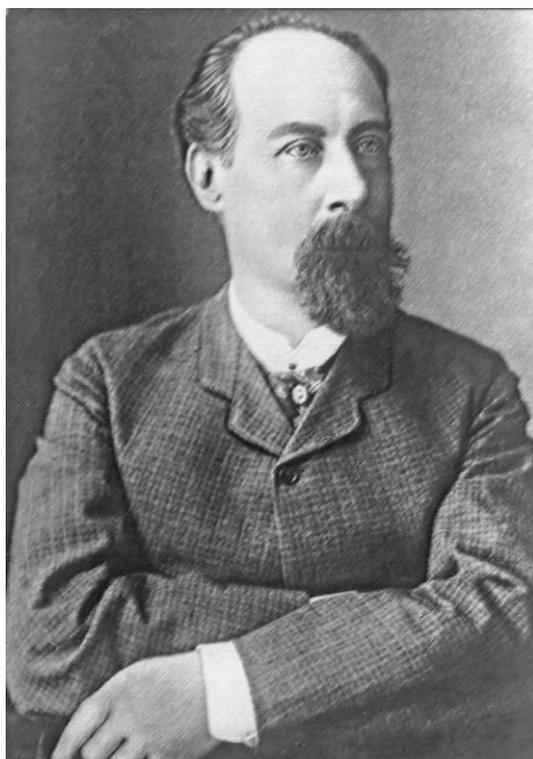


**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«VI БРЕДИХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**



**ПРОГРАММА  
И  
ТЕЗИСЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

**04 – 08 СЕНТЯБРЯ 2017  
ЗАВОЛЖСК  
РОССИЯ**



[www.agora.guru.ru/bredikhin2017](http://www.agora.guru.ru/bredikhin2017)

[1]  
**ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОМЕТ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И В ГАЛАКТИЧЕСКОМ  
ФОНЕ**

Багров А.В.  
Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
[abagrov@inasan.ru](mailto:abagrov@inasan.ru)

Кометные ядра представляют собой первичные планетезимали, состоящие из сконденсированной при низких температурах материи межзвездных газопылевых облаков. Формирование таких планетезималей происходит в самом начале эволюции протопланетного диска одновременно с формированием центральной звезды в компактной зоне звездообразования. Последнее обстоятельство приводит к тому, что образующиеся на периферии своего протопланетного диска планетезимали испытывают сильные гравитационные пертурбации от соседних звезд. Особенно сильными такие пертурбации должны быть для систем кратных звезд с разнесенными компонентами. В результате гравитационных воздействий некоторая часть первичных планетезималей покидает родительскую звезду и становится «межзвёздными скитальцами». Если бы между главными составляющими Галактики (звездами и скитальцами) установилось кинетическое равновесие, то скорости свободных планетезималей превышали бы скорости убегания из галактики, и «межзвездные скитальцы» уходили в межгалактическое пространство. Но для установления такого равновесия требуется время, на порядки превышающее время существования Вселенной, поэтому скорости скитальцев должны вблизи Солнечной системы лишь ненамного превышать относительные скорости соседних звезд.

Значительная часть комет Солнечной системы является первичными планетезималями. Однако, часть планетезималей «второго поколения» образовалась из выброшенного на периферию Солнечной системы обломочного материала разрушенной планеты Фаэтон, смешанного с первичным веществом газопылевого диска. Кометные ядра «второго поколения» содержат слитки тугоплавкого вещества Фаэтона. При распаде ядер комет второго поколения из тугоплавкой компоненты образуются потоки метеорного вещества.

**ORIGIN OF COMETS IN THE SOLAR SYSTEM AND IN GALAXIES**

Bagrov A.V.  
Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
[abagrov@inasan.ru](mailto:abagrov@inasan.ru)

Comet nuclei are made of primordial material in protoplanetary discs during condensation dust-gaseous interstellar nebulae at low temperatures. Their formation occurs in the beginning of protoplanetary disc evolution consequently with the central star formation inside compact zone of stars formation. So peripheral planetezimales are affected by gravitation of neighbor stars, and some of them can escape parent system and became “interstellar striders”. If a kinetic equilibrium between stars and striders is established, planetezimales velocities would be enough to escape galaxy and intergalaxy space would be fulfilled by striders. As the necessary time for kinetic equalization is some orders more then the age of the Universe, in the vicinity of our Solar system interstellar striders have to have velocities slightly above mean relative velocities of neighbor stars.

Mainly comet nuclei of the Solar system are primordial planetezimales of the “first generation”. Besides that some planetezimales were formed from mix of primordial snowflakes in the periphery of protoplanetary disk and relics of destroyed planet Phaethon. The comet nuclei of the “second generation” include refractory particles from previously melted material. When such comets are decayed, they left on their orbits long-lived streams of meteor particles.

## ГАЛАКТИЧЕСКИЕ КОМЕТЫ - ПЕРВОПРИЧИНА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ИСТОРИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

<sup>1</sup>Багров А.В., <sup>2</sup>Баренбаум А.А.

<sup>1</sup> Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> ИПНГ РАН, Москва, Российская Федерация

[abagrov@inasan.ru](mailto:abagrov@inasan.ru)

История Солнечной системы свидетельствует о серии космических катастроф, связанных с ударными воздействиями. Самое грандиозное из них – Великая Метеоритная Бомбардировка, происходившая в самом начале возникновения Солнечной системы. Источником миллионов ударников размером более 10 км для этого события мог быть только взрыв планеты земной массы. Причиной разрушения большой планеты могло быть столкновение с ней ядра крупной галактической кометы. Самые большие ударные кратеры на Земле (астроблемы), не содержащие метеоритного вещества, тоже могли быть вызваны падением на нашу планету кометных ядер. Есть основания предполагать, что лавовое поле поверхности Венеры тоже было вызвано ударным разрушением всей коры планеты при падении на нее большой кометы. Источником массивных кометных ядер с большой кинетической энергией мы считаем межзвездное пространство. При формировании первичных планетезималей в протопланетных структурах должны происходить выбросы тел различных размеров и масс из окраин протопланетных дисков в галактический диск. Вероятность встречи нашей планетной системы с межзвездными скитальцами возрастает при прохождении Солнца через зоны звездообразования в спиральных Галактики.

### GALACTIC COMETS ARE CAUSE OF CATASTROPHIC EVENTS IN THE SOLAR SYSTEM HISTORY

<sup>1</sup>Bagrov A.V., <sup>2</sup>Barenbaum A.A.

<sup>1</sup> Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Oil and Gas Research Institute RAS, Moscow, Russia

[abagrov@inasan.ru](mailto:abagrov@inasan.ru)

The Solar System history keeps many cases of space catastrophes, provoked by terrible impacts. The most grandiose of them is the Great Meteorite Bombardment, being in the very beginning of Solar system. Some million impacts with diameter more then 10 km could be produced by explosion of a planet, which had diameter and mass about the Earth ones. A cause of large planet dispersing could be collision with huge galactic “comet”. The largest impact craters on the Earth surface (“astroblems”) that do not reveal any meteorites inside them, could be consequences of comet nuclei impacts as well. There are foundations to suppose that the Venus surface looks like planetary volcanic field was result of planetary crust destruction produced by large comet impact.

We propose that massive comet nuclei with enormous kinetic energy are habitants of interstellar media. During process of accumulation protoplanetary disc material into primordial planetezimales some of them could be ejected to galactic disk. A probability of encounter of such planetezimales with our Solar system depends on dimension of interstellar strider, and it increase when the Sun crosses galactic regions of star formation.

[3]

## **СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗЫ О ПРОИСХОЖДЕНИИ МЕТЕОРОВ ИЗ ФРАГМЕНТОВ РАЗРУШЕННОЙ ПЛАНЕТЫ**

Багров А.В., Леонов В.А.

Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
abagrov@inasan.ru; leonov@inasan.ru

Метеорные исследования в ИНАСАН в этом году охватывают получение спектров метеоров. Для проведения количественного анализа химического состава метеорных частиц требуется использование сложных моделей процессов сгорания частиц в атмосфере, чтобы выделить в получаемых спектрах линии, относящиеся к метеорному веществу. Мы упростили эту сложную задачу до уровня качественного исследования однородности спектров метеоров одного потока, и выявления отличий в спектрах метеоров разных потоков. Задачей нашего исследования является решение спорного вопроса о происхождении метеорных частиц. Если все они образованы из такого же однородного вещества, как весь протопланетный диск, то спектры всех метеоров будут одинаковы. Если же родительская комета метеорного потока была сформирована из роя одинаковых по составу частиц, выброшенного при взрыве планеты Фазтон, то порожденный при распаде кометы метеорных поток даст одинаковые спектры метеоров, тогда как другой метеорных поток, происходящий из другого роя частиц с другим составом, породит другой тип спектров.

Описывается наблюдательная аппаратура для получения метеорных спектров и приводятся результаты тестовых наблюдений с ней.

Работа частично поддержана Программой 7 Президиума РАН.

## **SPECTRAL METEOR OBSERVATIONS FOR PROOF OF A METEOR PARTICLES HYPOTHESIS AS REMNANTS OF DESTROYED PLANET PHAETHON**

Bagrov A.V. and Leonov V.A.

Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation  
[abagrov@inasan.ru](mailto:abagrov@inasan.ru); [leonov@inasan.ru](mailto:leonov@inasan.ru)

The meteor studies in INASAN this year are spread to spectral observations. To correct analysis of meteor particles chemical composition it is necessary to take in account sophisticated models of chemical processed during interaction of meteor particle and Earth's atmosphere, simply to detect spectral lines, produced by meteor material. We simplified this hard task up to a level of comparison of meteor spectra to reveal differenced between spectra of different meteor showers. Our aim is to obtain proofs for decision on the origin of meteor material. If all meteor particles was produced from as homogeneous matter as primordial protoplanetary disc, all meteor spectra would looks like each other. But if the parent comet nucleus was produced from primordial snowflakes of protoplanetary disc mixed with a swallow of homogenous particles ejected from exploded planet Phaethon, then all spectra from such meteor shower will be similar, but different from spectra of other showers with particles of other chemical composition.

New spectral observation technique is described, as well as preliminary results of testing observations. This work was partially supported by the Program 7 by Russian Academy of Sciences Presidium.

[4]  
**ВЫЯВЛЕНИЕ КОМЕТНОЙ ПРИРОДЫ АСЗ ПО ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ  
НАБЛЮДЕНИЯМ**

Барабанов С.И., Баканас Е. С.  
Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
oterma@yandex.ru

В 2010-2017 гг. в ИНАСАН были проведены фотометрические наблюдения избранных астероидов, сближающихся с Землей. По полученным данным сделана оценка таксономического класса и показателей цвета наблюдаемых объектов, что дает возможность с определенной долей уверенности говорить о кометном происхождении отдельных астероидов. Для этих объектов проведено исследование эволюции их орбит.

**IDENTIFICATION OF COMETARY NATURE AMONG THE NEAS BASED  
ON PHOTOMETRIC OBSERVATIONS**

Barabanov S.I., Bakanas E.S.  
Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation  
sbarabanov@inasan, oterma@yandex.ru

The photometric observations of selected asteroids approaching the Earth were performed in INASAN in 2010-2017. The taxonomic class and color indices of the observed objects were estimated using these data. According to this analyze some asteroids had a comet origin. For these objects, the evolution of their orbits has been studied.

**УДАРНЫЕ КРАТЕРЫ НА ЗЕМЛЕ ГЛАЗАМИ РОССИЙСКИХ СПУТНИКОВ**

<sup>1,2</sup>Баканас Е. С., <sup>2</sup>Бахмет Т.И.

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>АО РКС, Москва, Российская Федерация

oterma@yandex.ru

Большая часть метеоритных кратеров Земли было найдено с помощью спутниковых изображений. Фактически, используя Google Earth, можно обнаружить ударный кратер. В докладе приведены изображения крупных метеоритных кратеров, полученных при помощи российских спутников «Ресурс-ДК1», «Ресурс-П» №1, 2, 3 и «Канопус-В1». Разрешение снимков от 1 метра на пиксель. Для поиска изображений кратеров используются возможности доступа к архивным данным из геопортала Роскосмоса, созданного совместно с НИИ Точных приборов и работающего на базе Научного центра Оперативного мониторинга Земли.

**EARTH IMPACT CRATERS BY THE EYES OF RUSSIAN SATELLITES**

E.S. <sup>1,2</sup>Bakanas, T.I.Bakhmet<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>JRS, Moscow, Russia

E-mail: oterma@yandex.ru

Most of the meteorite craters of the Earth were found using satellite imagery. Using Google Earth, you can find a meteorite crater. The report presents images of large meteorite craters obtained with the help of Russian satellites Resurs-DK1, Resurs-P No. 1, 2, 3 and Kanopus-B1. Resolution of images from 1 meter per pixel. To search for images of craters, access to archival data from the Roscosmos geoportal, created in conjunction with the Research Institute of Precision Instruments and operating on the basis of the Research Center for Earth Operative Monitoring, is used.

[6]  
**МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ, СОДЕРЖАЩИЕ ТЕЛА МЕТРОВОГО И ДЕКАМЕТРОВОГО  
РАЗМЕРА**

Барабанов С.И.  
Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
[sbarabanov@inasan.ru](mailto:sbarabanov@inasan.ru)

В докладе описывается современное состояние в вопросе прямого обнаружения тел метрового и декаметрового размера в метеорных и болидных потоках за пределами атмосферы Земли с использованием оптических телескопов, определенных методик наблюдений и идентификации обнаруженного тела, как метеороида из данного потока. Индикатором принадлежности потоку могут быть орбитальные параметры, полученные каким-либо методом определения первоначальной орбиты. В качестве дополнительной информации могут использоваться, например, базисные наблюдения с разных обсерваторий при оперативном взаимодействии во время сета наблюдений определенного метеорного потока. Дается описание сетов наблюдений 2017 г. на 1-м телескопе с редуктором фокуса.

[7]  
**ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОМЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

Баренбаум А.А.  
Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Российская Федерация  
[azary@mail.ru](mailto:azary@mail.ru)

Проблема происхождения комет [1] обсуждается с позиций Галактоцентрической парадигмы [2], связывающей процессы в Солнечной системе и на ее планетах с явлением струйного истечения газопылевого вещества из центра нашей Галактики. В соответствии с развиваемыми представлениями [1, 2], при орбитальном движении в Галактике Солнце через каждые 20–37 млн лет пересекает струйные потоки и спиральные галактические рукава, и в такие периоды длительностью ~2–5 млн лет Солнечная система подвергается мощным бомбардировкам галактическими кометами. Последняя кометная бомбардировка имела место в период от 5 до 1 млн лет назад и была вызвана нахождением Солнца в струйном потоке, отождествляемым с галактической ветвью Ориона-Лебедя.

Существующие сегодня в Солнечной системе кометы – это продукты столкновений высокоскоростных галактических комет с телами астероидного пояса. В подавляющем большинстве они возникли в период последней кометной бомбардировки и в настоящее время захвачены притяжением Солнца на околосолнечные орбиты. Такая модель хорошо объясняет происхождение и основные свойства долго- и короткопериодических комет [1].

Большое место в сообщении уделено изучению свойств и механизма взаимодействия галактических комет с планетами с привлечением данных геологии и планетологии [2].

[1] Баренбаум А.А. Галактика, Солнечная система, Земля: Соподчиненные процессы и эволюция. М.: ГЕОС. 2002. 393 с.

[2] Баренбаум А.А. Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии. М: ЛИБРОКОМ. 2010. 546 с.

**ORIGIN OF THE SOLAR SYSTEM'S COMETS**

Barenbaum A. A.  
Oil and Gas Research Institute RAS, Moscow, Russia  
[azary@mail.ru](mailto:azary@mail.ru)

The problem of the origin comets [1] is discussed from the positions of the Galactocentric paradigm [2], which connects the processes in the Solar system and on its planets with the phenomenon of jet emission of gas-dust substance from the Galaxy centre. In accordance with the representations [1, 2], when moving in the Galaxy, the Sun intersects jet streams and spiral galactic sleeves across each 20–37 million years, and in such periods of duration about 2–5 million years, the Solar system is subjected by strong bombardments of galactic comets. The last cometary bombardment took place between 5 and 1 million years ago and was caused by the Sun presence in the jet stream, identified with the Orion-Cygnus galactic branch.

The comets existing today in the Solar system are the products of collisions of high-speed galactic comets with bodies of the asteroid belt. In the overwhelming majority, this comets arose in the period of the last cometary bombardment and are now they captured by the Sun's attraction on the near-sun orbits. Such model well explains the origin and main properties of long- and short-period comets of the Solar system [1].

A large place in the report is devoted to the study of the properties and physical mechanism of galactic comets interaction with planets using data from geology and planetology [2].

[1] Barenbaum AA. Galaxy, Solar System, Earth: Co-subordinated processes and evolution. M.: GEOS. 2002. 393 pp.

[2] Barenbaum AA. Galactocentric paradigms in geology and astronomy. M: LYBROCOME. 2010. 546 pp.

## НАУЧНАЯ И ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ В ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Беляков С. А.

Школа-музей «Литос-КЛИО» МБУ ДО ЦДТ №4, Иваново, Российская Федерация  
[stgal@mail.ru](mailto:stgal@mail.ru)

Основным фактором объединения любителей астрономии в Иваново и Ивановской области после развала Союза и прекращения деятельности в регионе отделения ВАГО стал интернет. Благодаря ему с 2011 года существует Ивановское сообщество любителей астрономии, включающее около двадцати активных участников (преподаватели, библиотекари, инженеры, пенсионеры, учащиеся, студенты, художники и т.д.). Группа «Астрономия в Ивановской области» в сети «ВКонтакте» насчитывает свыше 600 человек.

Просветительская деятельность сообщества выражается в организации и проведении массовых акций и просветительских мероприятий: ежегодная городская акция «Тротуарная астрономия» в конце апреля – начале мая, ежегодный выездной семинар «Летний Треугольник» в августе, ежегодная акция «Библиотечная астрономия» в октябре-ноябре, акция «Звездный вечер в музее» в рамках акции «Ночь в музее» в мае, разовые массовые мероприятия (наблюдение солнечного затмения 20.03.2015, астрономические вечера в школах города и области), музейные выставки и экспозиции: к юбилейным датам Ю.А. Гагарина «Человек. Земля. Вселенная» (2011, 2014, 2016), выставка астрофотографии «Ближе только звезды» (2016). Мероприятия активно освещаются местными СМИ, в том числе на ТВ, радио, в сетевых изданиях.

Образовательная деятельность осуществляется в школе-музее «Литос-КЛИО» МБУ ДО ЦДТ №4 в творческом объединении «Земля и Вселенная». В трехгодичном курсе обучения полтора года уделяется астрономии. С 2010 года в группах объединения обучалось свыше 60 школьников, многие из которых являются победителями и призерами школьных олимпиад по астрономии разного уровня, победителями конкурсов по астрономии и космонавтике. В школах города проводятся тематические внеклассные уроки на астрономические темы. В рамках музейно-образовательного абонемента в школе-музее одно из занятий посвящено теме астрономии и космонавтики.

Научно-исследовательская деятельность проводится по истории астрономии, астрономическому краеведению, наблюдательной астрономии, метеоритам Ивановской области. Активные члены астрономического сообщества выступают с докладами на научно-практических конференциях. По результатам исследований в журналах «Небосвод», «Наша Родина – Иваново-Вознесенск», в сборниках Ивановского краеведческого общества, на сайте школы-музея и на других площадках публикуются научные статьи. Так, например, в российском журнале для любителей астрономии «Небосвод» с 2011 года опубликовано свыше сорока статей.

Прикладная деятельность выражается в регулярных наблюдениях и фотографировании объектов ближнего и дальнего космоса, метеоявлений. Некоторые участники сообщества занимаются телескопостроением. Результаты деятельности также находят отражение в публикациях и репортажах СМИ.

В связи с открытием стационарного планетария в январе 2017 года и возвращением курса астрономии в школы на базе школы-музея «Литос-КЛИО» планируются регулярные семинары для учителей-предметников, мастер-классы по астрономии для педагогов, просветительские программы и лекции для школьников, студентов, самых широких слоев населения. С января 2017 года планетарий принял свыше 6000 посетителей. Для них демонстрируются полнокупольные программы и фильмы по астрономии и другим естественным наукам.

Акции и мероприятия показывают, что количество ивановцев, интересующихся астрономией, ежегодно растет, в том числе за счет доступности телескопов и общения в соцсетях.

## МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕТЕПЛОВЫХ СВЕЧЕНИЙ КИСЛОРОДА В КОМЕ КОМЕТЫ

<sup>1</sup>Бисикало Д.В., <sup>1</sup>Шематович В. И., <sup>2</sup>Хубер Б.

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Лаборатория планетной и атмосферной физики, Университет г. Льеж, Бельгия  
bisikalo@inasan.ru

Кометы окружены очень разреженной атмосферой - комой, являющейся идеальной средой, в которой протекают нетепловые фотохимические процессы, влияющие на состояние комы. Наши предыдущие вычисления функций распределения по энергии метастабильных состояний  $O(^1D)$  и  $O(^1S)$  атомов кислорода в атмосферах комет C/1996 B2 (Хякутакэ) и 103P/Хартли 2 показали, что ширина зеленой линии (557.7 нм), выраженная в единицах скорости, меньше, чем ширина красной линии (630 нм) [1]. Этот результат вполне сопоставим с предыдущим анализом других авторов, но, в противоречии с наблюдениями. Открытие молекулы  $O_2$  [2] в коме кометы 67P/Чурюмова-Герасименко космическим аппаратом ЕКА-Розетта меняет стандартные представления о составе комы.

В докладе мы представляем обновленную версию кинетической модели Монте-Карло, которая позволяет вычислить как функции распределения по энергии атомов кислорода в метастабильных состояниях  $O(^1D)$  и  $O(^1S)$ , так и скорости возбуждения соответствующих свечений в коме за счет диссоциации молекул  $O_2$ . Показываем, что форма спектральных линий зависит не только от экзотермичности механизмов фотохимического производства, но и от скорости термализации за счет упругих соударений. Присутствие молекул  $O_2$  в коме существенно изменяет соотношение светимостей (G/R). Мы также обсуждаем возможность использовать соотношение (G/R) в качестве индикатора присутствия молекул  $O_2$  в коме кометы.

[1] Bisikalo D. V., et al. Monte Carlo Simulation of Metastable Oxygen Photochemistry in Cometary Atmospheres. *Astrophysical Journal*, Volume 798, Issue 1, article id. 21, 10 pp., 2015.

[2] Bieler A., et al. Abundant molecular oxygen in the coma of 67P/Churyumov-Gerasimenko. *Nature*, Volume 526, pp. 689-691, 2015.

## MONTE CARLO SIMULATION OF NONTHERMAL OXYGEN EMISSIONS IN COMETARY COMA

<sup>1</sup>Bisikalo D.V., <sup>1</sup>Shematovich V.I., <sup>2</sup>Hubert B.

<sup>1</sup>Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Laboratory for Planetary and Atmospheric Physics, University of Liège, Liège, Belgium  
bisikalo@inasan.ru

Comets have a highly rarefied atmosphere, which is an ideal environment for nonthermal photochemical processes to take place and influence the detailed state of the coma. Our previous computations of the energy distribution functions of the metastable  $O(^1D)$  and  $O(^1S)$  species in the atmospheres of comet C/1996 B2 (Hyakutake) and 103P/Hartley 2 show that the width of the green (557.7 nm) line, expressed in terms of speed, is lower than that of the red (630 nm) line [1]. This result is comparable to previous theoretical analyses, but in disagreement with observations. Discovery of molecule  $O_2$  [2] in the coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko by the ESA-Rosetta mission changes the standard ideas about the coma composition. In this paper we present an updated version of the Monte Carlo model allowing us to calculate both the  $O(^1D)$  and  $O(^1S)$  energy distribution functions (EDF) and the excitation rates of the corresponding emissions in the coma accounting for dissociation of  $O_2$  molecules. We show that the shape of the spectral lines depends not only on the exothermicity of photochemical production mechanisms but also on the thermalization rate due to elastic collisions. The presence of  $O_2$  significantly changes the G/R ratio. We also discuss the possibility to use the G/R ratio as an indicator of  $O_2$  in the coma.

## **О МОДЕЛИ ФРАГМЕНТАЦИИ КРУПНОГО МЕТЕОРОИДА: МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛЯБИНСКОГО МЕТЕОРОИДА С АТМОСФЕРОЙ**

Брыкина И.Г.

НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация  
[shantii@mail.ru](mailto:shantii@mail.ru)

Разработана модель фрагментации крупного метеороида в атмосфере. Предполагается, что до начала разрушения метеороид имеет форму сферы, затем он движется как облако фрагментов и паров с общей ударной волной. Рассматриваются два процесса: расплющивание раздробленного метеороида (расширение в поперечном направлении и сжатие в продольном, при этом сфера трансформируется в сфероид) и уменьшение его плотности за счет увеличения промежутков между фрагментами, заполненных парами. Найдена зависимость скорости увеличения радиуса поперечного сечения облака фрагментов от значения этого радиуса. Взаимодействие метеороида с атмосферой исследуется в рамках уравнений физической теории метеоров, в которые входят коэффициенты сопротивления и теплопередачи. Получено выражение для коэффициента сопротивления сфероида в зависимости от отношения его осей. Получено с использованием литературных данных выражение для коэффициента радиационной теплопередачи для сфероида в зависимости от скорости, размера, плотности атмосферы и отношения осей. В предположении, что масса метеороида убывает быстрее, чем его скорость, найдены аналитические решения уравнений физической теории метеоров для уноса массы фрагментированного метеороида, энерговыделения, световой кривой и высоты, где достигается ее максимум. С помощью этих решений рассматривается взаимодействие с атмосферой Челябинского метеороида. Проводится сравнение решений для профиля энерговыделения и световой кривой с наблюдательными данными.

## **ON THE MODEL OF LARGE METEOROID FRAGMENTATION: MODELLING OF INTERACTION OF THE CHELYABINSK METEOROID WITH THE ATMOSPHERE**

Brykina I.G.

Research Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia  
[shantii@mail.ru](mailto:shantii@mail.ru)

The model of atmospheric fragmentation of large meteoroid is developed. We suggest a spherical shape of the meteoroid before start of breakup, then the meteoroid continues its flight as a cloud of fragments and vapor with the common shock wave. We consider two processes: flattening of the fragmented meteoroid (expanding in a lateral direction and reducing in thickness in a flight direction, in the process a sphere is transformed into a spheroid), and decrease of its density due to the increase of vapor-filled spacing between fragments. The dependence of the rate of increase of the radius of the cloud lateral cross-section on the value of that radius is found out. We study a meteoroid flight in the atmosphere using the equations for meteor physics which include the drag and the heat transfer coefficients. The expression for the drag coefficient of a spheroid is obtained as a function of the ratio of its axes. The expression for the radiative heat transfer coefficient for a spheroid is obtained as a function of its velocity, size, axes ratio, and the atmospheric density using the literature data. On the assumption of that the meteoroid mass decreases more rapidly than its velocity, the analytical solution of the equations for meteor physics for the fragmented meteoroid is obtained for the mass loss, the energy deposition, the light curve and the altitude where the maximum of that curve is reached. This solution is applied to study the interaction of the Chelyabinsk meteoroid with the atmosphere. Comparison of the solutions for the light curve and the energy deposition with observational data is made.

**ДВЕ ПОПУЛЯЦИИ АСТЕРОИДОВ В ГРУППЕ ВЕНГРИИ**

Виноградова Т. А.

Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Российская Федерация

[vta@ipa.nw.ru](mailto:vta@ipa.nw.ru)

Группа Венгрии представляет собой ближайшую к Земле область пояса астероидов и, поэтому, может снабжать Землю значительным количеством метеоритного вещества. Среди астероидов, принадлежащих этой группе, был произведен поиск семейств. Необходимые для этого собственные элементы, были вычислены с использованием эмпирического метода. Для идентификации семейств был применен метод, аналогичный методу иерархического кластерного анализа. В результате выделено большое семейство, возглавляет которое астероид (434) Венгрия, относящийся к редкому таксономическому типу E. Исследование распределения астероидов с известной таксономией в пространстве собственных элементов показало, что фоновая составляющая в этой области представлена каменными астероидами типа S, L, тогда как астероиды C и X сосредоточены, в основном, в найденном семействе. Количество C-астероидов оказалось неожиданно очень большим (48%). Анализ альbedo C и X астероидов, входящих в состав семейства, показал, что альbedo этих астероидов очень велико. Это позволяет сделать вывод, что X-астероиды следует отнести к таксономическому типу E. Более того, астероиды типа C ошибочно классифицированы. В действительности они не являются астероидами, родственными углистым хондритам, а тоже должны быть отнесены к типу E. Предполагается, что E-астероиды являются источником таких метеоритов, как аубриты.

**TWO POPULATIONS OF ASTEROIDS IN THE HUNGARIA GROUP**

Vinogradova T. A.

Institute of Applied Astronomy of Russian Academy of Science, St.

Petersburg, Russia

[vta@ipa.nw.ru](mailto:vta@ipa.nw.ru)

The Hungaria group is a nearest to the Earth part of the asteroid belt and, therefore, can supply the Earth with a significant amount of meteoritic matter. A search for asteroid families was performed in this group. Proper elements needed for this procedure were calculated by the empirical method. An approach similar to the hierarchical clustering method was used for the identification of families. As a result, a large family was found headed by the main asteroid (434) Hungaria. This asteroid is of the rare taxonomical type E. We considered a distribution of asteroids with known taxonomy in the proper element space. The background population in this area was found to be represented by S, L stone asteroids, whereas C and X asteroids are concentrated mainly in the family. The percentage of C asteroids is surprisingly very large (48%). Albedo analysis for the family members indicates that the albedo of the C and X asteroid is very large. This suggests that the X-asteroids belong to E type, and, furthermore, the C asteroids were erroneously classified. In fact, these asteroids do not relate to carbonaceous chondrites, and should be attributed to E type. E-asteroids are thought to be parent bodies of the aubrite meteorites.

## **КАЛЬКУЛЯТОР ОЦЕНКИ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗЕМЛЮ УДАРОВ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ. ОЦЕНКА ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ КРАТЕРО- НЕОБРАЗУЮЩИХ ПАДЕНИЙ**

Глазачев Д.О., Подобная Е.Д., Попова О.П., Светцов В.В., Шувалов В.В.  
Институт динамики геосфер РАН, Москва, Российская Федерация  
[GlazachevD@gmail.com](mailto:GlazachevD@gmail.com)

Падение космических тел на Землю представляет реальную опасность для биосферы и хозяйственных объектов. Даже вход в атмосферу небольшого Челябинского метеорита в феврале 2013 года привел к заметному экономическому ущербу и вызвал панику среди населения. Тунгусская катастрофа 1908 года, в случае падения космического тела не над ненаселенной тайгой, а над Москвой или другим крупным мегаполисом, привела бы к их полному уничтожению. Для быстрой оценки поражающих факторов при падении космических тел создается он-лайн калькулятор на основе актуальных физико-математических моделей взаимодействия космического тела с атмосферой и поверхностью Земли. Для работы калькулятора в режиме он-лайн, необходима быстрая работа модуля оценки поражающих факторов. В данной работе рассматривается излучение, возникающее при полете и разрушении тел, тормозящихся в атмосфере Земли, и предлагаются интерполяционные формулы оценки потоков излучения, полученные на основе результатов физико-математического моделирования взаимодействия космических тел разного размера и состава с атмосферой Земли и используемые в он-лайн калькуляторе. Работа поддержана грантом РФФИ грант № 16-17-00107.

## **IMPACT EFFECT CALCULATOR. RADIATION ASSESSMENT FROM ATMOSPHERIC IMPACTS OF COSMIC BODIES WITHOUT CRATER FORMING**

Glazachev D.O., Podobnaya E.D., Popova O.P., Svetsov V.V. and Shuvalov V.V.  
IDG RAS, Moscow, Russia  
[GlazachevD@gmail.com](mailto:GlazachevD@gmail.com)

Impacts of high-velocity cosmic bodies possess a real hazard for the human civilization. An entry of relatively small Chelyabinsk meteoroid in February of 2015 caused substantial economic problems, sever injuries by broken glasses, and panic among local people. If the Tunguska-like event occurred not in Siberia but above Moscow or any other megalopolis, the city and its population would be totally demolished. The on-line calculator for quick assess of the impact damaging factors is preparing based on actual physico-mathematical models of the interaction of the cosmic body with the Earth's atmosphere and the surface. The fast calculation of the damaging factors is necessary for the calculator operating in on-line mode. The radiation produced by the flight and destruction of cosmic bodies, which are decelerated in the Earth's atmosphere, is considered. The scaling relations for the radiation fluxes obtained based on the results of physico-mathematical modeling of the interaction of cosmic bodies different sizes and composition with the Earth's atmosphere and used in the on-line calculator are presented. The work was supported by the RSF grant № 16-17-00107.

**ABOUT OF ONE POSSIBLE MECHANISM OF COMETS' SPLITTING**

Guliyev A.S.

Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi,  
National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan  
guliyevayyub@gmail.com

Some aspects of the hypothesis [1,2] on the role of the meteoroid' impacts in the comet nucleus splitting are considered in the paper. We study the inclinations of the orbits of comets, underwent to splitting relative to the plane of the movement of the known meteor showers. Calculations are based on the assumption that the impacts occur at angles exceeding the inclinations. Inclinations of the orbits of 114 comets relative to the plane of 100 meteor streams of the IAU list are calculated and their statistical analysis is carried out.

The analysis covers the cases when the nodes the cometary orbits are located from the meteoroids orbit in the distant no longer than 0.1au. Kolmogorov-Smirnov and Pearson consent criteria are used in the analysis. In the case of the long-period comets an irregularity of the distribution of the inclinations has been found. It was found that one reason for this irregularity is the maximum near of the value  $180^0$ .

Comets having such inclinations of orbits often might have frontal collisions with meteoroids. Such collisions can lead to the splitting of cometary nuclei. This peculiarity corresponds to the discussed hypothesis. In the case of periodic comets in the area of the high inclination a local maximum has been found also. In general, it was concluded that the distribution of the inclinations of cometary orbits accords to the hypothesis of a partial role of meteoroids in the splitting of cometary nucleus.

1. Guliyev, A. (2016a). Meteoroid streams and comet disintegration. In: Proc. of the IMC, Egmond, 2016, pp. 94-95.
2. Guliyev A.S. (2016b) Collision with meteoroids as one of possible causes of cometary nucleus splitting. Planetary and Space Science. 29 November 2016 doi: 10.1016/j.pss.2016.11.009

**КЛАССИФИКАТОР МЕТЕОРНЫХ РАДИООТРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ  
ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Данилов М.В., Карпов А.В.

Казанский Федеральный Университет, Казань, Российская Федерация  
mikhdan@mail.ru, arkadi.karpov@kpfu.ru

Представлен классификатор метеорных радиоотражений на основе искусственной нейронной сети. Объектом классификации являются метеорные радиоотражения: изменение амплитуды отраженного сигнала со временем. Был использован двухслойный перцептрон с 6 входами и 3 выходами. В качестве показателей для классификации используются максимальная амплитуда и ширины профилей амплитудно временных характеристик (АВХ) метеорных радиоэхо на 5 уровнях от максимальной амплитуды. Применяется классификация метеорных радиоэхо с тремя классами: недоуплотненный, промежуточный и переуплотненный.

В качестве обучающей выборки АВХ используются результаты, полученные на имитационной компьютерной модели с помощью программы КАМЕТ, разработанной в КФУ. Объем выборки модельных АВХ – 54000.

Было проведено обучение и тестирование нейронной сети как без разбиения обучающей выборки по высотам образования метеорных следов, так и с разбиением от 70 км до 100 км с шагом 5 км. Показано, что точность обучения различна для различных диапазонов высот сгорания метеоров, от 72% до 90%.

Обученная сеть используется для классификации экспериментальных данных, полученных на метеорном радаре КФУ. Объем данной выборки составил 65000 АВХ.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

**METEOR RADIO REFLECTION CLASSIFIER BASED ON ARTIFICIAL NEURAL  
NETWORK**

Danilov M. V., Karpov A. V.

Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation  
mikhdan@mail.ru, arkadi.karpov@kpfu.ru

A classifier of meteor radio reflections based on an artificial neural network is presented. The object of classification is the meteor radio reflections: the change of the reflected signal amplitude over the time. A two-layer perceptron with 6 inputs and 3 outputs was used. As indicators for classification, the maximum amplitude and width of the profiles of amplitude-time characteristics (ATC) of meteor radio-echo at 5 levels from the maximum amplitude are used. The classification of meteor radio-echo with three classes is applied: underdense, intermediate and overdense.

As a training sample of ATC, the results obtained on the simulation computer model using the KAMET program developed in the KFU are used. The sample size of model ATC is 54000 units.

Training and testing of the neural network were carried out both without splitting the training sample according to the heights of the formation of meteor trails, and with a splitting from 70 km to 100 km in increments of 5 km. It is shown that the accuracy of training is different for different ranges of meteor height goes from 72% to 90%.

The trained network is used to classify the experimental data obtained on the meteor radar of the KFU. The sample size of this sample was 65000 units of ATC.

This work was funded by the subsidy allocated to Kazan Federal University for the state assignment in the sphere of scientific activities.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ КОМЕТ:  
СЛЕДСТВИЯ ДЛЯ КОСМОХИМИИ И КОСМОГОНИИ**

Дорофеева В.А.

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Российская  
Федерация  
dorofeeva@geokhi.ru

Компонентный и изотопный состав вещества комет служит важным источником информации о термодинамических условиях и динамических процессах в протопланетном газопылевом околосолнечном диске, о составе первичных тел, из которых, помимо комет, в значительной мере образовались каменно-ледяные спутники планет-гигантов, тела транснептунового региона и пояса Койпера. Эти данные также позволяют оценить возможный вклад кометного вещества в состав летучих внутренних планет Солнечной системы, в том числе и Земли. Однако решение этих задач сталкивается с рядом принципиальных трудностей, возникающих при сопоставлении экспериментальных данных по составу ком комет с составом их ядер. Проблемы связаны с особенностями динамики комет, с физическими характеристиками кометных ядер и их неоднородностью, а также с факторами, непосредственно влияющими на результаты измерения состава комы. Кроме того, до сих пор не ясен механизм образования кометных ядер. Эти обстоятельства требуют критического подхода к получаемой экспериментальной информации по составу комет, в особенности при ее использовании в моделях эволюции околосолнечного диска и образования тел в ранней Солнечной системе.

**MAIN RESULTS OF STUDYING THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF COMETS:  
CONSEQUENCES FOR COSMOCHEMISTRY AND COSMOGONY**

Dorofeeva V.A.

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

The component and isotope composition of the comet material will be an important source of information on the thermodynamic conditions and dynamic processes in the protoplanetary gas-dust solar disk, the composition of the primary bodies, of which, in addition to comets, the rock-ice satellites of the giant planets, the bodies of the trans-Neptunian region and the The Kuiperbelt. These data also allow us to estimate the possible contribution of cometary matter to the composition of inner planet volatiles, including the Earth. However, there are a number of fundamental problems that arise when comparing experimental data on the composition of comets with the composition of their nuclei. Problems are connected with the dynamics of comets, with the physical characteristics of cometary nuclei and their heterogeneity, as well as with factors directly influencing the results of measuring coma composition. In addition, the mechanism of the formation of cometary nuclei is still unclear. These circumstances require a critical approach to the experimental information obtained on the composition of comets, especially when used in models of the evolution of the solar disk and the formation of bodies in the early solar system.

[16]  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ СТАДИИ  
ДВИЖЕНИЯ МЕТЕОРОИДА**

Егорова Л.А., Лохин В.В.  
НИИ механики МГУ, Москва, Российская Федерация  
[egorova@imec.msu.ru](mailto:egorova@imec.msu.ru)

Доклад продолжает предыдущие исследования авторов по фрагментации болидов в атмосфере. Мы предполагаем внезапное разрушение космического тела на высоте максимального вспышки и, используя аналитические оценки, вычисляем температуру газа, которая позволяет нам найти энергию события.

В последнее время появляется много работ моделирующих вход и разрушение метеорных тел в атмосфере и вычисляющих его энергию, однако остается не ясным вопрос об источнике высвобожденной тепловой энергии после дробления. Поэтому, кроме модели разрушения в работе предлагается также модель перехода кинетической энергии в тепловую.

После дробления фрагменты разрушенного тела за короткий промежуток времени нагревают некоторое количество газа (окружающего воздуха и паров тела) до высокой температуры. Кинетическая энергия движущихся частиц метеорного тела переходит в тепловую энергию объема газа, в котором происходит их движение. Из закона сохранения энергии находим результирующую температуру облака газа после фрагментации. При этом распределение масс фрагментов из литературы проинтегрировано для всего набора частиц.

**MODELING OF ENERGY RELEASE AT THE FINAL STAGE OF THE METEOROID  
MOVEMENT**

Egorova L.A., Lokhin V.V.  
Institute of mechanics MSU, Moscow, Russia  
[egorova@imec.msu.ru](mailto:egorova@imec.msu.ru)

The report continues authors' previous research on fireballs fragmentation. We used a model of the sudden destruction of the cosmic body at the height of the maximum flash. Using analytical estimates we calculate the temperature of gas which allows us to find the energy of the event.

Nowadays the more works are to simulate the entry and destruction of meteoric bodies in the atmosphere and to calculate the released energy, but the source of the released thermal energy after crushing remains unclear. Therefore, we propose a model for the transfer of kinetic energy to thermal energy in addition to the destruction model.

After body fragmentation in a short period of time a certain amount of gas (ambient air and body vapors) is heated by particles to a high temperature. The kinetic energy of the moving particles of a meteoric body passes into the thermal energy of the gas volume in which their motion takes place. Using the law of conservation of energy we find the temperature of a gas cloud after fragmentation. The mass distribution of fragments from the literature is integrated for the whole set of particles.

**НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИКИ И ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОМЕТ ПОСЛЕ  
КОСМИЧЕСКОЙ МИССИИ ROSETTA**

Емельяненко В.В.

Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

vvemel@inasan.ru

Кометы являются наиболее многочисленной и динамичной частью Солнечной системы. Они играют важную роль в эволюции Солнечной системы, благодаря процессам миграции и соударениям с планетами и Солнцем. По современным представлениям кометы сохранили в своем составе первичное вещество, поэтому их исследование имеет важнейшее значение и для понимания процессов формирования Солнечной системы. В обзоре обсуждаются результаты космической миссии Rosetta, приведшие к новым воззрениям на образование и динамическую эволюцию кометной популяции.

**NEW PROBLEMS OF THE DYNAMICS AND ORIGIN OF COMETS AFTER THE  
ROSETTA SPACE MISSION**

Emel'yanenko V.V.

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

vvemel@inasan.ru

Comets are the most numerous and dynamic part of the Solar system. They play an important role in the evolution of the Solar system due to migration processes and collisions with planets and the Sun. According to modern concepts, comets preserve the pristine material, so they are of great interest for understanding the formation of the Solar system. In this review, we discuss the results of the Rosetta space mission which led to new views on the formation and dynamical evolution of the comet population.

**ПОСЛЕДНЕЕ СБЛИЖЕНИЕ КОМЕТЫ ШУМЕЙКЕР-ЛЕВИ 9 С ЮПИТЕРОМ**

Емельяненко Н. Ю.

Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
[nyuemel@inasan.ru](mailto:nyuemel@inasan.ru)

Изучается последнее сближение кометы Шумейкер–Леви 9 с Юпитером. Анализируется движение 19 фрагментов этой кометы. Находятся финальные состояния орбит фрагментов в прошлом. Наиболее вероятно, что комета принадлежала семейству Юпитера и испытала низкоскоростное афелийное сближение с ним. Результатом сближения стал временный гравитационный захват кометы на орбиту спутника Юпитера. Это была высокоэксцентричная ювицентрическая орбита с перийовием порядка 1-1.5 радиуса планеты. В одном из перийовиев комета разделилась на две части. В работе показано, что дробление ядра могло продолжаться в течение 56 обращений кометы вокруг Юпитера.

**THE LAST ENCOUNTER OF COMET SHOEMAKER–LEVY 9 WITH JUPITER**

Emelyanenko N. Yu.

Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
[nyuemel@inasan.ru](mailto:nyuemel@inasan.ru)

The last encounter of Comet Shoemaker–Levy 9 with Jupiter is studied. The motion of 19 fragments of this comet is analyzed. The final orbits of the nuclei in the past are found. We propose that Comet Shoemaker–Levy 9 was a member of the Jupiter family. It had the low-velocity aphelion encounter with the temporary gravitational capture into a satellite orbit. This was a high eccentricity one with a very small perijovian of 1-1.5 Jupiter's radius. The comet broke down into two parts near some perijovian. The following fragmentation of the comet nuclei could continue for 56 revolutions around Jupiter.

[19]

**Ф.А. БРЕДИХИН (1831 – 1904) И П.Н.ЛЕБЕДЕВ (1866 - 1912) НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ  
ФИЗИКИ И АСТРОФИЗИКИ**

Еремеева А. И.  
ГАИШ МГУ, Москва, Российская Федерация  
alinaer29@gmail.com

К истории создания первой физической теории кометных хвостов и открытия светового давления. О первом плодотворном содружестве физики и астрофизики в России.

**F. A. BREDIKHIN (1831 – 1904) AND P. N. LEBEDEV (1866 - 1912) AT THE  
INTERSECTION OF PHYSICS AND ASTROPHYSICS**

Eremeeva A. I.  
SAI MSU, Moscow, Russia  
alinaer29@gmail.com

The history of the creation of the first physical theory of cometary tails and the discovery of light pressure About the first fruitful collaboration of physics and astrophysics in Russia.

[20]  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ  
КОМЕТ ГАЛЛЕЯ, ЭНКЕ И ФАЯ**

Заусаев А.Ф.

Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация  
[zausaev\\_af@mail.ru](mailto:zausaev_af@mail.ru)

Проведено исследование эволюции орбит короткопериодических комет Галлея, Энке и Фая с использованием дифференциальных уравнений, основанных на новом принципе взаимодействия. Результаты численного интегрирования уравнений движения комет Галлея, Энке и Фая сравниваются с данными электронного кометного каталога Kazuo Kinoshita. Сравнение моментов прохождения через перигелий кометы Галлея, приведенных с данными каталога Kazuo Kinoshita указывает на существенные различия. По данным каталога в будущем комета Галлея через перигелий пройдет в 28 июля 2061 г. и 27 марта 2134 г., что на 7 и 29 дней отличается от прогноза, приведенного в каталоге Kazuo Kinoshita.

Показано, что на большей части интервала времени (1819–2103 гг.) различие элементов орбит кометы Энке, полученных с помощью решения уравнений основанных на новом принципе взаимодействия, и данными каталога, вполне удовлетворительные. Наибольшие различия в элементах орбит достигаются в прошлом на конце интервала интегрирования. Возможно, причины данного расхождения связаны с неточностью опорных орбит, вычисленных на основе не вполне надежных наблюдений, и использовании численных методов интегрирования при их коррекции.

Из сравнения элементов орбит кометы Фая, найденных с помощью численного решения уравнений движения и приведенных в каталоге Kazuo Kinoshita, следует, что отличия в элементах орбит связаны с различным подходом при оценке негравитационных эффектов. Неточность опорных кометных орбит в прошлом также не позволяет сделать надежные оценки проведенных исследований. Это лишний раз указывает на сложность проблемы, связанной с исследованием эволюции орбит короткопериодических комет.

**MATHEMATICAL MODELLING OF THE MOTION OF THE COMETS HALLEY, ENCKE  
AND FAYE**

Zausaev A.F

Samara State Technical University, Samara, Russia  
[zausaev\\_af@mail.ru](mailto:zausaev_af@mail.ru)

The evolution of the orbits of the short-period comets Halley, Encke and Faye is investigated using differential equations based on a new principle of interaction. The results of numerical integration of the equations of motion of Halley, Encke and Faye comets are compared with the data of the electronic comet catalog Kazuo Kinoshita. Comparison of the moments of passage through the perihelion of Halley's comet, cited with the data of the catalog of Kazuo Kinoshita indicates significant differences. According to the catalog in the future, Halley's comet through perihelion will be held on July 28, 2061 and March 27, 2134, which is 7 and 29 days different from the forecast given in the catalog Kazuo Kinoshita.

It is shown that for the greater part of the time interval (1819-2103), the difference in the elements of the Encke comet's orbits obtained by solving equations based on the new interaction principle and catalog data is completely satisfactory. The greatest differences of the orbital elements was achieved in the past at the end of the integration interval. Probably, the reasons for this discrepancy are related to the inaccuracy of the reference orbits calculated on the basis of not entirely reliable observations, and the use of numerical integration methods in their correction.

From a comparison of the elements of the orbits of the Faye comet found with the help of a numerical solution of the equations of motion and given in the Kazuo Kinoshita catalog, it follows that the differences in the orbital elements are associated with different approaches when evaluating of the non-gravitational effects.

## АНАЛИЗ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ДАННЫХ О КОМЕТАХ C/2001 Q4 (NEAT) И C/1999 S4 (LINEAR), РАНЕЕ ПОЛУЧЕННЫХ В ШЕМАХИНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

<sup>1</sup>Зиманова А. Л., <sup>1</sup>Полюшкина Д. К., <sup>2</sup>Бусарев В. В., <sup>3</sup>Гулиев А. С., <sup>3</sup>Михайлов Х. М.

<sup>1</sup>МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ГАИШ МГУ, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>Шемахинская астрофизическая обсерватория им. Насреддина Туси Института Физики АН

Азербайджана, Шемахы, Азербайджан

[anyazimanova@rambler.ru](mailto:anyazimanova@rambler.ru)

Нами проведены уточнение шкал длин волны идентификация эмиссионных линий полиароматических ароматических углеводородов (ПАУ) и простейших молекул в эшелле-спектрах двух долгопериодических комет 2001 Q4 ( $R \approx 40000$ ) и 1999 S4 ( $R \approx 14000$ ), полученных в Шемахинской обсерватории соответственно в 2004 и 2000 гг. Перекалибровка шкал длин волн осуществлялась с помощью программного пакета DECH по спектру Солнца и эмиссионным линиям земной атмосферы. Для идентификации эмиссионных линий ПАУ и простейших молекул в спектрах комет использовались опубликованные спектральные данные их лабораторных исследований, а также аналогичные данные о других кометах.

В результате работы выявлены кандидаты в ароматические углеводороды в составе вещества 2001 Q4 и 1999 S4 (такие как пирен, тетрафен, коронен, хризен и др.) и простейшие молекулы ( $C_2$ ,  $H_2O^+$ ,  $NH_2$ , и  $CN$ ). На основании полученной новой информации будет сделано несколько выводов, касающихся эволюции комет в Солнечной системе.

## ANALYSIS OF SPECTROSCOPIC DATA ON COMETS C/2001 Q4 (NEAT) AND C/1999 S4 (LINEAR) OBTAINED PREVIOUSLY IN SHAMAKHI OBSERVATORY

<sup>1</sup>Zimanova A. L., <sup>1</sup>Polyushkina D. K., <sup>2</sup>Busarev V. V., <sup>3</sup>Guliyev A. S., <sup>3</sup>Mikhayilov Kh. M.

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Sternberg Astronomical Institute MSU, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Shamakhi Astrophysical Observatory of Institute of Physics of National Academy of Sciences of

Azerbaijan, Shamakhi, Azerbaijan

[anyazimanova@rambler.ru](mailto:anyazimanova@rambler.ru)

We performed refinement of the wavelength scales and identification of the emission lines polyaromatic aromatic hydrocarbons (PAHs) and the simplest molecules in echelle-spectra of two long-period comets 2001 Q4 ( $R \approx 40000$ ) and 1999 S4 ( $R \approx 14000$ ) obtained at the Shamakhi Observatory in 2004 and 2000, respectively. Recalibration of the wavelength scales of the was carried out using the software package DECH, spectrum of the Sun and the emission lines of earth's atmosphere. To identify the emission lines and the simplest PAH molecules in the spectra of comets was used published spectral data of their laboratory studies, as well as similar data on other comets.

As a result of the work, candidates for the aromatic hydrocarbons in the composition of the substance 2001 Q4 and 1999 S4 (such as pyrene, tetrafen, coronen, chrysene, etc.) and simple molecules ( $C_2$ ,  $H_2O^+$ ,  $NH_2$ , and  $CN$ ) were identified. On the basis of the new information, several conclusions about the evolution of comets in the Solar system will be made.

## **ЭВОЛЮЦИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКОЙ КОМЕТЫ 8P/ ТУТТЛЯ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ**

Ибадинов Х.И., Асоев Х.Г., Буриев А.М.

Институт астрофизики Академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан  
[ibadinov@mail.ru](mailto:ibadinov@mail.ru)

Исследована эволюция фотометрических параметров ( $m_0$  и  $n$ ) и спектра излучений атмосферы короткопериодической кометы 8P / Туттля. Выявлено заметное изменение фотометрических параметров кометы в течении 220 лет наблюдений. Комета после перигелия более активна, чем до перигелия. Незначительные изменения параметров орбиты кометы за этот период наблюдений на фотометрические параметры кометы заметно не влияют. Абсолютная яркость кометы коррелируется с активностью Солнца.

## **EVOLUTION OF THE PHOTOMETRIC PARAMETERS OF THE SHORT-PERIODIC COMET 8P / TUTTL AND SOLAR ACTIVITY**

Ibadinov H. I., Asoyev H. G., Buriev A.M.

Institute of astrophysics of Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan  
[ibadinov@mail.ru](mailto:ibadinov@mail.ru)

The evolution of the photometric parameters ( $m_0$  and  $n$ ) and the spectrum of the atmosphere of short-period comets 8P / Tuttle is studied. A noticeable variation in the photometric parameters of the comet during the 220 years of observation. After the comet perihelion more active than before perihelion. Minor changes of the orbital parameters of the comet during this period of observations on the photometric parameters of the comet will have no noticeable effect. The absolute brightness of the comet is correlated with the solar activity.

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АНОМАЛЬНОГО ХВОСТА КОМЕТ**<sup>1</sup>Ибадинов Х.И., <sup>2</sup>Сафаров А.Г.<sup>1</sup>Институт астрофизики АН РТ, Душанбе, Республика Таджикистан<sup>2</sup>Таджикский национальный университет

Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан

ibadinov@mail.ru, aj\_safarov@mail.ru

Нами изучены закономерности и физические условия образования аномального хвоста 80 комет (время образования, скорости извержения частиц из ядра) и предложены возможные механизмы их образования. Сделано заключение, что большие скорости выброса из ядра пылевых частиц аномального хвоста комет C/1823Y1, C/1844 U1, C/1883 D1, C/1888 R1, C/1910 A1, C/1922 U1, C/1931 O1, C/1931 P1, C/1932 M2, C/1935 A1, C/1939 B1, C/1954 O1, C/1963 A1, C/1968 H1, C/1973 E1, C/1987 P1, C/1995 O1, C/1999 T2, C/1999 H1, C/2002 T7, C/2004 F4, 7P/1869 G1, 19P/1918, 34P/1938 J1, 67P/1982, 109P/1862 O1 и 213P/2009 B3 связаны со столкновением ядра этих комет с другими телами Солнечной системы. Установлена связь аномального хвоста комет с делением ядра комет. Выявлены 24 кометы с аномальным хвостом, способные породить метеороидный рой, не пересекающий орбиту Земли.

**THE FORMATION CONDITIONS OF THE ABNORMAL TAIL OF COMETS**<sup>1</sup>Ibadinov Kh. I., <sup>2</sup>Safarov A. G.<sup>1</sup>Institute of astrophysics of Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan<sup>2</sup>Tajik national university, Dushanbe, Tajikistan

ibadinov@mail.ru, aj\_safarov@mail.ru

We studied the pattern and physical conditions for the formation of an abnormal tail of a 80 comets (the time of formation, the rate of eruption of particles from the nucleus) and the possible mechanisms of their formation. It is concluded that a large ejection velocity from the nucleus the dust particles of the anomalous tail of comet C/1823Y1, C/1844 U1, C/1883 D1, C/1888 R1, C/1910 A1, and C/1922 U1, C/1931 O1, C/1931 P1, C/1932 M2, C/1935 A1, C/1939 B1, C/1954, O1, C/1963 A1, C/1968 H1, C/1973 E1 C/1987 P1, C/1995 O1, C/1999 T2, C/1999 H1 C/2002 T7, C/2004 F4, 7P/1869 G1, 19P/1918, 34P/1938 J1, 67P/1982, 109P/1862 O1 and 213P/2009 B3 associated with the collision of the nuclei of these comets with other Solar system bodies. The connection of the anomalous tail of the comets with the division of the nucleus of comets. Identified 24 comets with an abnormal tail, is able to produce meteoroidal swarms, not crossing the Earth's orbit.

## POLARIMETRY OF DISTANT COMETS OF DUST

<sup>1,2</sup>Ivanova O., <sup>3</sup>Afanasiev V., <sup>2</sup>Dlugach J.<sup>1</sup>Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Tatranska Lomnica, Slovak Republic<sup>2</sup>Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine<sup>3</sup>Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Nizhnij Arkhyz, Russia  
[oiivanova@ta3.sk](mailto:oiivanova@ta3.sk)

*We present new results of continuum polarization measurements for six distant comets: C/2011 S1 (LINEAR), C/2011 R1 (LINEAR), C/2014 A4 (SONEAR), C/2013 V4 (Catalina), and C/2011 KP36 (Spacewatch) with perihelion distances more than 3 au. These comets show significant activity beyond the Jovian orbit. Polarization maps of these comets show spatial variations of polarization over the coma from about  $-2\%$  up to  $-4\%$  at phase angles  $\alpha$  from  $4.9^\circ$  up to  $14^\circ$  what may be related to changes in physical properties of the dust particles. Average values of the polarization are significantly higher (in absolute values) than the typical value of polarization ( $\sim 1.5\%$ ) observed for the dust comas of the most comets close to the Sun. Probably, the dust in distant comets differs from that in the short-period comets. We compare all available observational data with the results of numerical modeling performed early for comet C/2011 S1 (LINEAR) by using the superposition T-matrix method. As a result of solving the radiative transfer equation for the cometary coma of different optical thickness composed of such aggregate particles, we present the values of geometrical  $A_g$  and visual  $A(\alpha)$  albedo. We conclude that the small number of observational data does not permit to make reliable conclusions about the physical properties of particles in the atmospheres of distant comets. New photometric and polarimetric observations performed in a wide range of wavelengths and phase angles are required to provide a reliable physical model of the cometary dust.*

**FABRY-PEROT OBSERVATIONS OF [OI] EMISSION OF COMET 252P/LINEAR AT 6-M TELESCOPE SAO RAS**<sup>1,2</sup>Ivanova O., <sup>3</sup>Moiseev A., <sup>3</sup>Afanasiev V.<sup>1</sup> Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Tatranská Lomnica, Slovak Republic<sup>2</sup> Main Astronomical Observatory, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine<sup>3</sup> Special Astrophysical Observatory, Nizhnij Arkhyz, Russia[oivanova@ta3.sk](mailto:oivanova@ta3.sk)

Comet 252P/LINEAR is a Jupiter-family comet and near-Earth object discovered by the LINEAR survey on April 7, 2000. Observations: Comet 252P/LINEAR was observed during two periods: on April 1, 2016 and April 5, 2016, when its heliocentric distance,  $r$ , increased from 1.024 to 1.038 au, and phase angle,  $\alpha$ , was between  $68^\circ$  and  $63^\circ$ . The observations of the comet were performed at the 6-m telescope BTA of the Special Astrophysical Observatory (Russia) with the multi-mode focal reducer SCORPIO-2. The following modes of the instrument were used for observations: direct CCD images, the long-slit spectroscopy and with Fabry-Perot etalon. Scans of the [OI] $\lambda$ 6300 emission line were obtained in the order to estimate oxygen production. By taking into account photodissociation of H<sub>2</sub>O and OH as sources of O(<sup>1</sup>D), we find the ratio  $Q(\text{H}_2\text{O})/Q(\text{O}(^1\text{D}))$  and obtain  $Q(\text{H}_2\text{O})$  from our  $Q(\text{O}(^1\text{D}))$  measurements. Molecular emissions of C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, CN, NH<sub>2</sub> and CO<sup>+</sup> in the cometary coma were identified from analysis of long-slit spectroscopy of the comet. The dust coma shows a strong enhancement in the sunward direction.

**МИГРАЦИЯ МАЛЫХ ТЕЛ К ПЛАНЕТАМ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ**<sup>1,2</sup>Ипатов С. И., <sup>1</sup>Маров М. Я.<sup>1</sup>ГЕОХИ имени В.И. Вернадского РАН, Москва, Российская Федерация<sup>2</sup> ИКИ РАН, Москва, Российская Федерация

siipatov@hotmail.com, marovmail@yandex.ru

Проведенные нами исследования миграции малых тел из различных областей Солнечной системы к формирующимся и современным планетам земной группы основаны на результатах численного моделирования эволюции орбит десятков тысяч малых тел под гравитационным влиянием планет. Исследовалась миграция планетезималей, объектов, пересекающих орбиту Юпитера, астероидов и транснептуновых объектов. В некоторых расчетах миграции планетезималей из зоны питания Юпитера и Сатурна рассматривались все планеты. В других расчетах Уран и Нептун были исключены. Кроме расчетов с современными массами планет земной группы, были сделаны расчеты с массами планет, меньшими в десять раз, чем их современные массы. При интегрировании использовался метод Булирша-Штера или симплектический метод. Общая масса воды, доставленной из зоны питания планет-гигантов к Земле, могла быть порядка массы воды в земных океанах. При этом отношение массы воды, доставленной к планете объектами, пересекающими орбиту Юпитера, к массе планеты могло быть больше для Меркурия, Венеры и Марса, чем для Земли. При росте массы зародыша Земли до половины современной массы Земли масса воды, доставленной к зародышу из зоны питания Юпитера и Сатурна, могла составлять около 30% всей воды, доставленной к Земле из этой зоны. При сильно эксцентричных орбитах тел эффективные радиусы Земли и Луны приблизительно пропорциональны их радиусам, и масса вещества, включая воду, доставленного к Луне из-за орбиты Юпитера, могла быть только на порядок меньше массы вещества, доставленного на Землю. Исследования были поддержаны грантом Российского научного фонда N 17-17-01279 и Программой фундаментальных исследований Президиума РАН № 22.

**MIGRATION OF SMALL BODIES TO THE TERRESTRIAL PLANETS**<sup>1,2</sup> Ipatov S. I., <sup>1</sup>Marov M. Ya.<sup>1</sup>Vernadsky Institute, Moscow, Russia<sup>2</sup>Space Research Institute, Moscow, Russia

siipatov@hotmail.com, marovmail@yandex.ru

Our studies of migration of small bodies from different regions of the Solar system to the forming and present terrestrial planets were based on computer simulations of the orbital evolution of several tens of thousands of small bodies under the gravitational influence of planets. We studied migration of planetesimals, Jupiter-crossing objects, asteroids, and trans-Neptunian objects. In some runs of migration of planetesimals from the feeding zone of Jupiter and Saturn, all planets were considered. In other runs, Uranus and Neptune were excluded. Besides runs with present masses of the terrestrial planets, we made runs with masses of the planets smaller by a factor of ten than the present masses. The Bulirsh-Stoer method or symplectic method were used for integration. The total mass of water delivered to the Earth from the feeding zones of the giant planets could be about the mass of water in the Earth's oceans. The ratio of the mass of the water delivered by Jupiter-crossing objects to a planet to the mass of the planet could be greater for Mercury, Venus and Mars than for Earth. During the growth of the mass of the Earth's embryo up to a half of the present mass of the Earth, the amount of water delivered to the embryo from the feeding zone of Jupiter and Saturn could be about 30% of all water delivered to the Earth from this zone. For highly eccentric orbits of bodies, the effective radii of the Earth and the Moon are approximately proportional to their radii, and the amount of the material, including water, delivered to the Moon from outside Jupiter's orbit could be only by an order of magnitude smaller than that delivered to the Earth. The work was supported by the grant of Russian Science Foundation N 17-17-01279 and by the Program of Fundamental Studies of the Presidium of RAS № 22.

## ФОРМИРОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ МАЛЫХ ТЕЛ И ЗАРОДЫШЕЙ ЛУНЫ И ЗЕМЛИ

<sup>1,2</sup> Ипатов С. И.

<sup>1</sup>ГЕОХИ имени В.И. Вернадского РАН, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ИКИ РАН, Москва, Российская Федерация

[siipatov@hotmail.com](mailto:siipatov@hotmail.com)

Формирование спутниковых систем малых тел и зародышей Земли и Луны на стадии разреженных сгущений (состоявших из объектов диаметром, меньшим 1 м) рассматривается в рамках одной и той же модели. Ипатов (Астрон. Вестн., 2017, т. 51, № 4, С. 321-343) показал, что угловые скорости сгущений, использовавшиеся в расчетах Несворного и др. (AJ, 2010, 140, 785-793) в качестве исходных данных при моделировании сжатия разреженных сгущений, приводящего к формированию спутниковых систем транснептуновых объектов, могли быть получены при столкновениях сгущений, радиусы которых сопоставимы с их радиусами Хилла, а гелиоцентрические орбиты которых круговые. Рассматриваемая мною модель хорошо объясняет особенности зависимостей элементов орбит и масс компонент известных двойных транснептуновых объектов (Ипатов, Астрон. Вестн., 2017, т. 51, № 5, в печати). Исходные осевые моменты сгущений не достаточны для формирования спутниковых систем. Угловой момент, приобретаемый сгущением при его росте за счет малых объектов, положителен при слабо эксцентричных гелиоцентрических орбитах, в то время как значительная часть спутниковых систем малых тел имеет отрицательные угловые моменты. Знак углового момента при столкновении сгущений зависит от параметров столкновения. Угловой момент сгущения, который использовался Галимовым и Кривцовым (E.M. Galimov, A.M. Krivtsov, Origin of the Moon. New concept. / De Gruyter. Berlin, 2012, 168 p.) при моделировании сжатия сгущения, приводящего к образованию зародышей Земли и Луны, мог быть получен при столкновении двух сгущений. Работа была поддержана грантом РФФИ № 17-02-00507 А (формирование спутниковых систем малых тел), грантом РФФИ № 17-17-01279 (формирование Луны) и программой Президиума РАН N 9.

## FORMATION OF SATELLITE SYSTEMS OF SMALL BODIES AND THE EMBRYOS OF THE MOON AND THE EARTH

<sup>1,2</sup> Ipatov S.I.

<sup>1</sup>V.I. Vernadsky Institute of RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia

[siipatov@hotmail.com](mailto:siipatov@hotmail.com)

The formation of satellite systems of small bodies and embryos of the Earth and the Moon at the stage of rarefied condensations (consisting of objects with a diameter less than 1 m) is considered with the use of the same model. Ipatov (Solar System Research, 2017, v. 51, No. 4, 294-314) showed that the angular velocities of condensations used in (Nesvornyi et al., AJ, 2010, 140, 785-793) as initial data for computer simulations of compression of rarefied condensations leading to the formation of satellite systems of trans-Neptunian objects could be obtained at collisions of condensations. My considered model explains well the observed dependences of the orbital elements and masses of the components of binary trans-Neptunian objects (Ipatov, Solar System Research, 2017, v. 51, No. 5, in press). The initial angular momenta of the condensations are not sufficient for the formation of satellite systems of small bodies. The angular momentum acquired by the condensation at its growth due to accumulation of small objects is positive at small eccentricities of heliocentric orbits, while a significant fraction of satellite systems has negative angular momenta. The sign of the angular momentum at a collision of condensations depends on the parameters of the collision. The angular momentum of the condensation used by E.M. Galimov and A.M. Krivtsov (Origin of the Moon. / De Gruyter. Berlin, 2012, 168 p.) in their computer simulations of compression of condensations leading to the formation of embryos of the Earth and the Moon could be obtained at a collision of two condensations. The work was supported in part by the grant of Russian Foundation for Basic Research № 17-02-00507 A (satellite systems of small bodies), by the grant of Russian Science Foundation № 17-17-01279 (formation of the Moon) and by the Program of the Fundamental Studies of the Presidium of the RAS N 9.

## ОКОЛОСОЛНЕЧНЫЕ КОМЕТЫ СЕМЕЙСТВ МАРСДЕНА И КРАХТА

Калиничева О.В.

Вологодский государственный университет, Вологда, Российская Федерация

olga\_kalinicheva@mail.ru

Околосолнечные кометы (sungrazing comets, sungrazers) – кометы с малыми перигелийными расстоянием ( $q < 0.1$  а.е.). Для комет семейств Марсдена и Крахта перигелийные расстояния  $6R_C < q < 12R_C$  (в этом же интервале перигелийных расстояний находятся и кометы семейства Мейера), что в несколько раз больше перигелийных расстояний комет семейства Крейца ( $q < 2R_C$ ). Число известных членов рассматриваемых семейств гораздо меньше, чем комет семейства Крейца, в используемом каталоге насчитывается  $N = 34$  появления комет семейства Марсдена и  $N = 44$  появления комет семейства Крахта.

Кометы семейств Марсдена и Крахта связаны друг с другом общностью происхождения, они вместе с кометой 96P (Макхольца), метеорными потоками Ариетиды и Южные  $\delta$  Аквариды образуют межпланетных комплекс Макхольца. Все представители комплекса имеют общую линию апсид. В работе проведено численное моделирование движения фрагментов кометы с элементами орбит, близкими к элементам орбиты 96P. Получено, что направление эволюции объектов комплекса следующее: комета-прародительница—комета 96P—кометы семейства Марсдена—кометы семейства Крахта—поток  $\delta$  Аквариды. Причем не все объекты комплекса последовательно пройдут все перечисленные состояния, поскольку полная дезинтеграция объекта может наступить раньше.

## COMETS OF THE MARSDEN AND KRACHT GROUPS

Kalinicheva O.V.

Vologda State University, Vologda, Russia

olga\_kalinicheva@mail.ru

Sungrazing comets are comets with small perihelion distance ( $q < 0.1$  AU). Perihelion distances of Marsden and Kracht group comets fall into the range of  $6R_C < q < 12R_C$  (Meyer group comets also share the same perihelion interval). It is by several folds larger than the perihelion distance of the Kreutz group comets ( $q < 2R_C$ ). The number of known members of these groups is much smaller than the number of Kreutz group members; in the used catalogue there are  $N = 34$  appearances of the Marsden group comets and  $N = 44$  appearances of the Kracht group comets.

Marsden and Kracht group comets share the same origin; together with 96P (Machholz), meteor stream of Arietids and Southern  $\delta$  Aquarids form the Machholz interplanetary complex. All objects belonging to the complex have the same apsidal line. This work offers computational movement simulation for comet fragments that have elements of their orbits similar to elements of the 96P orbit. The following evolution direction has been demonstrated for the complex objects: progenitor comet – comet 96P – Marsden group comets – Kracht group comets – Southern  $\delta$  Aquarids. However not all the complex objects will necessarily pass through every stage of the above as it can be preceded by the total disintegration of the object.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРНОГО ПОТОКА ПЕРСЕИДЫ В 2014-2015 ГГ.**

Карташова А. П., Болгова Г. Т.  
Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
[akartashova@inasan.ru](mailto:akartashova@inasan.ru)

Представлены результаты телевизионных наблюдений метеорного потока Персеиды в 2014-2015 гг. Для наблюдения в широком поле использовались телевизионные системы (камера Watec LCL-902HS и объектив Computar 6/0.8). Наблюдения проводились базисным методом с двух пунктов, расположенных на расстоянии 20 км. Вычислены основные параметры (радиант, геоцентрическая скорость, орбитальные параметры) для базисных метеоров потока Персеиды. Приведена оценка распределения по солнечной долготе и по дате Индекса метеорной активности (ИМА) Персеид в 2014-2015 г. Показано, что максимум активности потока Персеиды был 12. Представлены распределения высот загорания и потухания для метеоров из данного потока по абсолютной звездной величине. Вычислен суточный дрейф радианта метеорного потока Персеиды. Также приводится распределение Персеид в 2014-2015 г. по яркости (массе).

**RESEARCH OF THE PERSEID METEOR SHOWER IN 2014-2015**

Kartashova A., Bolgova G.  
Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
[akartashova@inasan.ru](mailto:akartashova@inasan.ru)

The results of TV observations of the Perseid meteor shower in 2014-2015 are presented. For observation in the wide field of view television systems (the camera Watec LCL-902HS and the lense Computar 6/0.8) were used. Observations were carried out by a double-station method (the distance between two stations is 20 km). The basic parameters (radiants, geocentric velocities, orbital parameters) were calculated for double-stations Perseids. The distribution of the Index Meteor Activity (IMA) of Perseids in 2014-2015 is presented. The maximum activity of the Perseids (with maximum values of IMA) was obtained in 12 August. Distributions of the beginning and ending heights of Perseid meteors by absolute magnitude are presented. The daily Perseid radiant drift was calculated by our data in 2014-2015. The distribution of Perseid meteors by absolute magnitude (mass) is presented also.

## ИЗУЧЕНИЕ МЕТЕОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПО КОМБИНИРОВАННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ

<sup>1</sup>Карташова А. П., <sup>2</sup>Рыбнов Ю. С., <sup>2</sup>Глазачев Д. О., <sup>2</sup>Попова О. П., <sup>1</sup>Болгова Г. Т.

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Институт динамики геосфер РАН, Москва, Российская Федерация  
akartashova@inasan.ru

Взаимодействие метеорных тел с атмосферой приводит к генерации как оптического (метеоры) так и акустического (импульсы давления) излучения. Большинство метеорных частиц не достигают земной поверхности, и их свойства (масса, размер и т. д.) оцениваются по данным наблюдений с использованием целого ряда предположений и моделей взаимодействия с большой неопределенностью. Одновременные комбинированные наблюдения метеоров позволят сопоставить оценки параметров метеороидов, полученные по разным наблюдательным данным, уточнить модели взаимодействия частиц с атмосферой. Комбинированные (оптические и акустические) метеорные наблюдения были организованы Институтом астрономии РАН (ИНАСАН) и Институтом динамики Геосфер РАН (ИДГ РАН) в 2014 г. и продолжены в 2016 г. Базисные оптические наблюдения проводились на обсерватории Звенигородская (ИНАСАН) и геофизической обсерватории Михнево (ИДГ РАН). Непрерывный мониторинг инфразвука осуществляется на геофизической обсерватории "Михнево", ИДГ РАН и на Звенигородской обсерватории. Колебания давления регистрировались микробарометрами, чувствительных в диапазоне частот 0.001 – 20 Гц. Работа была поддержана программой Президиума РАН №7.

## THE INVESTIGATION OF METEOR BY MULTI- TECHNICAL OBSERVATIONS

<sup>1</sup>Kartashova A., <sup>2</sup>Rybnov Yu., <sup>2</sup>Popova O., <sup>2</sup>Glazachev D., <sup>1</sup>Bolgova G.

<sup>1</sup> Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Institute for Dynamics of Geospheres, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
[akartashova@inasan.ru](mailto:akartashova@inasan.ru)

The interaction of meteor particles with the atmosphere produces the optical (actually meteors) and infrasound emission. Most meteor particles do not reach the surface of the Earth, their properties (mass, size, density and etc.) are estimated based on the observational data under different assumptions. The details of meteor-atmosphere interaction are poorly known, the parameters of meteor particles are determined with large uncertainty. Simultaneous registration of meteors by different techniques provides possibility to refine both the meteor parameters and models of particle interactions with the atmosphere. Test multi technique (optical and acoustical) meteor observations were organized by Institute Astronomy RAS and Institute for Dynamics of Geospheres RAS in 2014 and continued in August 2016. The double-station observations are conducted on Zvenigorod observatory of INASAN (ZO INASAN) and Geophysical observatory IDG RAS Mikhnevo (GPhO Mikhnevo). Registration of pressure variations was carried out by infrasound stations, which included microbarometers allowing one to register the pressure changes from 0.02 Pa to 200 Pa in the frequency band of 0.001 – 20 Hz. The work was partially supported by the Program № 7 of the fundamental research of the Presidium of RAS.

[31]  
**ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЗАВОЛЖСКОГО МУЗЕЯ ПО СОХРАНЕНИЮ ПАМЯТИ Ф.А.  
БРЕДИХИНА**

Касаткина С. В.  
Заволжский городской художественно-краеведческий музей, Заволжск, Россия  
[kasatkinas68@mail.ru](mailto:kasatkinas68@mail.ru)

В докладе рассматриваются основные направления деятельности музея по сохранению памяти известного ученого-астронома Ф.А. Бредихина. Анализируется численный и качественный состав фонда Ф.А. Бредихина, который включает в себя документы, фотографии, вещи, принадлежавшие ученому либо его семье, освещается процесс реставрации основных экспонатов. Отмечаются ставшие традиционными мероприятия музея такие как день памяти Ф.А. Бредихина, астрономические наблюдения в телескоп для всех желающих, экскурсии по новой экспозиции музея, созданной в 2014 году. В докладе рассматриваются результаты научно-исследовательской работы сотрудников музея по уточнению биографии ученого, отмечаются сообщения и лекции по этой теме, сделанные на научных конференциях. Рассказывается о издании новых книг, посвященных Ф.А. Бредихину, о планах и новых идеях (например, создания астрономического центра в Заволжске).

**ZAVOLZHISK MUSEUM ACTIVITIES ON FEDOR BREDIKHIN MEMORIZING**

Kasatkina S. V.  
Zavolzhsk museum, Zavolzhsk, Russia  
[kasatkinas68@mail.ru](mailto:kasatkinas68@mail.ru)

**ОБЪЕКТ 2015ТВ145: АСТЕРОИД ИЛИ УГАСШАЯ КОМЕТА?**

Кохирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Хамроев У.Х.

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан  
kokhirova2004@mail.ru

Астероид, сближающийся с Землей (АСЗ), 2015ТВ145 открыт 10 октября 2015 г., а уже 31 октября он сблизился с Землей на минимальном расстоянии. По полученным радиолокационным снимкам астероида сделано предположение, что в действительности он является угасшим кометным ядром. Для проверки предположения, нами исследована дифференциальная эволюция орбиты АСЗ 2015ТВ145 на интервале времени 100000 лет под действием планетных возмущений. Показано, что астероид за один цикл изменения аргумента перигелия его орбиты, примерно 40 тыс. лет, пересекает орбиту Земли восемь раз. Следовательно, если объект имеет кометную природу, то он может иметь родственный метеороидный рой, порождающий восемь метеорных потоков, наблюдаемых на Земле. Вычислены параметры теоретических потоков, связанных с 2015ТВ145 и во всех опубликованных каталогах проведен поиск наблюдаемых потоков идентичных теоретически предсказанным. Оказалось, что семь из восьми предсказанных метеорных потоков отождествлены с наблюдаемыми активными потоками. Сделан вывод, что околоземный объект 2015ТВ145 является действительно угасшим ядром родительской кометы выявленного роя.

**THE OBJECT 2015ТВ145: ASTEROID OR INACTIVE COMET?**

Kokhirova G.I., Babadzhanov P.B., Khamroev U.Kh.

Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan  
kokhirova2004@mail.ru

The Earth-crossing asteroid 2015ТВ145 was discovered on 10 October 2015 and on 31 October 2015 approached the Earth at the minimal distance. On the base of obtained radio images of asteroid it was suggested that it really is a dead comet. For verification of the proposition the differential orbital evolution of the asteroid 2015ТВ145 was investigated under the perturbing action of major planets for the time interval of 100 thousand years. It was shown, that the object intersects the Earth's orbit eight times during one cycle of variations of the argument of perihelion which is equal to about 40 thousand years. Consequently, if the object is of a cometary nature, it can be associated with a meteoroid stream producing eight meteor showers observable at the Earth. The features of theoretically predicted meteor showers associated with the 2015ТВ145 were calculated and the search for observable showers identical to predicted was conducted at the all published catalogues. It turned out, that seven from eight predicted showers were identified with the active observable meteor showers. It was concluded, that the near-Earth object 2015ТВ145 is really extinct nucleus of parent comet of revealed stream.

**РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТ 41P/ТУТТЛЯ-ДЖАКОБИНИ-КРЕСАКА И C/2015 V2 (ДЖОНСОН) В ТАДЖИКИСТАНЕ**

Кохирова Г. И., Хамроев У. Х., Буриев А. М., Абдуллоев С. Х., Ибрагимов А. А.,  
Сафаров А. Г., Мулло-Абдолов А. Ш., Юсупов М.

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан  
[kokhirova2004@mail.ru](mailto:kokhirova2004@mail.ru)

В Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) и Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) Института астрофизики АН РТ проведены синхронные астрометрические и фотометрические наблюдения короткопериодической кометы семейства Юпитера 41P/-Туттля-Джакобини-Кресака и гиперболической кометы C/2015 V2 (Джонсона) в апреле 2017 г. Определены координаты комет, построены видимые кривые блеска и кривые блеска в фильтрах I, R, V и B. Результаты наблюдений в МАОС и ГисАО хорошо согласуются между собой, а также с данными мировых наблюдений. Показано, что после прохождения перигелия блеск кометы 41P постепенно ослабевал, однако 18 апреля наблюдалось небольшое его увеличение, что можно объяснить возникновением локальной активности на поверхности ядра кометы и выбросом дополнительной газопылевой субстанции, т.е. образованием локального джета. Показатели цвета (V-R) и (R-I) для 41P соответствуют интервалу значений для известных комет семейства Юпитера, что указывает на общий источник с кометами этого семейства происхождения кометы 41P. Кривая блеска кометы C/2015 V2 показывает постепенное увеличение яркости объекта, что соответствует его приближению к перигелию орбиты.

**THE RESULTS OF OBSERVATIONS OF COMETS 41P/TUTTLE-GIACOBINI-KRESAK AND C/2015 V2 (JONSON) IN TAJIKISTAN**

Kokhirova G.I., Khamroev U. Kh., Buriev A.M., Abdulloev S.H., Ibragimov A.A.,  
Safarov A.G., Mullo-Abdolov A.Sh., Yusupov M.

Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan  
[kokhirova2004@mail.ru](mailto:kokhirova2004@mail.ru)

Simultaneous astrometric and photometric observations of short-period Jupiter family comet (JFC) 41P/Tuttle-Giacobini-Kresak and hyperbolic comet C/2015 (Jonson) were carried out in the International astronomical observatory Sanglokh (IAOS) and Gissar Astronomical observatory (GisAO) of the Institute of Astrophysics of the AS RT in April 2017. The comets positions, light curves both visual and in I, R, V and B-bands filters have been obtained. The results of observations in IAOS and GisAO are in good agreement between itself as well are consistent with the data of another observations. It is shown that after the perihelion the brightness of comet 41P was gradually decreased however a bit increasing of light was observed in April 18 that may be explained by a formation of local activity on the comet's surface and the ejection of addition gas-dust substantion, i.e. formation of the local jet. Color indexes (V-R) and (R-I) of 41P are consistent with the range of their values for known JFC that point to a common source of origin of these comets. The light curve of comet 48P demonstrates gradual increasing of its brightness that is corresponding to an approaching of comet to its perihelion.

**ОЦЕНКА МЕТЕОРОИДНОГО РИСКА В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Муртазов А.К., Ефимов А.В.  
РГУ имени С.А. Есенина, Рязань, Российская Федерация  
[a.murtazov@rsu.edu.ru](mailto:a.murtazov@rsu.edu.ru), [a.efimov@rsu.edu.ru](mailto:a.efimov@rsu.edu.ru)

Метеороидный риск в околоземном пространстве обусловлен, главным образом, телами с размерами 1-10 мм. Такие тела не регистрируются современными средствами мониторинга, а обнаруживаются только по вызываемым ими метеорным явлениям.

В работе проанализирована активность основных метеорных потоков в течение нескольких лет, и оценена метеороидная опасность, создаваемая в околоземном пространстве частицами размерами более 1 мм.

Результаты расчета метеороидного риска в периоды максимальной активности этих потоков показали, что, несмотря на невысокие значения, он достаточно близок к величине предельно допустимого риска. Это уже представляет заметную опасность, и такая опасность нуждается в учете.

**ASSESSING THE METEOROID RISK IN CIRCUMTERRESTRIAL SPACE**

Murtazov A.K., Efimov A.V.  
Ryazan state university, Ryazan, Russia  
[a.murtazov@rsu.edu.ru](mailto:a.murtazov@rsu.edu.ru), [a.efimov@rsu.edu.ru](mailto:a.efimov@rsu.edu.ru)

The meteoroid risk in circumterrestrial space is basically caused by 1-10 mm meteoroid bodies. Meteoroid particles of such dimensions cannot be registered by modern monitoring astronomical instruments. Observable are only meteor phenomenon they cause.

This work analyses the activity of main meteor showers over several years and assesses the danger from meteoroids with a size of more than 1 mm.

The results of calculating the meteoroid risk during these showers' maximum activity periods have shown that despite its low values it is sufficiently close to the maximum allowable risk. This already constitutes a recognizable danger, and such a danger needs to be taken into consideration.

## КАТАЛОГ РАДИАНТОВ, СКОРОСТЕЙ, ОРБИТ И АТМОСФЕРНЫХ ТРАЕКТОРИЙ РАДИО МЕТЕОРОВ ЯРЧЕ +5<sup>m</sup>

Нарзиев М., Чеботарев Р. П.

Институт астрофизики АН Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан  
[mirhusseyn\\_narzi@mail.ru](mailto:mirhusseyn_narzi@mail.ru)

Для изучения физико-кинематических и динамических характеристик метеоров и атмосферы в XX веке в Джодрэл Бэнке (Англии), в Гарварде (США), Оттаве (Канаде), Харькове (Украине), в Обнинске (Россия), ГисАО (Таджикистане) и т.д., были созданы комплексы радиоаппаратуры, на базе которых по разным национальным и международным программам проведены наблюдения. В частности в период действия Советской экваториальной метеорной экспедиции (Сомали) в 1968-1970 гг. одновременно в ГисАО были организованы радионаблюдения с 4-х пунктов. Однако в большинстве станций для измерения радиантов и скоростей индивидуальных метеоров был использован дифракционный метод, имевший два недостатка: а) он применим для обработки 15-25% метеоров; б) погрешность измерения с ростом зенитного расстояния радианта до 60°-70° увеличивается в 2-3 раза, а при дальнейшем росте растет еще быстрее, так что измерения теряют смысл.

Пеленгационно-временной метод измерения радиантов и скоростей, впервые применяемый в Таджикистане, примерно вдвое увеличивает число измеренных метеоров, а погрешность измерения зенитного расстояния радианта не зависит от его положения.

В каталоге, наряду с радиантами, скоростями и элементами орбит, впервые приводятся высоты, величина линейной электронной плотности, радиовеличина и массы каждого из 8100 радиометеоров, зарегистрированных с декабря 1968 по декабрь 1969 г.

## THE CATALOGUE OF RADIANTS, VELOCITIES, ORBITS, AND ATMOSPHERIC TRAJECTORIES OF RADIO METEORS BRIGHTER +5<sup>m</sup>

Narziev M., Chebotarev R. P.

Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan  
[mirhusseyn\\_narzi@mail.ru](mailto:mirhusseyn_narzi@mail.ru)

For the study of physical and kinematic and dynamic characteristics of meteors and the atmosphere in the XX century in Jodrel the Bank (of England), Harvard (USA), Ottawa (Canada), Kharkov (Ukraine), in Obninsk (Russia), HisAO (Tajikistan), etc., was a set of radio equipment, which according to various national and international programs which was conducted the observation. In particular during the period of the Soviet Equatorial meteor expedition (Somalia) in 1968-1970 at the same time in HisAO was organized by the radio observations with 4 points. However, in most stations for the measurement of velocities and radiant's of individual meteors were used diffraction method which had two drawbacks: a) it is applicable for handled 15-25% of the meteors, b) measurement error with increasing zenith distance of the radiant to 60°-70° can be increased 2-3 times, and further growth is growing even faster, so that measurement was meaningless.

Bearing-time measurement method of radiant's and velocities used for the first time in Tajikistan, approximately doubles the number of measured meteors, and the measurement errors of the zenith distance of the radiant does not depend on its position.

In the catalog, along with the radiant's, velocities and orbital elements, are given first height, the magnitude of the linear electron density, radio value and mass of each of the 8100 radio meteor, was from December 1968 to December 1969.

## МАССА ОДНОВРЕМЕННО ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ЯРКИХ РАДИО-ОПТИЧЕСКИХ МЕТЕОРОВ

Нарзиев М.

Институт астрофизики АН Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан

[mirhusseyn\\_narzi@mail.ru](mailto:mirhusseyn_narzi@mail.ru)

Для выявления шкалы масс метеоров ярче  $0^m$  по результатам одновременных оптических и радиолокационных наблюдений исследовано отношение интенсивности свечения к линейной электронной плотности в зависимости от скорости  $V$ . Установлено, что отношения  $\lg I/q$  для метеоров ярче  $0^m$  не зависят от скорости. Среднее значение отношения  $\lg I/q$  составляет  $-4.12 \pm 0.12$ . На основе полученных данных выявлены шкалы масс ярких радиометеоров.

Для 27 метеоров, зарегистрированных одновременно оптическим и радиолокационным методами, вычислены их фотометрические и радиолокационные массы. Расчет фотографической  $m_{ph}$  и радиолокационной массы  $m_r$  метеороидов осуществлялся по известным формулам:

$$m_{ph} = 3 H I / 2 \tau_{ph} V^3 \text{Cos } Z \quad (1)$$

$$m_r = 3 H \mu q / 4 \beta \text{Cos } Z \quad (2)$$

где  $H$  – высота однородной атмосферы,  $I_m$  и  $q_m$  – интенсивность свечения и линейная электронная плотность на высоте радиотражения,  $\tau_{\phi}$  – коэффициент свечения и  $\beta$  – коэффициент ионизации,  $Z$  – зенитное расстояние радианта метеора и  $\mu$  – масса атома метеорного вещества. При вычислении массы каждого метеора двумя методами данные  $H$ ,  $I_m$ ,  $q_m$ ,  $V$  и  $\text{Cos } Z$  выбирались по результатам одновременных наблюдений, а средняя масса атомов метеорного вещества принята  $\mu = 3,82 \cdot 10^{-23}$  г. Средние значения фотографической и радиолокационной массы метеороидов составляют соответственно  $0,93 \pm 0,42$  г. и  $0,84 \pm 0,38$  г., что находится в удовлетворительном согласии между собой.

## THE MASS SIMULTANEOUSLY BRIGHT RADIO-OPTICAL METEORS

Narziev M.

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

[mirhusseyn\\_narzi@mail.ru](mailto:mirhusseyn_narzi@mail.ru)

To identify the scale of masses of meteors brighter -  $0^m$  the result of simultaneous optical and radar observations is investigated the relation of luminous intensity to the linear electron density from the velocity  $V$ . Established that the relationship  $\lg I/q$  for meteors brighter -  $0^m$  does not depend on velocity. The average value of the ratio  $\lg I/q$  is  $-4.12 \pm 0.12$ . On the basis of the obtained data revealed the scale of masses of bright radiometers.

For 27 of meteors recorded simultaneously optical and radar methods were computed their photometric and radar mass. The calculation of the photographic  $m_{ph}$  and radar meteoroids mass  $m_r$  was carried out according to the known formulas:

$$m_{ph} = 3 H I / 2 \tau_{ph} V^3 \text{Cos } Z \quad (1)$$

$$m_r = 3 H \mu q / 4 \beta \text{Cos } Z \quad (2)$$

Where  $H$ - is the height of the homogeneous atmosphere,  $I$  and  $q$  – luminescence intensity and the linear electron density on the height radio reflection,  $\tau_{ph}$  – the luminous efficiency and  $\beta$  - ionization coefficient,  $Z$  – the Zenith distance of the radiant of the meteor and  $\mu$ - is the mass of an atom of meteoric matter. For calculating the mass of each meteor two methods data  $H$ ,  $I$ ,  $q$ ,  $V$  and  $\text{Cos } Z$  is chosen according to the results of simultaneous observations, and the average mass of the atoms adopted  $\mu = 3.82 \cdot 10^{-23}$  g. The average values of the photographic and radar mass meteoroids are respectively  $0.93 \pm 0.42$  g and  $0.84 \pm 0.38$ , which is in satisfactory agreement among themselves.

## КАЛЬКУЛЯТОР ПОСЛЕДСТВИЙ СТОЛКНОВЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ С ЗЕМЛЕЙ: КОНСТРУКТОР ОПАСНЫХ ОРБИТ

<sup>1</sup>Нароенков С.А., <sup>2</sup>Глазачев Д.О., <sup>2</sup>Турунтаев И. С., <sup>1</sup>Карташова А.П.

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Российская Федерация  
snaroenkov@inasan.ru

Обнаружения новых астероидов и метеороидов происходит непрерывно. Характеристики и орбитальные параметры уже обнаруженных космических тел также регулярно обновляются. И для каждого объекта необходимо определять потенциальный риск и ущерб, образующийся в случае столкновения такого тела с Землей. Для таких задач мы разрабатываем калькулятор последствий от столкновения опасного с Землей,

Конструктор опасных орбит калькулятора последствий позволяет создать виртуальную (гипотетическую) орбиту небесного тела, которая приведет к столкновению с Землей и оценить возможные последствия столкновения. Создание виртуальной орбиты можно реализовать двумя способами. В первом способе пользователь, подбирая пять параметров Кеплеровой орбиты, дату столкновения, размер объекта, создает опасную орбиту и условия столкновения. Для первого способа прогнозируется место, скорость и энергетика столкновения. Второй способ позволяет спрогнозировать опасную орбиту на основе времени и места столкновения, угла входа в атмосферу, направления и скорости удара. При определении используется численная модель, учитывающая возмущения от Земли, Луны, Солнца, вращения атмосферы, и сопротивление атмосферы.

Численная модель была проверена на орбитах таких тел как Челябинский метеорит, 2008 TC3, метеорит Новато, метеороид 2014 AA. Полученные результаты подтвердили корректность численной модели. Работа поддержана грантом РФФ грант № 16-17-00107.

### IMPACT EFFECTS CALCULATOR: HAZARDOUS ORBIT'S DESIGNER

<sup>1</sup>Naroenkov S., <sup>2</sup>Glazachev D., <sup>2</sup>Turuntaev I., <sup>1</sup>Kartashova A.

<sup>1</sup>Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Institute for Dynamics of Geospheres, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
[snaroenkov@inasan.ru](mailto:snaroenkov@inasan.ru)

Detection of new asteroids and meteoroids proceeds continuously. The characteristics and orbital parameters of an already discovered body are also regularly refined. For any discovered object it is necessary to assess the potential risk and damage resulting from the possible collision of such body with the Earth. For these aims we are developing the impact consequences calculator. Hazardous orbit's designer of the impact consequences calculator allows to create a virtual (hypothetical) orbit of the celestial body, which will lead to a collision with the Earth. The creation of a virtual orbit can be realized by two ways. In the first way, the user, setting five parameters of the Keplerian orbit, the date of collision, the size of the object, creates a dangerous orbit and collision conditions. For the first method, the place, speed and energy of the collision are predicted. The second way allows to predict a dangerous orbit based on the time and place of collision, the angle of entry into the atmosphere, the direction and speed of the impact. We believe that both possibilities can be interesting and in demand.

To determine the orbit a numerical model is used, which takes into account perturbations from the Earth, the Moon, the Sun, the rotation of the atmosphere, and the resistance of the atmosphere. This numerical model was tested at the orbits of such bodies as the Chelyabinsk meteorite, 2008 TC3, Novato meteorite, meteoroid 2014 AA. The results confirmed the correctness of the numerical model for the orbit and the impact point determination. The work was supported by the RSF grant № 16-17-00107

## ЭВОЛЮЦИЯ ОРБИТ АСТЕРОИДОВ 3200 ФАЭТОН, 155140 (2005 UD) И 2011 ХАЗ ГРУППЫ АПОЛЛОНА

Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д.

Калужский филиал МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, Российская Федерация  
[obrubovyu@yandex.ru](mailto:obrubovyu@yandex.ru), [nick-vlaikov@yandex.ru](mailto:nick-vlaikov@yandex.ru)

Астероид 3200 Фаэтон движется по уникальной орбите с перигелийным расстоянием 0,14 а.е. и периодом обращения менее полутора лет. На первом этапе исследования необходимо найти объекты на близких орбитах. Для оценки различий в орбитах мы использовали критерий Саутворта-Хокинса, использующий 5 элементов орбит. В результате были выделены астероиды 2011 ХАЗ и 2005 UD. В настоящий момент времени различие в орбитах трех астероидов относительно велико, но оно может быть результатом влияния планетных возмущений. Исследование вековой эволюции орбит всех трех астероидов с учетом возмущений от всех 8 больших планет было выполнено на интервале времени от 150 000 лет до н.э. до 10 000 лет н.э. по методу Альфана-Горячева. Эти вычисления показывают, что примерно 130 – 140 тысяч лет назад астероиды двигались по значительно более близким орбитам. Элементы орбит на моменты наибольшего сходства  $T$  и соответствующие им значения  $D_{SH}$ -критерия приведены ниже в Таблице.

Малые значения  $D_{SH}$  позволяют сделать вывод, что астероиды группы Аполлона: 3200 Фаэтон, 155140 (2005 UD) и 2011 ХАЗ возможно имеют общее происхождение.

### ORBITAL EVOLUTION OF 3200 PHAETHON, 155140 (2005 UD) AND 2011 XA3 APOLLO ASTEROIDS

Obrubov Yu. V. and Vlaikov N. D.

Kaluga branch of Bauman Moscow State technical University, Kaluga, Russia  
[obrubovyu@yandex.ru](mailto:obrubovyu@yandex.ru), [nick-vlaikov@yandex.ru](mailto:nick-vlaikov@yandex.ru)

Asteroid 3200 Phaethon moves on unique short-period orbit with perihelion distance of about 0,14 AU. At the first step of the search the related asteroids it is necessary to find the objects on close orbits. To evaluate the distance between the orbits we used the  $D_{SH}$  criterion of Southworth and Hawkins which based on 5 orbital elements. As seen now the orbits of 3200 Phaethon and 2011 XA3 are close to each other, but it is not so for 3200 and 155140 (2005 UD). The reason may be the influence of planetary perturbations. Secular planetary perturbations from all 8 planets were calculated by Halphen-Gorjachev method in time interval from 150000 yr BC to 10000 yr AD. The investigations of the variations of  $D_{SH}$  with time reveals the moments of its minima. The orbital elements of asteroids corresponding to these moments  $T$  are given in the Table below:

Objects	$T$	$e$	$q$	$i$	$\Omega$	$\omega$	$D_{SH}$
2005 UD	-139600	0,863	0,174	19,55	149,40	306,76	0,061
2011 XA3		0,901	0,145	20,56	150,16	308,07	
3200	-134300	0,792	0,264	39,46	107,21	2,22	0,145
2005 UD		0,796	0,261	39,22	111,30	348,22	
3200	-127000	0,864	0,173	18,22	66,74	50,23	0,065
2011 XA3		0,903	0,142	19,73	62,92	52,66	

**Table.** The orbits of asteroids at the moments of maxima closeness.  $T$  in yrs BC

The values of  $D_{SH}$  allows to conclude that Apollo asteroids 3200 Phaethon, 155140 (2005UD) and 20011 XA3 have a common origin.

[39]  
**МОДЕЛЬ МИГРАЦИИ КОМЕТ**

Перов Н.И.

ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», Ярославль, Российская Федерация  
[perov@yarplaneta.ru](mailto:perov@yarplaneta.ru)

В работе [1] в рамках парной пространственной задачи двух тел – Солнце-комета и планета-комета – рассматривается процесс перехода кометы с первоначальной гелиоцентрической параболической орбиты на гелиоцентрическую эллиптическую (параболическую – с иными параметрами, гиперболическую) траекторию. Впервые, в аналитическом виде, выведены выражения для вычислений значений параметров орбиты кометы после ее выхода из сферы действия планеты и захвата гравитационным полем Солнца. В представляемой работе, являющейся продолжением [1], локализованы пространственно-временные области вблизи планет-гигантов, через которые должны пройти кометы, чтобы пересечь, в дальнейшем, орбиту Земли (превращаясь в опасные небесные тела и порождая новые метеорные потоки). В частности, показано, если первоначальная параболическая комета, с перигелием в Главном поясе астероидов, подходит к планете-гиганту на определенное расстояние, то затем с планетоцентрической гиперболической орбиты, после выхода кометы из сферы действия планеты, комета переходит на гелиоцентрическую эллиптическую орбиту и пересекает орбиту Земли. При этом для комет, испытавших сближения Юпитером и пересекающих орбиту Земли, соответствующие «замочные скважины» не превышают 0.004 рад.

*Библиографический список*

[1]. Перов Н.И. Модель происхождения планетарных кометных семейств// *Астрономический вестник*. 2005. Т. 39. № 3. С. 281–287.

**MODEL OF MIGRATION OF COMET**

Perov N. I.

States Autonomous Organization of Culture and Education named after V.V. Tereshkova, Yaroslavl,  
Russia  
[perov@yarplaneta.ru](mailto:perov@yarplaneta.ru)

In the work [1] the process of the transition of a comet from an initial heliocentric parabolic orbit into a heliocentric elliptical (parabolic with different parameters or hyperbolic) trajectory is analyzed in terms of pairwise three dimensional two-body problem: Sun – comet and planet – comet. For the first time, analytical formulas are reported for the orbital parameters of the comet after it escapes the sphere of influence of a planet and captured by the gravitational field of the Sun. Here, we localize space-time regions near the giant planets. Comets, after crossing these regions, are passing near the orbit of the Earth. These small bodies are considered as hazardous bodies and they form meteoric streams if the corresponding “key holes” are less than 0.004 rad (for Jupiter).

*References*

[1]. Perov N. I. Model of the origin of planetary comet family// *Solar System Research*. 2005. V.39. Issue 3. P. 247-253.

**КОМЕТНАЯ АСТРОНОМИЯ В РАБОТАХ В. В. РАДЗИЕВСКОГО**

Пономарев С.М.

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация  
[s\\_m\\_pon@mail.ru](mailto:s_m_pon@mail.ru)

Одним из организаторов Первых Бредихинских чтений был Заслуженный деятель науки РСФСР, доктор физико-математических наук, профессор Владимир Вячеславович Радзиевский (1911 – 2003). Как ученый В.В. Радзиевский отличается необычайной широтой своих научных интересов. За время своей научной деятельности, которая не прекращалась до последних дней жизни, им было опубликовано более 230 трудов. Свои научные труды он подразделял на 3 типа: работы, закладывающие основы новых разделов науки; работы, вносящие новизну в отдельные разделы науки; работы, имеющие локальное научное значение. К первому типу относятся труды, заложившие основы фотогравитационной небесной механики и космогонической кометной статистики [1]. В кометной статистике В.В. Радзиевский видел один из основных методов исследования проблемы происхождения комет. Применение метода оправдано обилием статистического материала. В анализе системы почти параболических комет он видел наибольшую перспективу для кометной космогонии.

В период с конца 1970-х – 90-х годов в работах Радзиевского рассматривались проблемы, связанные с дискуссией гипотезы межзвездного происхождения комет, влиянием гравитационного поля Галактики на движение комет и их распределению по различным параметрам относительно галактического экватора. Для статистической проверки были созданы каталоги кометных орбит в различных координатных системах, в том числе галактической, Лапласовой и др. [2,3]. Учитывая значительное влияние на информативность кометной статистики эффектов селекции, большое внимание уделялось вероятностным характеристикам (абсолютный блеск, функция Голечека и др.).

В двух работах Радзиевского был описан новый эффект в распределении полюсов кометных орбит ( $R$  – эффект). Данный эффект обусловлен взаимодействием почти параболических комет с массивными планетами. Это позволило автору сделать вывод о возможном использовании данного эффекта для исследования трансеплутонового пространства и решения вопроса о существовании неизвестных планет [4,5].

*Литература*

1. Пономарев С.М. 100-летний юбилей ученого Актуальные проблемы астрономии и астрономического образования. Н.Новгород, НГПУ, 2012, С 6-10
2. Артемьев А.В., Пономарев С.М., Радзиевский В.В. Элементы орбит почти параболических комет в галактических координатах. Развитие методов астрономических исследований, вып. 8. АН СССР, 1979, с. 286 – 289.
3. Радзиевский В.В. Томанов В.П. Статистический каталог параметров орбит долгопериодических комет в Лапласовых координатах. Изд. АН (ВАГО) Москва, 1985
4. Радзиевский В.В. Эффекты рандеву. Кометный циркуляр. №339, Киев, 1985
5. Радзиевский В.В. О существовании массивных трансеплутоновых тел с орбитальным движением. Анализ движения тел солнечной системы, Рига, 1986

**COMETARY ASTRONOMY IN V.V. RADZIYEVSKY'S WORKS**

Ponomarev S.M.

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia  
[s\\_m\\_pon@mail.ru](mailto:s_m_pon@mail.ru)

In the article the contribution of the Doctor of Physics and Mathematics, Professor Vladimir Radziyevsky to development of cometary astronomy is discussed. Special attention is paid to his works connected with hypotheses of an origin of the comets that are investigated by methods of cometary statistics.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТЕОРОИДОВ С АТМОСФЕРОЙ**

Попова О.

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Российская Федерация  
olga\_idg@rambler.ru

Мелкие и крупные метеороиды в атмосфере наблюдаются различными методами, их абляция происходит на разных высотах, и их взаимодействие с атмосферой происходит в разных режимах. Основная потеря массы и энергии большими телами происходит в режиме сплошной среды, тогда как мелкие метеороиды взаимодействуют с атмосферой в основном в условиях свободного молекулярного течения или переходном. Очень грубо граница между малыми и большими метеороидами может быть оценена как  $\sim 1$  см.

Физические условия значительно меняются в зависимости от высоты полета. Разные процессы приводят к абляции на разных этапах полета метеороидов через атмосферу.

Для описания взаимодействия мелких и крупных метеорных тел с атмосферой используются разные модели. Многие модели направлены на то, чтобы воспроизвести поведение метеороидов в атмосфере (торможение и/или кривые блеска) в разных режимах. Другие модели пытаются описать физические условия, которые формируются вокруг метеороида. Разработаны несколько самосогласованных гидродинамических моделей, но аналогичные модели для переходного и свободно молекулярного течения все еще находятся на стадии разработки. В презентации будут рассмотрены модели взаимодействия метеороидов с атмосферой, их границы и ограничения.

**MODELING OF THE METEOROID INTERACTION WITH THE ATMOSPHERE**

Popova O.

Institute for Dynamics of Geospheres, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
olga\_idg@rambler.ru

Meteoroids differ very much by their ability to penetrate the atmosphere. Small and large meteoroids in the atmosphere are observed by different methods, have different ablation altitudes and their interaction with atmosphere occurs in different flow regimes. Large meteoroids are losing most of their mass in the continuum flow regime whereas small meteoroids interact with atmosphere mainly in the conditions of free molecular flow or transition flow regime. Very roughly the boundary between small and large meteoroids may be estimated as  $\sim 1$  cm.

The physical conditions during the meteoroid entry change considerable as a function of altitude and different processes may be responsible for ablation at different stage of meteoroid flight through the atmosphere.

Different models are used for description of small and large meteoroids entry. Many models are aimed to reproduce the meteoroids behavior in the atmosphere (deceleration and/or light curves) in different flow conditions. Other models are trying to describe physical conditions that occur around meteor body. Several self-consistent hydrodynamical models are developed, but similar models for transition and free molecule regimes are still under elaboration. This presentation will review entry models and discuss their boundaries and limitations.

## ПЕРСПЕКТИВЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЭКЗОКОМЕТ НА ОБСЕРВАТОРИИ ПИК ТЕРСКОЛ

Пузин В.Б., Саванов И.С., Шустов Б.М. Акимкин В.В.  
Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
vpuzin@inasan.ru

Кометы - малые ледяные тела Солнечной системы, которые испаряются и газят при близком приближении к Солнцу. В солнечной системе было обнаружено несколько тысяч комет, которые были выброшены внутрь орбиты Юпитера из обширных областей ледяных тел за орбитой Нептуна. В поясе Койпера и облаке Оорта могут содержать триллионы таких замороженных тел. Другие звездные системы могут также обладать областями содержащими кометы (Zuckerman & Song, 2012). На сегодняшний день поиск экзокомет сосредоточен на исследовании молодых (<50 млн. Лет) звезда А-типа, которые могут обеспечить перспективную среду для изучения молодой планетной системы. Поглощение, связанное с околосредной газовой (дисковой) составляющей вокруг звезд А-типа, в основном исследуется с помощью спектроскопии высокого разрешения линии CaII K на 3933 Å (Lagrange-Henri et al., 1990; Welsh et al., 1998; Redfield et al., 2007; Montgomery & Welsh, 2012). Любые события испарения, происходящие вблизи звезды, могут вызвать тонкие изменения в плазме и дестабилизировать диск. Впервые краткосрочной (ночная и часовая) вариабельность поглощения линии CaII K на 3933 Å была обнаружена у звезды  $\beta$  Pic при повторных наблюдениях линии Ca II K (Ferlet et al., 1987; Lagrange-Henri et al., 1990) и впоследствии был подтвержден с помощью наблюдений абсорбции в ультрафиолетовом диапазоне (Vidal-Madjar и др., 1994). В большинстве случаев подобная спектральная переменность связана с экзокометной активностью. Сейчас насчитывается более десяти звезд, в которых обнаружено существование экзокомет. Для выявления спектральной переменности необходим спектрограф высокого разрешения, R более 40000. Телескоп Цейсс-2000 обсерватории пик Терскол оснащен эшелле спектрографом фокуса Кудэ, разрешение составляет R=45000. В докладе рассматриваются перспективы спектральных наблюдений и первые тестовые наблюдения экзокометной компоненты в спектрах избранных звезд.

## PROSPECTS OF SPECTRAL OBSERVATIONS OF EXOCOMET AT OBSERVATORY PEAK TERSKOL

Puzin V.B., Savanov I.S., Shustov B.M., Akimkin V.V.  
Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia  
vpuzin@inasan.ru

Comets - small ice bodies of Solar systems that evaporate and gas when close to the Sun. In the solar system, several thousand comets were discovered that were thrown into the orbit of Jupiter from vast areas of ice bodies beyond the orbit of Neptune. In the Kuiper belt and the Oort cloud, they can contain trillions of such frozen bodies. Other star systems may also have areas containing comets (Zuckerman & Song 2012). To date, the search for exocometta on the course of young (<50 million years) A-type stars, which can provide an accessible environment for studying the young planetary system. CaII K at 3,933 Å (Lagrange-Henri et al., 1990; Welsh et al., 1998; Redfield et al., 2007; Montgomery and Wales, 2012). Any evaporation events occurring near a star can cause subtle changes in the plasma and destabilize the disk. For the first time in this field, the first work was carried out in the field of automated image processing. CaII K at 3933 Å was detected in the star  $\beta$  Pic during repeated observations of the Ca II K lines (Ferlet et al., 1987; Lagrange-Henri et al., 1990) and the state was confirmed with the help of Observations of Absorption in the Ultraviolet Range (Vidal-Madjar And others, 1994). In most cases, this spectral variability is associated with exocometal activity. Now there are more than ten stars in which the existence of exocometes was discovered. For more details, more than 40000. Zeiss-2000 telescope peak observatory Thermometer, echometer, spectrometer. In the review of the perspectives of spectral observations and the first test observations of the exo-comet component in the spectra of selected stars.

[43]

**СЕМЕЙСТВО АСТЕРОИДОВ, СВЯЗАННОЕ С КОМЕТОЙ ГИББСА**

Розаев А. Е.

Научно-образовательный центр "Нелинейная динамика" Ярославский Государственный университет, Ярославль, Российская Федерация  
hegem@mail.ru

Поиск новых членов скопления астероидов, связанного с кометой основного пояса p/2012 F5 и Гиббс был сделан и один новый объект 389622 (2011HU90) обнаружен. Динамические характеристики семейства изучены. В частности, линейная зависимость между долготой узла и наклоном обнаружена и обсуждается. Также обсуждается вопрос о возможном происхождении комет основного пояса.

**ON THE ASTEROID FAMILY ASSOCIATED WITH COMET P/2012 F5 GIBBS**

Rosaev A. E.

Research and Educational Center "Nonlinear Dynamics", Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia  
hegem@mail.ru

The search for a new members of asteroid cluster associated with main belt comet P/2012 F5 Gibbs has done, and one new object 389622 (2011HU90) has found. The dynamical characteristics of the family were studied. In particular, lineal dependence between node longitude and inclination is detected and discussed. In addition, the problem of origin of main belt comet is discussed.

**МОДЕЛИ ТЕПЛОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПРОТОКОМЕТНЫХ И КОМЕТНЫХ ТЕЛ**

Русол А.В., Дорофеева В.А.

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

Российская Федерация

[fermata@inbox.ru](mailto:fermata@inbox.ru)

Одна из возможных причин возникновения кометных газо-пылевых джетов связана с неоднородным нагревом внешнего слоя ядер комет. Целью данной работы является построение численной модели, позволяющей исследовать распределение температур в субповерхностных слоях кометных ядер с учетом особенностей их поверхности. В работе представлена одномерная модель распространения тепла в пористом каменно-ледяном теле. Для получения граничных значений температур на поверхности используются предложенные ранее модели орбитального движения и 3D модель ядра кометы 67P. Представлены результаты моделирования распространения тепла в субповерхностных слоях нескольких регионов ядра во время его движения по орбите.

**MODELS OF THERMAL EVOLUTION OF PROTOCOMET AND COMET BODIES**

Rusol A.V., Dorofeeva V.A.

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

[fermata@inbox.ru](mailto:fermata@inbox.ru)

One possible reason for the appearance of cometary gas-dust jets is associated with an inhomogeneous heating of the outer layer of cometary nuclei. The aim of this paper is to construct a numerical model that allows one to investigate the temperature distribution in the subsurface layers of cometary nuclei taking into account the features of their surface. The paper presents a one-dimensional model of heat distribution in a porous rock-ice body. To obtain the boundary values of the temperatures on the surface, the previously proposed models of orbital motion and the 3D model of the nucleus of the comet 67P are used. The results of simulation of heat propagation in the subsurface layers of several core regions during its motion in orbit are presented.

**ИЗУЧЕНИЕ КОМЕТ В УФ В ЭПОХУ ПОСЛЕ МИССИИ РОЗЕТТА**

Сачков М.Е., Шустов Б.М., Карташова А. П.  
 Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация  
[msachkov@inasan.ru](mailto:msachkov@inasan.ru)

Кометы являются важными «свидетелями» процессов формирования и эволюции Солнечной системы. Многие задачи определения химического состава комет и исследования физических процессов в ядрах и комах комет могут быть решены исключительно с использованием ультрафиолетовых данных, в то же время ряд задач требуют дополнения УФ данных данными, полученными на наземных телескопах. Вследствие непрозрачности земной атмосферы для УФ излучения, получение данных в УФ области электромагнитного излучения возможно только с помощью методов внеатмосферной астрономии. УФ данные особо важны, т.к. именно в УФ части спектра находится большинство астрофизически значимых резонансных линий атомов (O I, C I, H I, и др.), молекул (CO, CO<sub>2</sub>, OH и др.), и их ионов. В последние годы получены интересные результаты мониторинга спектров высокого разрешения в области линий Ca II в газовых дисках вокруг избранных звезд, что объясняется кометной активностью вокруг этих звезд. Мы предполагаем, что УФ наблюдения также будут эффективны в экзокометных исследованиях. В докладе обсуждаются перспективы УФ наблюдений комет и экзокомет с помощью телескопов орбитального и наземного базирования. Особое внимание уделено проекту ВКО-УФ.

**UV STUDIES OF COMETS IN POST-ROSETTA EPOCH**

Sachkov M., Shustov B., Kartashova A.  
 Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia  
[msachkov@inasan.ru](mailto:msachkov@inasan.ru)

Comets are important “eyewitnesses” of the processes of Solar System formation and evolution. Many problems of determining the chemical composition of comets and studying physical processes in cometary nuclei and coma can only be solved by using observational data in the UV range of the electromagnetic spectrum though in order to solve some of the problems the UV data needs to be complemented by ground-based observations. Due to the opacity of the Earth’s atmosphere, UV studies can only be performed by methods of space astronomy. Observations in the UV range are of high demand, because this range contains the majority of astrophysically significant resonance lines of atoms (O I, C I, H I, etc.), molecules (CO, CO<sub>2</sub>, OH and others), and their ions. In recent years interesting results were obtained by intensive monitoring of high-resolution spectra of the Ca II lines in gaseous disks around selected stars. Some of the observations evidence for cometary activity. We suppose that UV observations can be also valuable for studies of exocomets. In this talk we discuss prospects of UV observations of comets and exocomets both with space-born instruments (specially referring to WSO/UV Project) and ground-based observatories.

[46]  
**THE DECEMBER MONOCEROTIDS**

<sup>1</sup>Hajdukova M., Jr., <sup>2</sup>Kartashova A., <sup>3</sup>Kornos L.

<sup>1</sup>Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

<sup>2</sup>Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Bratislava, Slovakia  
maria.hajdukova@savba.sk

Based on an analysis of video orbits, we have examined the December Monocerotids (MON, IAU\#019), which is an established meteor shower with a known parent body, the long-period comet C/1917 F1 (Mellish). We used data from the European Video Meteor Network Database (EDMOND), which also include our own video observations, carried out in Slovakia. Using the Welch procedure, we selected 715 December Monocerotids and determined the mean orbit of this shower by weighted arithmetic mean. We analysed the radiant dispersion of the shower as a function of nodal longitude and semi-major axis  $a$ . To describe the dispersion of the semimajor axis within the meteoroid stream, we used the median absolute deviation in terms of  $1/a$ . We also studied the dynamical evolution of the stream meteoroids and confirmed the generic relationship between the studied stream and the comet C/1917 F1 (Mellish).

**ОБСТОЯТЕЛЬСТВА РАЗДЕЛЕНИЯ КОМЕТ 101P, 213P, P/2013 R3, P/2016 J1**

Чернетенко Ю.А.

Институт прикладной астрономии РАН, Санкт–Петербург, Российская Федерация  
cya@ipa.nw.ru, cya@iaaras.ru

Изучение обстоятельств разделения комет дает важную информацию об их строении и эволюции. В основном, обстоятельства разделения изучаются по методике, предложенной З. Секаниной. Она основывается на положениях фрагмента относительно кометы, полученных из позиционных наблюдений этих тел. МНК определяются дата разделения, относительные скорость и радиальная составляющая негравитационного ускорения фрагмента. Однако позиционные наблюдения могут дать больше информации. В работе предлагается следующий подход. На орбите основного тела с некоторым шагом назначаются моменты разделения. Предполагается, что координаты каждой из этих точек являются общими и для фрагмента, а компоненты скорости фрагмента и параметры негравитационного ускорения определяются МНК из наблюдений фрагмента. Наименьшее значение среднеквадратической ошибки наблюдений фрагмента, полученное в результате вариации времени разделения, определяет дату разделения. Для этой даты определяются компоненты относительной скорости фрагмента и угол между вектором этой скорости и направлением на Солнце. Рассмотрены обстоятельства разделения комет 101P, 213P, P/2013 R3, P/2016 J1, выполнено сравнение с результатами других авторов. Для этих комет вектор относительной скорости близок к направлению на Солнце.

**CIRCUMSTANCES OF SPLITTING OF THE COMETS 101P, 213P, P/2013 R3, P/2016 J1**

Chernetenko Yu.A.

Institute of Applied Astronomy of Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia  
cya@ipa.nw.ru, cya@iaaras.ru

Studying of circumstances of splitting of the comets gives important information on their structure and evolution. Mainly circumstances of splitting are studied using the approach proposed by Z. Sekanina. This approach is based on the positions of a fragment with respect to a comet obtained from the positional observations of these bodies. Date of splitting, a relative velocity and a radial component of nongravitational acceleration of a fragment are determined by the LSM. However positional observations can give more information. The following approach is proposed in this paper. The splitting moments are appointed on the orbit of the main body with some step. Coordinates of each of these points belong as well to a fragment, and components of velocity of a fragment and parameters of nongravitational acceleration are defined by the LSM from observations of a fragment. The date of splitting can be determined from minimum of rms values obtained for different moment of comet splitting. For this date components of relative velocity of a fragment and the angle between vector of the velocity and the direction at the Sun can be obtained. Circumstances of splitting of comets 101P, 213P, P/2013 R3, P/2016 J1 are considered, comparison with results of other authors is executed. For these comets the vector of relative velocity is close to the direction at the Sun.

**НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ МИССИИ ROSETTA К КОМЕТЕ 67P/ЧУРЮМОВА-ГЕРАСИМЕНКО**

Чурюмов К.И., Ксанфомалити Л.В.

<sup>1</sup>Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Киев, Украина<sup>2</sup>Институт космических исследований РАН, Москва, Российская Федерация  
leksanf@gmail.com

Аппарат ROSETTA, с июля 2014 г. по сентябрь 2016 гг. находившийся на низкой орбите у ядра кометы 67P/Чурюмова-Герасименко, выполнил сложные исследования, которые отражены в значительном числе научных публикаций. Актуальность исследований ядер комет космическими аппаратами в значительной мере вызвана именно разнородностью получаемых результатов. На конец 2016 г. космические аппараты исследовали 6 кометных ядер. Несмотря на такие свойства комет, как неизменное присутствие в их комах и хвостах водяного пара, углекислого газа, монооксида углерода и многих разнородных ионов, атомов и молекул, вместе с тем, в каждом случае комета имеет также свой собственный набор компонентов. Разнородным оказывается относительное содержание дейтерия (отношение D/H), которое, как принято считать, характеризует не только физические условия, в которых возникло тело, но и роль комет в создании земной гидросферы. Сравнение морфологических свойств поверхности кометных ядер, например, поверхности ядер 67P/CG, 1P/Halley и других, указывает на сложность и чрезвычайную разнородность процессов их формирования. Предлагаемая совместная работа была завершена уже после ухода К.И. Чурюмова.

**SOME RESULTS OF THE ROSETTA MISSION TO COMET 67P / CHURYUMOV-GERASIMENKO**

Churyumov K.I., Ksanfomality L.V.

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kiev, Ukraine<sup>2</sup>Russian Space Research Institute, Moscow, Russia  
leksanf@gmail.com

The ROSETTA stayed at a low orbit mission at the nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko from July 2014 to September 2016. The mission carried out complex studies which are reflected in a significant number of scientific publications. The relevance of studies of the nuclei of comets by space missions is largely due to the heterogeneity of the results obtained. At the end of 2016, spacecrafts explored totally 6 cometary nuclei. Despite such properties of comets as the presence of water vapor, carbon dioxide, carbon monoxide and many different ions, atoms and molecules in their coma and tails are invariable, at the same time, in each case the comet has its own set of components. The relative content of deuterium is diverse too (D/H ratio), which, as is commonly believed, characterizes not only the physical conditions in which a body arose, but also the possible rate of comets in the origin of the terrestrial hydrosphere. Comparison of the morphological properties of the surface of cometary nuclei of 67P/CG, 1P/Halley and others, indicates the complexity and extreme heterogeneity of the processes of their formation.

The proposed joint paper was completed after K.I. Churyumov passed away.

## МИРЫ С ОКЕАНАМИ ВО ВНЕШНИХ ОБЛАСТЯХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

<sup>1</sup>Шематович В. И., <sup>2</sup>Турчак Л.И.

<sup>1</sup>Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Вычислительный центр, ФИЦ "Информатика и управление" РАН, Москва, Российская Федерация  
shematov@inasan.ru

Во внешних областях Солнечной системы содержится потрясающее разнообразие небесных тел: Европа, с ее причудливыми особенностями поверхности; крошечный, геологически активный Энцелад; Титан, единственный спутник, обладающий значительной атмосферой; Плутон с его азотными ледниками; и многие другие. За последние двадцать пять лет измерения космических аппаратов показали, что многие из этих небесных тел являются “мирами с океанами”, обладая большими объемами жидкой воды, изолированной под ледяными оболочками. Эта новая группа небесных тел - миры с океанами, является важной для исследований по нескольким причинам, но наиболее убедительной и в тоже время также самой простой является следующая причина: они могут быть обиталищем жизни. Жизнь, как мы ее знаем, требует жидкой воды, в дополнение к энергии и питательным веществам, и все три требования могут быть удовлетворены в рамках некоторых из этих небесных тел.

В докладе обсуждаются следующие спутники планет-гигантов, для которых в настоящее время установлены океаны - Европа, Ганимед, Титан и Энцелад. Будут представлены результаты моделирования [1] разреженных газовых оболочек этих спутников и обсуждены взаимосвязи между составами атмосфер и океанов.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН №7 "Экспериментальные и теоретические исследования объектов Солнечной системы и планетных систем звезд".

[1] Шематович В.И. Газовые оболочки ледяных спутников. Механика, управление и информатика, т. 7, №3(56), 270-310, (2015).

## OCEAN WORLDS IN THE OUTER SOLAR SYSTEM

<sup>1</sup> Shematovich V. I., <sup>2</sup> Turchak L. I.

<sup>1</sup>Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Dorodnitsyn Computing Center, Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
shematov@inasan.ru

The outer solar system contains a stunningly diverse array of planetary bodies: Europa, with its bizarre array of surface features; tiny, geologically-active Enceladus; Titan, the only moon with a substantial atmosphere; Pluto, with its nitrogen glaciers; and many others. Over the last twenty-five years spacecraft measurements have revealed that many of these bodies are “ocean worlds”, possessing large volumes of liquid water beneath insulating ice shells. Ocean worlds are important for several reasons, but the most compelling is also the simplest: they could be abodes of life. Life as we know it requires liquid water, in addition to energy and nutrients, and all three requirements can potentially be satisfied within some of these bodies.

We focus in particular on the four bodies for which oceans are currently best established - Europa, Ganymede, Enceladus and Titan. The simulation results [1] of the rarefied gaseous envelopes of these moons will be presented and the relationship between the compositions of atmospheres and oceans will be discussed.

This work was supported by the Presidium of the Russian Academy of Sciences, Program №7 “Experimental and Theoretical Studies of Solar System Bodies and Stellar Planetary Systems.”

[1] Shematovich V.I. Gaseous envelopes of the icy moons. Mechanics, control, and informatics, v. 7, №3(56), 270-310, (2015).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ КЛАСТЕРНЫХ ИОНОВ  
В КОМЕТАХ**

Шоёкубов Ш.Ш., Худжаназаров Х.Ф.

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан  
[shoayub@shohrugh.com](mailto:shoayub@shohrugh.com)

Путем лабораторного моделирования кометного явления, масс-спектральным методом исследованы скорости образования положительных и отрицательных кластерных ионов на поверхности ядра кометы под воздействием корпускулярных частиц солнечного ветра. В качестве первичного потока был использован положительные ионы щёлочного металла  $^{39}\text{K}^+$  энергией 1.5 КэВ. При вычислении скоростей образования ионов использован метод пропорциональности коэффициентов эмиссии.

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE FORMATION OF CLUSTER IONS IN COMETS**

Shoyoqubov Sh.Sh., Khujanazarov H.F.

Institute of astrophysics, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan  
[shoayub@shohrugh.com](mailto:shoayub@shohrugh.com)

This paper discusses mass spectral analysis of the rate of formation of positive and negative cluster ions on the surface of the laboratory modeled comet nucleus under the influence of corpuscular particles of solar wind. As the primary flow, positive ions of alkali metal  $^{39}\text{K}^+$  energy 1.5KeV were used. The method of proportionality of emission coefficients is used in calculations.

[51]

**МЕТЕОРИТЫ И ИХ «РОДИТЕЛИ» (АСТЕРОИДЫ И КОМЕТЫ) КАК СВИДЕТЕЛИ  
ЭВОЛЮЦИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ, УГРОЗА И РЕСУРС НА БУДУЩЕЕ**

Шустов Б.М.

Институт астрономии РАН, Москва, Российская Федерация

[bshustov@inasan.ru](mailto:bshustov@inasan.ru)

Доклад носит вводный характер и его тематика весьма широка, но все затронутые темы тесно связаны. Цель – показать как важно изучение метеоритов, астероидов и комет для построения картины образования и эволюции Солнечной системы, какой прогресс достигнут на этом пути и какие основные проблемы ещё ждут решения (молодым учёным на заметку). Кратко представлены сведения о продвижении в решении проблемы астероидно-кометной опасности. Специальное внимание уделено перспективным исследованиям по разработке методов и средств использования ресурсов малых тел Солнечной системы.

**METEORITES AND THEIR "PARENTS" (ASTEROIDS AND COMETS) AS WITNESSES  
TO THE EVOLUTION OF THE SOLAR SYSTEM, A THREAT AND A RESOURCE FOR  
THE FUTURE**

Shustov B.M.

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

[bshustov@inasan.ru](mailto:bshustov@inasan.ru)

The scope of the topics of this introductory report is rather broad, but all the topics discussed are closely related. The goal is to demonstrate importance of study of meteorites, asteroids and comets for constructing a picture of the formation and evolution of the Solar System. Most of attention is paid to the progress that has been achieved in the field, and to major problems are still awaiting solution (for young scientists to note). Information on the current status of the problem of asteroid-comet hazard is briefly presented either. Special attention is paid to the recent promising research on the development of methods and means for using the resources of minor bodies of the Solar System