestial bodies. As a result of space missions to the outer Solar System, the so-called ocean worlds have been discovered - mainly moons of giant planets, on which there are global and/or local reservoirs of water under the icy surface. The main goal of current research on ocean worlds is to identify these celestial bodies with astrobiological potential, characterize their oceans, assess their habitability, search for life, and ultimately study any life that can be found in these potential habitats. An important area of research is to identify the relationship of ocean worlds with other small bodies in the Solar System, namely, with comets, asteroids, the Kuiper belt and the Oort cloud objects. Moreover, observations of planetary systems around other stars suggest the possibility of existence of ocean or/and water worlds in such exoplanetary systems.

Obviously, this comprehensive research objective can be divided into the following main objectives: (1) to determine which celestial bodies have oceans and understand how to determine the possibility of the presence of a water ocean on the other celestial bodies; (2) to study characteristics and ways of chemical exchange between the subsurface ocean, the icy surface, and the gas envelope of the investigated celestial body [1,2]; (3) to identify and characterize the potential habitability of the oceans and to understand what kind of life can be found in these oceans and how to search for it as well as study the biology of its emergence.

The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (the grant no. 075-15-2020-780, "Theoretical and experimental studies of the formation and evolution of extrasolar planetary systems and characteristics of exoplanets").

[1] Shematovich V.I. Ocean Worlds in the Outer Regions of the Solar System (Review) // Solar System Research. 2018. V. 52. P. 371–381.

[2] Plainaki Ch., Cassidy T.C., Shematovich V.I., et al. Towards a global unified model of Europa's tenuous atmosphere // Space Sci. Rev. 2018. V. 214. P. 40-111.

О ЧАСТОТЕ СОБЫТИЙ СБЛИЖЕНИЙ ЗВЕЗД И ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ С СОЛНЦЕМ, МОГУЩИХ ВЫЗВАТЬ КОМЕТНЫЕ ЛИВНИ

Шустов Б.М.

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

bshustov@inasan.ru

Неизбежные сближения звезд и звездных скоплений с Солнечной системой до критических расстояний оказывали и будут оказывать существенное воздействие на динамику тел в облаке Оорта, вызывая, в частности, появление новых долгопериодических комет. Частоту таких появлений нужно учитывать, в частности, в анализе проблемы астероидно – кометной опасности. В данной работе на основе стохастического моделирования движений звезд и скоплений в окрестности Солнечной системы получена зависимость частоты сближений со звездами от прицельного расстояния. d_{min} . Для $d_{min} = 0.5, 1, 2$ пк частота сближений

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения» составляет 4, 16 и 64 событий за миллион лет соответственно. Для образования кометного ливня значение $dmin$ должно быть $< \sim 0.5$ пк. Сближения скоплений с Солнечной системой на $dmin = 10$ пк происходят с частотой несколько раз за миллиард лет.

О ПРИЧИНАХ РАЗЛИЧИЯ В ИНДЕКСЕ МАССЫ СПОРАДИЧЕСКИХ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ И МЕТЕОРОИДНЫХ ПОТОКОВ.

Б.М.Шустов¹, Р.В.Золотарев²

¹Институт астрономии РАН, Москва, Россия

²Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

bshustov@inasan.ru

Известно, что спектры масс метеорных тел, вызывающих явления спорадических метеоров, и тел в метеорных потоках, в дифференциальном виде близки $dN \propto N^{-s} dM$, причем индекс массы $s \sim 2$ в случае спорадических метеоров и $s < 2$ (1.5-1.75) для потоков. Мы рассмотрели причины такого различия. Показано, что значение индекса $s=2$ отражает случайный характер процесса образования потоков метеороидов, как в результате распада комет, так и при столкновениях более крупных тел (астероидов). Отклонение индекса от $s=2$ отражает влияние дальнейшей эволюции метеороидных потоков. С помощью численной модели динамики метеороидных потоков, образованных при распаде комет 2P/Encke (потоки семейства Таурид) и 96P/Machholz (поток Ариетиды), показано, что хотя изначально спектр масс частиц вылетающих их комет может иметь вид, описываемый значением $s=2$, зависимость действия негравитационных факторов от размеров частиц приводит к изменению спектра масс. В результате, в метеороидном потоке формируется распределение спектров масс: в центре потока значения s меньше чем на краю. на краю потока значение s может даже превышать 2. Таким образом, впервые на количественном уровне найдено решение проблемы различия индексов масс для спорадических метеоров и метеорных потоков.

ОТКРЫТИЕ КОМЕТЫ 2I/ BORISOV

Борисов Г. В.

АНЦ, ГАИШ, Крым, п. Научный
gborisov3@yandex.ru

В докладе посвященном теме открытия кометы 2I Borisov, помимо непосредственно открытия, рассматривается методика поиска околоземных астероидов и комет на малых телескопах. Рассказывается о частной обсерватории MARGO и ее техническом оснащении. Дается описание стратегии поиска объектов в предрассветной зоне, что особенно актуально для наблюдений небольшими телескопами, т.к. данная область редко наблюдается профессиональными телескопами больших обзорных проектов.

Результатом многолетней исследовательской, прежде всего любительской, работы является разработка целого класса новых оптических средств, которые получили непосредственное применение в решении практических и научных задач. Телескопы сравнительно скромных размеров (до 1 метра) на практике доказали свою эффективность. Состоялось открытие нескольких околоземных астероидов и 10 комет, одна из которых межзвездная 2I/Borisov.

Открытие межзвездной кометы вызвало всплеск научного и общественного интереса к изучению ближнего космоса. Таким образом, любительская астрономия способна внести весьма существенный вклад в исследование космического пространства.

Научная конференция с международным участием «VII Бредихинские чтения»
**О ВЛИЯНИИ КОЭФФИЦИЕНТА АБЛЯЦИИ НА МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С АТМОСФЕРОЙ МЕТЕОРОИДА ИЛИ ЕГО ФРАГМЕНТОВ**

Егорова Л.А., Брыкина И.Г.
Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
egorova@imec.msu.ru

Процессы торможения, потери массы под действием интенсивного нагрева и энерговыделения метеороидов в атмосфере описываются дифференциальными уравнениями метеорной физики. Параметр абляции, равный отношению коэффициента теплопередачи к эффективной энтальпии уноса массы, является основным параметром в этих уравнениях. Поэтому задание коэффициента теплопередачи имеет определяющее значение при моделировании взаимодействия метеорных тел с атмосферой.

В работе рассматривается взаимодействие с атмосферой метеороида или его фрагментов, движущихся как единое тело. Масса, скорость метеороида, угол наклона его траектории к горизонту, а также выделение энергии вдоль траектории находятся путем численного решения системы уравнений метеорной физики (уравнение движения тела переменной массы, уравнение уноса массы и уравнения, описывающие траекторию). Для коэффициента радиационной теплопередачи используется корреляционное соотношение в зависимости от скорости тела, его радиуса и плотности атмосферы, являющееся аппроксимацией доступных из литературы численных расчетов, а также постоянное его значение, принятое в литературе; учитывается также конвективная теплопередача. Существует неопределенность в результатах расчетов радиационного теплового потока вследствие наличия ряда неучтенных и неизвестных факторов, поэтому в выражение для коэффициента теплопередачи введен параметр неопределенности. Путем варьирования этого параметра исследуется влияние неточности задания коэффициента абляции на скорость метеороида, унос массы, выделение энергии вдоль траектории и на саму траекторию.

**ON INFLUENCE OF THE ABLATION COEFFICIENT ON MODELING THE
INTERACTION OF METEOROID OR ITS FRAGMENTS WITH THE ATMOSPHERE**

Egorova L.A., Brykina I.G.
Institute of mechanics of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
egorova@imec.msu.ru

Processes of deceleration, mass loss due to intense heating and energy deposition of meteoroids in the atmosphere are described by the meteor physics differential equations. The ablation parameter equal to ratio of the heat transfer coefficient to the effective enthalpy of mass loss is the governing parameter in these equations. Therefore, setting the heat transfer coefficient is of great importance when modeling the interaction of meteor bodies with the atmosphere.

The interaction with the atmosphere of a meteoroid or its fragments, moving as a single body, is under consideration. The mass and velocity of the meteoroid, the angle of inclination of its trajectory to the horizon, as well as the energy deposition along the trajectory are found by numerically solving the system of equations of meteor physics. For the radiative heat transfer coefficient, the correlation is used depending on the body velocity, nose radius and atmospheric density, which is an approximation of the numerical calculations available from the literature, as well as its constant value accepted in the literature; convective heat transfer is also taken into account. There is uncertainty in the results of calculations of the radiative heat flux because some factors are not taken into account or unknown, so the uncertainty parameter is introduced in the formula for the heat transfer coefficient. By varying this parameter, the influence of inaccuracy of setting the ablation coefficient on the meteoroid velocity, mass loss, energy deposition along the trajectory and on the trajectory, is investigated.

