

Околоземная астрономия и космическое наследие

XI Международная научная конференция

30 сентября – 4 октября 2019 г.

Тезисы докладов

г. Казань
2019

Секция 1. Малые тела Солнечной системы

<u>Алёшин В. П., Балега Ю. Ю., Бескакотов А. С., Дьяченко В. В., Максимов А. Ф.</u>	1
Спекл-интерферометрия астероида 3200 Фазтон	
<u>Баканас Е. С., Барабанов С. И., Николенко И. В., Крючков С. В.</u>	2
Фотометрические наблюдения Марс-кроссеров в ИНАСАН	
<u>Барабанов С. И.</u>	3
Поиск тел декаметрового размера в метеороидных потоках	
<u>Барабанов С. И., Волков И. М., Кравцова А. С., Николенко И. В., Крючков С. В.</u>	4
Результаты фотометрических наблюдений АСЗ на 1-м телескопе в Симеизе в 2011 и 2019 гг.	
<u>Бондарь Ю. А., Захарченко В. Д., Карликова И. А., Кивокурцева П. И., Коваленко И. Г.</u>	5
Сверхбыстрая оценка лучевой скорости потенциально опасных для Земли астероидов методом дробного дифференцирования доплеровского сигнала	
<u>Бусарев В. В.</u>	6
Физико-минералогические свойства и вероятное происхождение астероидов внутренней части Солнечной системы	
<u>Вольвач А. Е., Вольвач Л. Н., Малашевич С. В.</u>	7
Наблюдения на РТ-22 КрАО мазерных линий ОН на длине волны 18 см и H ₂ O на длине волны 1.35 см в комете 21P/Giacobini-Zinner	
<u>Галушина Т. Ю., Летнер О. Н.</u>	8
О влиянии эффекта Ярковского на движение астероидов с малым перигелийным расстоянием	
<u>Глазачев Д. О., Подобная Е. Д., Попова О. П., Светцов В. В., Шувалов В. В.</u>	9
Масштабирующие соотношения для оценки эффектов излучения для больших воздушных взрывов и малых кратеро-образующих ударов	
<u>Гроховский В. И., Пастухович А. Ю.</u>	10
Антарктида – кладовая космического вещества	
<u>Гулиев А. С., Касумов А. А.</u>	
О влиянии солнечной активности на открытие комет различных классов	
<u>Еретнова О. В., Дудоров А. Е.</u>	11
Статистика падений метеоритов и болидов	
<u>Иванов А. Л., Иванов В. А., Лысенко В. Е., Иванова Н. В., Яковенко Н. А.</u>	12
Исследование избранных астероидов и комет в 2019 году в обсерватории Кубанского госуниверситета «С40»	
<u>Коваленко И. Г., Захарченко В. Д., Кивокурцева П. И.</u>	13
Алгоритм сверхбыстрого расчета дробной производной порядка 1/2 для решения задачи прицельного кинетического тарана опасного для Земли астероида: скорость имеет значение	
<u>Коновалова Н. А., Горбанев Ю. М., Давруков Н. Х.</u>	14
Эволюция орбит метеорито-образующих групп и их родительских тел	
<u>Коротышкин Д. В., Шерстюков О. Н., Калабанов С. А., Ишмуратов Р. А., Валиуллин Ф. С.</u>	
Радионаблюдения метеорных потоков в 2017-2018 гг. на метеорном радаре в Казани	
<u>Кохирова Г. И., Иванова О. В., Буриев А. М., Хамроев У. Х., Рахматуллаева Ф. Д.</u>	
Результаты наблюдений кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 в обсерватории Санглюх	
<u>Кохирова Г. И., Бабаджанов П. Б., Хамроев У. Х., Джонмухаммади А. И., Кулаев И. В.</u>	
Околоземные астероиды, связанные с комплексом Виргинид	
<u>Кохирова Г. И., Бабаджанов П. Б., Хамроев У. Х., Файзов Ш. Б., Латипов М. Н.</u>	
Динамические свойства потенциально метеоритообразующих метеороидов по наблюдениям болидной сети Таджикистана	
<u>Кохирова Г. И., Бабаджанов П. Б., Хамроев У. Х., Файзов Ш. Б., Латипов М. Н.</u>	
Физические свойства потенциально метеоритообразующих метеороидов по наблюдениям болидной сети Таджикистана	
<u>Кохирова Г. И., Буриев А. М., Рахматуллаева Ф. Д.</u>	
Динамические и физические	

- свойства кометы C/2015 V2 Джонсона по наблюдениям в Гиссарской астрономической обсерватории
- Кохирова Г. И., Буриев А. М., Хамроев У. Х. Результаты наблюдений кометы 21P/Джакобини-Циннера
- Кохирова Г. И., Литвинов С. П., Хамроев У. Х., Латипов М. Н. Результаты болидных наблюдений в Таджикистане
- Кохирова Г. И., Рахматуллаева Ф. Дж., Иванова О. В., Буриев А. М., Хамроев У. Х. Результаты наблюдений потенциально-активного астероида 3552 Don Quixote в астрономической обсерватории Санглох
- Кругликов Н. А., Гроховский В. И., Петрова Е. В., Муфтахетдинова Р. Ф., Даниленко И. А., Нифонтов Р. В. Спектральные характеристики хондритов после теплового и радиационного воздействий
- Медведев Ю. Д., Мигунова М. С. Регулируемый выброс вещества с поверхности Луны
- Муртазов А. К. Проблемы учета метеороидного риска в окрестностях Земли
- Нарзиев М. Кривые ионизации и орбиты 450 радиометеоров по наблюдениям с 4-5 пунктов в ГИСАО (Таджикистан)
- Нарзиев М., Чеботарев Р. П. Каталог радиантов, скоростей, орбит и атмосферных траекторий радиометеоров, наблюдаемых в Таджикистане
- Нарзиев М., Чеботарев Р. П., Йопек Т. Й., Неслушан Л., Порубчан В., Сворень Й., Худжаназаров Х. Ф., Бибарсов Р. Ш., Иркаева Ш. Н., Исамутдинов Ш. О., Колмаков В. М. Радиометеорные данные Гиссарской обсерватории в базе данных ЦМД МАС
- Николенко И. В., Крючков С. В. Развитие комплекса метрового телескопа в Симеизской обсерватории
- Орехова Н. В., Бескин Г. М., Бирюков А. В., Бондарь С. Ф., Иванов Е. А., Карпов С. В., Каткова Е. В., Перков А. В., Сасюк В. В. Базисные наблюдения метеоров на ММТ-9
- Перов Н. И., Пахомычева В. Э. О межзвездных метеорах с малыми скоростями
- Подобная Е. Д., Попова О. П., Hartmann W. K., Breton S., Quantin C., Daubar I., Глазачев Д. О. Недавно образовавшиеся ударные кратеры и кластеры на Марсе
- Рычков Д. А., Короткий С. А., Вида Д. Опыт развёртывания метеорной сети на юге России
- Сафаров А. Г., Аюбов Д. К. Эволюция фотометрических параметров кометы 7P/Понс-Виннеке и солнечная активность
- Сафаров А. Г., Ибадинов Х. И. Механизмы образования аномального хвоста комет
- Соколова М. Г., Сергиенко М. В. Радианты и элементы орбит метеороидов комплекса δ -Канкриды
- Соколова М. Г., Сергиенко М. В. Структура метеорного комплекса δ -Канкрид
- Хамитов И. М., Бикмаев И. Ф., Гумеров Р. И., Мельников С. С., Иртуганов Э. Н., Окуян О., Окуян Г. Комплексные исследования АСЗ километрового размера на 1.5 м российско-турецком телескопе РТТ150
- Худжаназаров Х. Ф., Нарзиев М. Потоки и ассоциации метеороидов, выявленные по результатам радионаблюдений в ГИСАО за декабрь 1969 г.
- Шематович В. И. Космические миссии к астероидам - первые результаты
- Щербина М. П., Бусарев В. В. Последние результаты исследований астероидов с сублимационной активностью

Секция 2. Астероидно-кометная опасность

- Баляев И. А. Многомерное варьирование начальных данных опасных астероидов
- Guo П., Ивашкин В. В., Кулешов Ю. П. Анализ задачи определения и прогнозирования параметров движения опасных астероидов по

моделированию измерений системы «НЕБОСВОД»
Железнов Н. Б., Аксим Д. А., Безруков И. А., Бондаренко Ю. С., Кочетова О. М.,
Кузнецов В. Б. Каталог малых планет на сайте ИПА РАН
Ипатов С. И., Феоктистова Е. А., Светцов В. В. Оценки изменения численности
 околоземных объектов на основе возрастов лунных кратеров в течение
 последнего миллиарда лет
Панасюк М. И., Липунов В. М., Свертилов С. И., Горбовской Е. С.,
Корнилов В. Г., Петров В. Л., Чазов В. В., Яшин И. В. Мониторинг
 астероидной опасности и космического мусора в проекте МГУ «УНИВЕРСАТ-
 СОКРАТ»
Петров Н. А., Соколов Л. Л. Сближения опасных астероидов с Землей
Савельев М. И., Соколова М. Г. Астрономические и баллистические аспекты риск-
 ориентированного подхода к предупреждению астероидно-кометной
 опасности
Светцов В. В., Шувалов В. В. Тепловое воздействие ударов космических тел
Сергиенко М. В., Соколова М. Г. Многофакторная методика поиска близких орбит
 малых тел
Холшевников К. В., Оськина К. И., Санникова Т. Н., Титов В. Б. О возможности увода
 астероида с помощью двигателя малой тяги
Шустов Б. М. О спектрах масс астероидов, метеороидов и объектов космического
 мусора

Секция 3. Небесно-механические задачи

Абдульмянов Т. Р. Малые тела Солнечной системы как артефакты этапов эволюции
 протопланетных дисков
Блинкова Е. В., Томилова И. В. Исследование динамической структуры областей
 низкоорбитальных резонансов со скоростью вращения Земли
Гулиев А. С., Гулиев Р. А. Гипотеза о крупном планетном теле на периферии
 Солнечной системы
Емельяненко В. В. Кометы как индикаторы динамических процессов во внешней
 части ранней Солнечной системы
Емельяненко Н. Ю. Низкоскоростные сближения малых тел с планетами
Ефимов С. С., Притыкин Д. А., Сидоренко В. В. Циклы Кассини во вращательном
 движении геодезического спутника AJISAI
Ефимов С. С., Сидоренко В. В. Вековая эволюция резонансных объектов пояса
 Койпера
Железнов Н. Б., Кочетова О. М. Применение метода внутренних точек в задаче
 определения возмущающих масс
Ипатов С. И. Вероятности столкновений планетезималей из разных частей зоны
 питания планет земной группы с формирующимися планетами, Луной и их
 зародышами
Калиничева О. В., Чернетенко Ю. А. Влияние массивных тел в облаке Оорта (поясе
 Койпера) на распределение орбит долгопериодических комет
Красавин Д. С., Александрова А. Г., Томилова И. В. Применение искусственных
 нейронных сетей в задачах анализа динамической структуры околоземного
 орбитального пространства
Кузнецов Э. Д., Розаев А. Е., Плавалова Е. Оценка возраста пар астероидов
 на близких орбитах
Курбасова Г. С. Критические точки на графиках смещений северного полюса Земли
Маров М. Я., Ипатов С. И. Миграция планетезималей из зоны питания планет-
 гигантов к планетам земной группы и Луне
Потоскуев А. Э., Кузнецов Э. Д. Исследование динамической эволюции пар

- астероидов на близких орбитах в окрестности резонансов
Сидоренко В. В. О свойствах ретроградного коорбитального движения
Скрипниченко П. В., Кузнецов Э. Д. Исследование динамической эволюции астероидов, испытывающих совместное влияние эффекта Лидова–Козаи и эффекта Ярковского
Усанин В. С. К вопросу о существовании семейства Сатурна: постоянные Радзиевского-Тиссерана для комет Дарре и Тутля

Секция 4. ИСЗ и космический мусор

- Hudec R. Miniature scientific payloads/cameras for cubesatellites
Агапов В. М., Давыдов Д. В., Лапшин А. Ю., Заяц А. А. Концепция автоматизированной информационно-измерительной сети сбора данных об обстановке в ОКП
Аксенов О. Ю., Вениаминов С. С., Якубовский С. В., Убоженко Д. Ю., Кононенко Н. Ф. Об опасности мелкого космического мусора
Алешин В. П., Гришин Е. А., Коршунов В. С., Пименов И. Л., Шаргородский В. Д. Интегрированный комплекс автономного обнаружения – распознавания космических объектов на базе широкопольного «быстрого» обзорного телескопа трехметрового класса
Баканас Е. С., Бахмет Т. И., Кочубей Л. К., Бекренев О. В. Анализ качества получаемых изображений с КА Электро-Л № 2 и влияние солнечной активности на работу КА
Белкин С. О., Кузнецов Э. Д. О флипах орбит космического мусора в области глобальных навигационных спутниковых систем под действием светового давления
Вольф А. В., Лопаткин В. М., Каплинский А. Е. Наблюдения техногенных космических объектов в Барнауле
Еремин Е. О., Жуков А. О. Методика учета уровня деградации оптико-электронного прибора космического базирования при проведении оптических наблюдений
Еремин Е. О., Жуков А. О., Крючков С. В. Оценка возможности использования ПЗС-камер совместно с фильтрами ИК-диапазона для наземных дневных наблюдений ИСЗ и космического мусора
Иванов А. Л., Иванов В. А., Лысенко В. Е., Иванова Н. В., Яковенко Н. А., Молотов И. Е., Воропаев В. А., Захваткин М. В. Наблюдения КА «СПЕКТР-РГ» в Кубанском государственном университете
Измайлов И. С. Астрометрические наблюдения низкоорбитальных ИСЗ в режиме потокового видео
Карпов Н. В., Шаховской Д. Н., Киселев Н. Н., Долгополов А. В., Антонюк К. А., Розенбуш В. К., Иванов Ю. С., Тарадий В. К., Колесников С. Н. Новые двухканальные фотоэлектрические поляриметры для телескопа ЗТШ 2.6 м Крымской астрофизической обсерватории и 2 м Zeiss RCC телескопа обсерватории на пике Терскол: конструкция и результаты первых наблюдений
Каткова Е. В., Бескин Г. М., Бирюков А. В., Бондарь С. Ф., Давыдов Д. В., Иванов Е. А., Карпов С. В., Орехова Н. В., Перков А. В., Сасюк В. В. Фотометрия ИСЗ на ММТ-9 в течение пяти лет
Кокина Т. Н., Мендоса Д. А., Селая Р., Кокина Е. Д. Наблюдение космического мусора и астероидов в обсерватории Косала Астрономического Центра АУС
Kokina T. N., Mendoza D. A., Celaya R., Kokina E. D., Molotov I. E. Results of participation of the astronomical center of the autonomous university of Sinaloa in the exploration of space debris in the frame of the international network of optical observations (scientific network of optical instruments for astrometric and

- photometric observations)
- Комбаев Т. Ш. Проектный облик космического аппарата для исследования объектов типа 11/2017 U1, проходящих через Солнечную систему
- Кохирова Г. И., Бахтигараев Н. С., Левкина П. А., Чазов В. В., Хамроев У. Х. Особенности изменения блеска космического мусора по наблюдениям в обсерватории Санглох
- Левкина П. А., Бахтигараев Н. С., Рыхлова Л. В., Горшков А. П., Сергеев А. В., Карпов Н. В., Чазов В. В. Наблюдения малоразмерных фрагментов космического мусора в Терскольской обсерватории в 2018-2019 гг.
- Левкина П. А., Чувашов И. Н. Долговременная орбитальная эволюция объектов космического мусора
- Матвеева С. Н. Численное моделирование кривых блеска искусственных космических объектов
- Мышев А. В. Фрактальные методы и технологии обработки и анализа больших потоков астрономических данных
- Плахута А. С., Каткова Е. В., Бондарь С. Ф., Орехова Н. В., Иванов Е. А., Граужанина А. О. Быстрая фотометрия КО на Цейсс-600
- Попандопуло Н. А., Александрова А. Г., Бордовицына Т. В. Численные модели движения искусственных спутников Земли и Луны и возможности их использования
- Саква Н. В. Анализ некоординатной информации об околоземных космических объектах на длительных интервалах времени для формирования характеристик и признаков состояния этих объектов
- Соколов И. С. Исследование точности измерений оптических телескопов с использованием эталонных спутников
- Хуторовский З. Н., Лукьянов, А. П., Шилин В. Д., Колесса А. Е., Шпитальник М. Ц., Сорокин К. В. Эффективность оптических наблюдений космических объектов телескопами ПАО "МАК "Вымпел" в 2016-2019 годах и мероприятия, обеспечившие её повышение
- Шеменев А. А., Родин А. В. Определение характеристик орбитальных объектов по спектральной информации
- Шмалец С. Е., Молотов И. Е., Воропаев В. А., Грациани Ф. Оптические наблюдения космического мусора и малых тел Солнечной системы в обсерватории ISON-Кастельгранде
- Юрасов В. С., Назаренко А. И. Определение времени падения КА Tiangong-1 с использованием различных моделей атмосферы и методов прогнозирования

Секция 5. Космическое наследие

- Hudec R. Astrophotography and sky surveys
- Бикмаев И. Ф. Современные наблюдательные возможности Казанской астрономии
- Морозова С. Г., Трындин Е. Н. Фирма Трындиных в истории Российской астрономии
- Нефедьев Ю. А. Астрономическое наследие АОЭ
- Сизова М. Д., Верещагин С. В., Шустов Б. М., Чупина Н. В., Ершова А. П., Осипенко В. П. Фотографические наблюдения кометы Хиякутаке (C/1996 B2 Nyakutake) в Звенигородской обсерватории
- Сонин Г. В., Петрова Р. Д. О роли дилетантов в развитии науки (От Гершеля до Фредерикса)
- Шпекин М. И. Бассейн "Южный Полюс – Эйткен" от первых измерений («Зонд-6», 1968) до посадки первого Лунохода («Чанъэ-4», 2019)

СЕКЦИЯ 1. МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ АСТЕРОИДА 3200 “ФАЭТОН”

В. П. Алёшин¹, Ю. Ю. Балега², А. С. Бескакотов², В. В. Дьяченко², А. Ф. Максимов²

¹АО «НПК «СПП» Москва, РФ, ²САО РАН пос. Нижний Архыз, РФ

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

После выступления Т. Галушиной на предыдущей конференции «OZA2017» нас заинтересовал астероид 3200 «Фазтон» с точки зрения использования возможностей спекл интерферометрии. 16 декабря 2017 удалось провести сеанс наблюдения спекл интерферометром видимого диапазона. Работа продолжает исследования САО РАН по астероидной тематике, начатые в 90-х годах (Балега, Максимов, Плужник, Дудинов, Дьяченко). Была проведена биспектральная обработка полученных короткоэкспозиционных изображений, анализ результатов и сравнение с априорной информацией и наблюдениями радара Аресибо. Оценены размеры астероида и асимметрия изображений.

SPECKLE INTERFEROMETRY OF ASTEROID 3200 “PHAETON”

V.P. Aleshin¹, Yu.Yu. Balega², A.S. Beskakotov², V.V. Dyachenko², A.F. Maximov²

¹JC "PRC "PSI", Moscow, Russia Moscow, Russia, ²SAO RAS, Nizhny Arkhyz, Russia

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

After T. Galushina's report at the previous OZA2017 conference, we were interested in asteroid 3200 Phaeton from the point of view of using the capabilities of speckle interferometry. December 16, 2017 was able to conduct a session of speckle interferometer visible range. The work continues the investigations of SAO of the Russian Academy of Sciences on asteroids, started in the 90s (Balega, Maximov, Pluzhnik, Dudinov, Dyachenko). Bispectral processing of the obtained short-exposure images, analysis of the results and comparison with a priori information and observations of the Arecibo radar were carried out. Asteroid dimensions and image asymmetry are estimated.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ МАРС-КРОССЕРОВ В ИНАСАН

Е. С. Баканас^{1,2}, С. И. Барабанов¹, И. В. Николенко¹, С. В. Крючков¹

¹ИНАСАН, ²АО РКС

E-mail: oterma@yandex.ru

С 2010 г. в ИНАСАН ведутся регулярные фотометрические наблюдения астероидов по программе определения их физических характеристик. Основная часть программы – астероиды, сближающиеся с Землей (АСЗ). Кроме АСЗ по данной программе были проведены в Симеизе фотометрические наблюдения астероидов, сближающихся или пересекающих орбиту Марса – Марс-кроссеры. Они представляются нам очень интересными объектами, находящимися в промежуточной области пространства от Главного пояса астероидов до Земли, при определенных условиях имеющих некоторую вероятность подойти ближе к Земле, при этом, возможно, порожденные кометами. В работе представляем результаты исследований таких объектов и проведен обзор совокупности данных о марскроссерах по сравнению с АСЗ.

ПОИСК ТЕЛ ДЕКАМЕТРОВОГО РАЗМЕРА В МЕТЕОРОИДНЫХ ПОТОКАХ

С.И. Барабанов

ИНАСАН

Приводятся результаты исследования отдельных метеороидных потоков и ассоциированных с ними методами кластерного анализа с использованием критериев близости астероидов.

SEARCH OF DEKAMETER SIZE BODIES IN METEOROID STREAMS

S.I. Barabanov

INASAN

Results of the association study for meteoroid streams and small asteroids obtained by criterions of orbit vicinity are presented for selected meteoroid streams.

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ АСЗ НА 1-М ТЕЛЕСКОПЕ В СИМЕИЗЕ В 2011 И 2019 ГГ.

*С.И. Барабанов¹, И.М. Волков², А.С. Кравцова², И.В. Николенко¹, С.В. Крючков¹,
Е.С. Баканас^{1,3}*

¹ИНАСАН, ²ГАИШ, ³АО РКС

Представлены результаты анализа фотометрических наблюдений АСЗ, выполненных на 1-м телескопе в Симеизе с BVRI фильтрами и матрицей FLI PL 16803 в 2011 и 2019 гг.

PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF NEOS AT THE INASAN

Barabanov S.I., Volkov I.V., Kravtsova A.C., Nikolenko I.V., Kruchkov S.V.

INASAN

We present the results of photometrical measurements for near-Earth asteroids which were observed in 2011 and 2019 years with the 1-m Simeiz telescope of Institute of Astronomy RAS.

СВЕРХБЫСТРАЯ ОЦЕНКА ЛУЧЕВОЙ СКОРОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ДЛЯ ЗЕМЛИ АСТЕРОИДОВ МЕТОДОМ ДРОБНОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ДОПЛЕРОВСКОГО СИГНАЛА

Бондарь Ю.А., Захарченко В.Д., Карликова И.А., Кивокурцева П.И., Коваленко И.Г.

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

Сокращение временных затрат на получение оценки средней частоты спектра доплеровских сигналов в задаче измерения мгновенной скорости опасных околоземных космических объектов является важным шагом на пути создания средств противодействия астероидно-кометной угрозе. Высокая скорость оценок необходима для того, чтобы оценить параметры движения астероида на заключительном этапе сближения средства поражения с астероидом. В случае, когда астероид вращается или кувыркается (совершает вращения по трем взаимно перпендикулярным осям с несоразмерными частотами), доплеровский сигнал уширен. По положению центра тяжести спектра в радиолокации определяется лучевая скорость объекта.

Показано, что положение центра тяжести спектра доплеровских сигналов можно определять путем использования операций во временной области без спектральной обработки [1]. Повышение быстродействия алгоритма оценивания средней частоты спектра достигается путем вычисления дробной производной доплеровского сигнала

порядка $1/2$, которую можно осуществлять с помощью линейного фильтра. Таким образом, точная оценка положения центра тяжести спектра доплеровских сигналов может быть получена во временной области по мере поступления сигнала в режиме реального времени. Как показывают оценки, выигрыш в быстродействии может достигать шести порядков по сравнению с вычислениями путем спектрального анализа [1,2]. Рассмотрена реализация дробно-дифференцирующего фильтра порядка $1/2$ в виде аналоговой и цифровой структур. Фильтр в аналоговой форме представлен совокупностью астатических звеньев автоматики, что значительно упрощает практическую реализацию [3]. Цифровой фильтр построен по трансверсальной структуре расчета дробной производной сигнала [4]. Предложен оптимальный алгоритм реализации структуры и аналогового, и цифрового фильтров по критерию минимума среднеквадратической ошибки. Получены соотношения для коэффициентов квадратуры, определяющих структуру фильтра. Структура аналогового дробно-дифференцирующего фильтра защищена патентом РФ [5]. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Администрации Волгоградской области №19-47-340005-р_а и гранта ВолГУ №8-2018-а/ИМИТ.

Литература

1. Zakharchenko V. D., Kovalenko I. G. On protecting the planet against cosmic attack: ultrafast realtime estimate of the asteroid's radial velocity // *Acta Astronautica*. 2014. V. 98. P. 158-162.
2. Кивокурцева П. И. Алгоритм сверхбыстрого расчета дробной производной порядка $1/2$ для решения задачи прицельного кинетического воздействия на астероид: скорость имеет значение// Материалы XXII Региональной конференции молодых исследователей Волгоград. области, Волгоград, 17-21.12.2018. Изд-во Волгоградского ун-та, 2019. С. 19-21.
3. Zakharchenko V. D., Kovalenko I. G. Best Approximation of the Fractional Semi-Derivative Operator by Exponential Series // *Mathematics*. 2018. V. 6(1), id 12.
4. Левчук Ю. А., Коваленко И. Г., Захарченко В. Д. Цифровой дробно-дифференцирующий фильтр для сверхбыстрой оценки лучевой скорости потенциально опасных для Земли астероидов// Известия Главной астрономической обсерватории в Пулкове. Труды VII Пулковской молодежной астрономической конференции. 28 – 31 мая 2018 года. Изд-во Главной (Пулковской) астрономической обсерватория РАН. Санкт-Петербург. 2018. № 226. С. 32-34.
5. Захарченко В.Д., Верстаков Е.В., Коваленко И.Г. Дробно-дифференцирующий электрический фильтр порядка $1/2$ по методу Прони// Патент на изобретение (РФ) №2645445 от 26.02.2015. Опубл. 21.02.2018. Бюл. №6.

SUPER-FAST ESTIMATION OF RADIAL SPEEDS OF POTENTIALLY HAZARDOUS FOR EARTH ASTEROIDS BY THE METHOD OF A FRACTIONAL DIFFERENTIATION OF THE DOPPLER SIGNAL

Yu. A. Bondar, V. D. Zakharchenko, I. A. Karlikova, P. I. Kivokurtseva, I. G. Kovalenko
Volgograd State University, Volgograd, Russia

Reducing the time spent on obtaining an estimate of the average frequency of the Doppler spectrum in the task of measuring the instantaneous velocity of hazardous near-Earth space objects is an important step towards creating means to counter the asteroid-comet threat. A high estimation rate is necessary in order to estimate the parameters of the asteroid's motion at the final stage of approach of the weapon to the asteroid. In the case when the asteroid rotates or tumbles (rotates along three mutually perpendicular axes with disproportionate frequencies), the Doppler signal is broadened. The radial velocity of the object is determined by the position of the center of gravity of the spectrum in radar.

It is shown that the position of the center of gravity of the Doppler spectrum of signals can be determined by using operations in the time domain without spectral processing [1]. Improving

the performance of the algorithm for estimating the average frequency of the spectrum is achieved by calculating the fractional derivative of the Doppler signal of order $1/2$, which can be performed using a linear filter. Thus, an accurate estimate of the center of gravity position of the Doppler waveform can be obtained in the time domain as the signal arrives in real time. As the estimates show, the gain in speed can be up to six orders of magnitude compared with calculations by spectral analysis [1,2]. The implementation of a fractional-differentiating filter of order $1/2$ in the form of analog and digital structures is considered. The filter in analog form is represented by a set of astatic automation links, which greatly simplifies the practical implementation [3]. The digital filter is constructed according to the transversal structure for calculating the fractional derivative of the signal [4]. An optimal algorithm for the implementation of the structure of both analog and digital filters according to the criterion of the minimum mean square error is proposed. Relations are obtained for the quadrature coefficients that determine the structure of the filter. The structure of an analog fractional filter is protected by a patent of the Russian Federation [5]. This study was supported by the grant 19-47-340005-r_a from RFBR and the Government of Volgograd region and by the grant 8-2018-a/IMIT from Volgograd State University.

ФИЗИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ВЕРОЯТНОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ АСТЕРОИДОВ ВНУТРЕННЕЙ ЧАСТИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В. В. Бусарев

ГАИШ МГУ, Москва, Россия

E-mail: busarev@sai.msu.ru

Согласно данным системы 66 радиотелескопов миллиметрового диапазона ALMA, типичная структура прото-планетных дисков у молодых звезд является достаточно регулярной, подобной вложенным кольцам (напр., [1]), что согласуется с закономерностью (или правилом) Тициуса-Бодде для радиусов планетных орбит в Солнечной системе. Возможное объяснение физического смысла этой закономерности состоит в том, что уже на стадии начала формирования Солнечной системы гравитационные возмущения, вызванные ядрами протопланет, и их резонансы с Солнцем (при этом возникают приливные силы и энергия орбитального движения тратится на приливное ускорение или замедление вращения протопланеты) обеспечили образование регулярной структуры из чередующихся областей, в которых могли или не могли существовать стабильные орбиты согласно правилам орбитальных резонансов. Быстрый рост прото-Юпитера (<1 млн. лет) благодаря высокой концентрации вещества за «снеговой линией» мог вызвать появление аналогичной многокольцевой резонансной структуры вещества в соседней зоне формирования Главного пояса астероидов (ГПА), расположенного до «снеговой линии», в результате чего образовалось *много* родительских тел астероидов (РТА) силикатного состава. Весьма вероятно, что последующий рост РТА был остановлен возмущениями прото-Юпитера и большими каменно-ледяными телами, выбрасываемыми им из его зоны формирования в ГПА [2]. Этим объясняется не только удаление большей части силикатного вещества из ГПА, но и доставка туда значительной массы льда. Упомянутые факторы согласуются с современной структурой ГПА, гелиоцентрическим распределением спектральных типов астероидов, их минералогией, а также значительным содержанием водяного льда в веществе астероидов примитивных типов [3].

[1] Zhang K. et al. (2016) *Astroph. J. Lett.*, 818: L16–L22. [2] Сафронов В.С., Зиглина И.Н. (1991) *Астрон. вестн.*, 25: 190–199. [3] Бусарев В.В и др. (2019) *Астрон. вестн.*, 53: 273–290.

PHYSICAL AND MINERALOGICAL PROPERTIES AND PROBABLE ORIGIN OF ASTEROIDS IN THE INNER SOLAR SYSTEM

V. V. Busarev

SAI MSU, Moscow, Russia;

E-mail: busarev@sai.msu.ru

According to the data of the millimeter/submillimeter of 66 radio telescopes' array ALMA, the typical structure of proto-planetary disks near young stars is quite regular, similar to nested rings (e. g., [1]) which is in accordance with the empirical regularity (or rule) of Ticius-Bode for the radii of planetary orbits in the Solar system. Plausible explanation of the physical meaning of this pattern is that already at the stage of the beginning of Solar system formation, gravitational disturbances caused by the nuclei of protoplanets and their resonances with the Sun (tidal forces arise and the energy of orbital motion is spent on tidal acceleration or deceleration of the rotation of the protoplanets). It provided the formation of a regular structure of alternating areas in which stable orbits could or could not exist according to the rules of orbital resonances. A rapid growth of proto-Jupiter (<1 Myr) due to a high concentration of matter behind the "snow line" could cause the appearance of a similar multi-ring resonance structure in the neighboring zone of formation of main asteroid belt (MAB) before the "snow line" resulting in the formation of *many* parent bodies of asteroids (PBAs) of silicate composition. The subsequent growth PBAs was likely stopped by the disturbances of proto-Jupiter and large stone-ice bodies thrown by it from its formation zone to the MAB [2]. It explains not only the removal of most of silicate matter from the MAB but also the delivery of a considerable mass of ice there. The mentioned factors are consistent with the current structure of the MAB, the heliocentric distribution of asteroid spectral types, their mineralogy, and a significant quantity of water ice in the matter of primitive type asteroids [3].

[1] Zhang, K. et al. (2016) *Astroph. J. Lett.*, 818: L16–L22. [2] Safronov, V.S. and Ziglina, I.N. (1991) *Sol. Syst. Res.*, 25: 139–146. [3] Busarev, V.V. et al. (2019) *Sol. Syst. Res.*, 53: 261–277.

НАБЛЮДЕНИЯ НА РТ-22 КРАО МАЗЕРНЫХ ЛИНИЙ ОН НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 18 СМ И Н₂O НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 1.35 СМ В КОМЕТЕ 21P/GIACOBINI-ZINNER

А. Е. Вольвач, Л. Н. Вольвач, С. В. Малашевич

Крымская астрофизическая обсерватория, Ялта, Крым

На 22-метровом радиотелескопе в Симеизе реализована возможность проведения исследований практически всех космических мазеров (мазеры ОН, мазеры Н₂O, мазеры метанола, SiO мазеры), а также спектральных наблюдений в диапазоне частот от 85 ГГц до 115 ГГц. Эти нововведения позволили начать изучение более слабых источников космического радиоизлучения, в том числе комет.

Комета 21P/Giacobini-Zinner является кометой семейства Юпитеров, которая обладает своеобразной природой как для летучих, так и для пылевых частиц. Комета была открыта Мишелем Джакобини в 1900 году, независимо открыта Эрнстом Циннером в 1913 году и была обнаружена во всех явлениях с момента ее открытия, за исключением неблагоприятных в 1907, 1920 и 1953 годах.

Представлены результаты наблюдений кометы 21P/Giacobini-Zinner 1–20 сентября 2018 года с помощью радиотелескопа РТ-22 в лаборатории радиоастрономии ФГБУН «КРАО РАН» в период прохождения кометой перигелия и минимального расстояния от Земли. Комета наблюдалась в линии ОН на $\lambda=18$ см и линии Н₂O на $\lambda=1.35$ см. Оценена газопроизводительность кометы по молекулам Н₂O и ОН.

OBSERVATIONS ON THE RT-22 CRAO OF OH MASER LINES AT A WAVELENGTH OF 18 CM AND H₂O AT A WAVELENGTH OF 1.35 CM IN COMET 21P/GIACOBINI-ZINNER

A. E. Volvach., L. N. Volvach, S. V. Malashevich

Crimean Astrophysical Observatory, Yalta, Crimea

The 22-meter radio telescope of Crimean Astrophysical Observatory has implemented the possibility of carrying out studies of almost all space masers (OH masers, H₂O masers, methanol masers, SiO masers), as well as spectral observations in the frequency range from 85 GHz to 115 GHz. These innovations made it possible to begin the study of weaker sources of cosmic maser radio emission including in cometary atmospheres.

Comet 21P/Giacobini-Zinner is a Jupiter-family comet that displays a peculiar nature for both volatiles and dust grains. Comet was discovered in 1900 by Michel Giacobini, was re-discovered independently by Ernst Zinner in 1913, and was recovered in all apparitions since its discovery with the exception of the unfavorable ones in 1907, 1920, and 1953.

The observations of H₂O emission lines at 22.2 GHz and OH emission lines at 1.6 GHz of the comet 21P/Giacobini-Zinner were performed during September 1-20, 2018 with usage of 22-m radio telescope CrAO during the cometary period and the minimum distance from Earth are presented. The gas production of the comet was estimated using the H₂O and OH molecules.

О ВЛИЯНИИ ЭФФЕКТА ЯРКОВСКОГО НА ДВИЖЕНИЕ АСТЕРОИДОВ С МАЛЫМИ ПЕРИГЕЛИЙНЫМИ РАССТОЯНИЯМИ

Т. Ю. Галушина, О. Н. Летнер

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

E-mail: volna@sibmail.com

Эффект Ярковского связан с переизлучением тепловой энергии, и поэтому максимальное влияние оказывает при прохождении астероида близко к Солнцу. По этой причине представляется важным оценить его воздействие на движение астероидов с малым перигелийным расстоянием. Основной проблемой является тот факт, что данный эффект зависит от физических параметров, которые известны для очень небольшого числа рассматриваемых объектов.

В данной работе рассмотрено движение 40 астероидов с перигелийным расстоянием не больше 0.15 а.е. Для всех астероидов получено значение трансверсального ускорения, обусловленное изучаемым эффектом, из условия минимума среднеквадратической ошибки представления наблюдений. Показано, что учет влияния эффекта Ярковского в большинстве случаев приводит к уменьшению размера доверительной области. Более подробно рассмотрено движение астероида 137924 2000 BD19.

Для облегчения анализа результатов разработаны процедуры автоматического построения графиков. Полученные результаты исследования резонансного движения астероида 137924 2000 BD19 в дальнейшем будут использованы как часть обучающей выборки для машинной классификации резонансного и нерезонансного поведения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-72-10022

ABOUT THE INFLUENCE OF THE YARKOVSKY EFFECT ON MOTION OF THE ASTEROIDS WITH A SMALL PERIHELION DISTANCES*

T. Yu. Galushina, O. N. Letner

Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: volna@sibmail.com

The Yarkovsky effect is associated with the thermal energy reemission. Therefore, it has a maximum effect when the asteroid passes close to the Sun. For this reason, it is important to evaluate its influence on motion of the asteroids with a small perihelion distance. The main problem is that this effect depends on the physical parameters that are known for a very small number of objects under consideration.

In this paper, we considered the motion of 40 asteroids with a perihelion distance of no more than 0.15 AU. For all asteroids, the value of transverse acceleration due to the studied effects is obtained from the minimum condition of the mean square error of the observations representation. We've shown that generally taking into account the influence of the Yarkovsky effect reduces the size of the confidence region. The motion of the asteroid 137924 2000 BD19 is considered in more detail.

We've developed scripts for an automatic graph plotting to simplify the analysis of the results. The study results of the resonant motion of the asteroid 137924 2000 BD19 will be further used as part of the training data set for the machine classification of resonant and non-resonant behavior.

This work was supported by the Russian Science Foundation (Scientific Project № 19-72-10022)

МАСШТАБИРУЮЩИЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ БОЛЬШИХ ВОЗДУШНЫХ ВЗРЫВОВ И МАЛЫХ КРАТЕРООБРАЗУЮЩИХ УДАРОВ

Д. О. Глазачев, Е. Д. Подобная, О. П. Попова, В. В. Светцов, В. В. Шувалов

Институт динамики геосфер Российской академии наук (ИДГ РАН), Москва, Россия

E-mail: GlazachevD@gmail.com

Излучение, возникающее из-за взаимодействия с атмосферой космического объекта и выбросов из образующегося кратера, является одним из основных опасных последствий кратерообразующих ударов. В случае воздушного взрыва, единственным источником эффектов излучения является взаимодействие тела с атмосферой Земли. Для кратерообразующих ударов обе стадии (пролет сквозь атмосферу и выброс плюма из кратера) вызывают тепловое излучение. В этой работе, мы предлагаем масштабирующие соотношения для оценки эффектов излучения для переходных вариантов, где обе стадии играют важную роль.

Эффективностью излучения называют долю кинетической энергии метеороида, преобразуемую в излучение в конкретной полосе или всем спектре. Для относительно малых ударников она определяется пролетной стадией и растет с кинетической энергией. При дальнейшем росте кинетической энергии импактор достигает поверхности Земли с незначительными потерями энергии и эффективность излучения при пролете падает. Образуется кратер, и это приводит к образованию плюма, который также является источником теплового излучения, что приводит к росту полной эффективности излучения. Дальнейшее увеличение энергии ударника приводит к постепенному снижению эффективности. На основании набора результатов серийного численного моделирования были построены масштабирующие соотношения для быстрой оценки параметров теплового излучения. Они используются в проекте веб-калькулятор «Impact effects» (<http://AsteroidHazard.pro>)

SCALING RELATIONS FOR RADIATION EFFECTS FROM LARGE AIR-BURST AND SMALL CRATER-FORMING IMPACTS

D. O. Glazachev, E. D. Podobnaya, O. P. Popova, V.V.Svetsov, V. V. Shuvalov

Institute of Geosphere Dynamics, Moscow, Russia

E-mail: GlazachevD@gmail.com

Radiation produced due to the deceleration of a cosmic object in the atmosphere and due an emission of a plume of vapor generated by crater-forming impacts is one of the main dangerous consequences of a crater-forming impact. In the case of a fireball event the flight through the atmosphere is the only reason of thermal radiation effects on the ground. In the case of a small crater forming event the both stages: the flight through the atmosphere and the emission of the plume cause radiation effects. In this work, we suggest scaling relations for estimating the effects of thermal radiation for transitional cases, where both stages are important.

Radiation efficiency is the fraction of the kinetic energy of a meteoroid that is converted to radiation in a specific band or the entire spectrum. For relatively small impactors, it is determined by the flight stage and grows with kinetic energy. With a further increase in kinetic energy, the impactor reaches the Earth's surface with insignificant energy losses and the radiation efficiency decreases during the passage. A crater forms, and this leads to the formation of a plume, which is also a source of thermal radiation, which leads to an increase in the total radiation efficiency. A further increase in projectile energy leads to a gradual decrease in efficiency. The efficiency decreases with energy for large objects, unlike the dependence for small bodies. Based on the set of the serial numerical simulation results, scaling relations were constructed for a quick estimate of the parameters of thermal radiation effects. They are used in the web calculator project «Impact effects» (<http://AsteroidHazard.pro>)

АНТАРКТИДА - КЛАДОВАЯ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

В. И. Гроховский, А. Ю. Пастухович

Физико-технологический институт, Уральский Федеральный Университет,

E-mail: a.iu.pastukhovich@urfu.ru

Метеориты и космическая пыль - это основное доступное вещество внеземного происхождения, представляющее интерес для исследователей, работающих в самых разных областях знаний. Изучение метеоритного вещества позволяет решать проблемы планетологии и астрономии, астероидной опасности и астробиологии, минералогии и материаловедения.

В Антарктиде огромные площади антарктических ледников являются естественными накопителями космического вещества на протяжении многих миллионов лет. При этом ледники находятся в постоянном движении, то есть они не только накапливают в своей толще образцы метеоритов, но и «транспортируют» их. Если на пути льда оказываются горы, скальные гряды или нунатаки (одиночные скальные выходы) - лёд начинает напирать на них, при этом в результате абляции льда под воздействием кatabатических ветров скоростью до 200-250 км/ч в зимние периоды и солнечной радиации в летние метеориты накапливаются на участках голубого льда вблизи горных склонов. Сухой воздух и низкие температуры обеспечивают хорошую сохранность упавших метеоритов на протяжении многих лет.

В докладе рассматриваются вопросы истории обнаружения метеоритов в Антарктиде, актуальные вопросы сбора космического вещества, находки метеоритов российскими учеными (от метеорита Лазарев до метеоритной экспедиции УрФУ). Особые механизмы накопления метеоритов обнаружены не только в холодных антарктических пустынях, но и в горячих пустынях различных районов Земли. В последние годы Уральский Федеральный Университет провел метеоритные экспедиции в пустыни Деште-

Лут (Иран), Атакама (Чили) и Гоби (Монголия). В результате проведенных экспедиций накоплен огромный опыт поисковых работ, собрано значительное количество образцов метеоритов разных типов.

СТАТИСТИКА ПАДЕНИЙ МЕТЕОРИТОВ И БОЛИДОВ

О. В. Еретнова, А. Е. Дудоров

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

E-mail: eretnova@csu.ru

На основе [1–3] составлен каталог 926 метеоритов, падения которых зарегистрированы с 1860 по 2017 гг. С помощью статистического анализа каталога показано, что распределение метеоритов по массам аппроксимируется логнормальным законом. Проведена оценка среднегодового потока метеоритного вещества на поверхность Земли, $M_{\text{год}} \approx (13 \div 26) \text{ т/г}$, и среднегодового потока метеороидного вещества в атмосферу Земли, $M_{\text{год}}^{\text{атм}} \approx (4.3 \div 8.6) \cdot 10^4 \text{ т/г}$. Средний интервал между падениями метеоритов, подобных метеориту Chelyabinsk, составляет ~ 25 лет. Распределение числа падений метеоритов по годам является неравномерным. Автокорреляционным методом обнаружена 10÷11-летняя периодичность у группы Н-хондритов, железных и железокаменных метеоритов на интервале с 1860 по 1960 год. Распределения числа падений метеоритов по годам, месяцам и времени суток сопоставлены с аналогичными распределениями для 714 болидов, зарегистрированных с 1995 по 2017 гг. [4]. Максимальное число болидов приходится на 2005 и 2015 год, что позволяет предположить наличие 10÷11-летней цикличности в распределении числа болидов по годам. Отмечено, что 66% падений метеоритов приходится на интервал времени от полудня до полуночи, а 58% – на весенне-летний период. Число регистрируемых болидов не зависит ни от времени суток, ни от времени года.

1. Meteoritical Bulletin Database \ www.lpi.usra.edu/meteor/
2. Лаборатория Метеоритики ГЕОХИ РАН \ www.meteorites.ru/
3. Дудоров А.Е., Еретнова О.В. Вестник Челябинского государственного университета. 2014. №1 (330). Физика. Вып. 19. С. 58–67.
4. www.cneos.jpl.nasa.gov/fireballs/

THE STATISTICS OF METEORITE AND BOLIDE FALLS

O. V. Eretnova, A. E. Dudorov

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

E-mail: eretnova@csu.ru

Based on [1–3], a catalog of 926 meteorite falls registered from 1860 to 2015 is compiled. Using statistical analysis of the catalogue, it is shown that the mass distribution of the studied meteorites is approximated by log-normal law. The flux of meteoritic material to the Earth's surface, $M_{\text{year}} \approx (13 \div 26) \text{ ton/yr}$ and meteoroid material into the Earth's atmosphere, $M_{\text{year}}^{\text{atm}} \approx (4.3 \div 8.6) \cdot 10^4 \text{ ton/yr}$ are estimated. The average interval between fallings for meteorites similar to Chelyabinsk one is equal to 25 years. The distribution of meteorite falls over years is not uniform. 10÷11-year periodicity for H-chondrites, iron and iron-stone meteorites is found since 1860 to 1960 using the autocorrelation method. The distributions of meteorite falls over years, months and time of the day are compared with the same for 714 bolides, registered between 1995 and 2017 [4]. Maxima of the number of bolides are on 2005 and 2015 that allows as to suppose of 10÷11-year cycle in the distribution of bolide falls over year. It is note, that 66%

of meteorite falls are registered from midday to midnight and 58% – in the spring-summer period. The number of registered bolides are not depend on the time of day or the time of year.

1. Meteoritical Bulletin Database \ www.lpi.usra.edu/meteor/

2. The Laboratory of Meteoritics Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS \ www.meteorites.ru/

3. Dudorov A.E., Eretnova O.V. Chelyabinsk State University Bulletin, 2014. No. 1 (330), Physics. Issue 19. P. 58–67.

4. www.cneos.jpl.nasa.gov/fireballs/

ГИПОТЕЗА О КРУПНОМ ПЛАНЕТНОМ ТЕЛЕ НА ПЕРИФЕРИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

A. S. Guliyev, R. A. Guliyev

Рассматриваются отдельные аспекты гипотезы Гулиева о возможности существования крупного планетного тела на расстоянии 250 – 400 а.е. и его трансфера наблюдаемых комет. В этой гипотезе основной акцент делается на закономерности в движении комет, приходящих с далеких областей солнечной системы. В настоящей работе анализ охватывает 1249 комет, наблюдавшихся до 2017 года. Показано, что существует плоскость вблизи которой имеет место концентрация кометных перигелиев. Она имеет параметры $I_p = 86^{\circ}.2$; $\Omega_p = 271^{\circ}.7$ и согласно гипотезы, является следствием действия крупного планетного тела на расстоянии 250-400 а.е. В этом интервале количество афелиев и далеких узлов кометных орбит заметно (в пределах статистических достоверностей) превышает ожидаемый фон. На базе собранного кометного материала оценены элементы предполагаемого планетного тела: $a = 337$ а.е.; $e = 0.14$; $\omega = 57^{\circ}$; $\Omega = 272^{\circ}.7$; $I = 86^{\circ}$.

HYPOTHESIS ON THE LARGE PLANETARY BODY ON THE PERIPHERY OF THE SOLAR SYSTEM

A. S. Guliyev, R. A. Guliyev

Selected aspects of the Guliyev's hypothesis about the existence of the large planetary body on distance of 250 - 400 AU as, a factor of comets transfer, are considered. In this hypothesis the main emphasis is on the regularities in the motion of comets coming from distant regions of the solar system. The analysis covers 1249 comets observed until 2017. It is shown that there exists a plane near which the concentration of cometary perihelion. According to the hypothesis this plane having parameters $I_p = 86^{\circ}.2$; $\Omega_p = 271^{\circ}.7$ is result of the influence of giant planetary body at the distance of 250 - 400 AU. It shows that number of aphelia and distant nodes of cometary orbits within this limit (within statistical validity) significantly exceeds the expected background. On the basis of collected cometary data, we have estimated orbital elements of the hypothetical planetary body: $a = 337$ a.e.; $e = 0.14$; $\omega = 57^{\circ}$; $\Omega = 272^{\circ}.7$; $I = 86^{\circ}$.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗБРАННЫХ АСТЕРОИДОВ И КОМЕТ В 2019 ГОДУ В ОБСЕРВАТОРИИ КУБАНСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА «С40»

А. Л. Иванов¹, В. А. Иванов¹, В. Е. Лысенко¹, Н. В. Иванова², Н. А. Яковенко¹.

¹Кубанский государственный университет, ²D04 ООО Национальное Астрономическое Агентство

В 2019 году в обсерватории КубГУ «С40» совместно с обсерваторией MPC D04, проводились наблюдения астероидов и комет, в том числе потенциально опасных астероидов. Определены координаты и звездные величины астероидов, данные переданы в международный Центр малых планет. Для комет был выполнен анализа кривых блеска по полученным оценкам на астрофизическом комплексе КубГУ (Ричи-Кретъен, диаметр 510 мм, фокусное расстояние 4016 мм, камера FLI16803) и телескопе обсерватории MPC D04 (МАК 254 мм, фокусное расстояние 1208 мм, камера FLI8300).

THE STUDY OF SELECTED ASTEROIDS AND COMETS IN 2019 AT THE OBSERVATORY OF KUBAN STATE UNIVERSITY "C40"

A. L. Ivanov¹, V. A. Ivanov¹, V. E. Lysenko¹, N. V. Ivanova², N. A. Yakovenko¹

¹ Kuban state University

² D04, OOO National Astronomical Agency

In 2019 in the Observatory of the Kuban state University "C40" together with MPC D04 observatory carried out observations of asteroids and comets including potentially hazardous asteroids. The coordinates and stellar values of asteroids were determined, the data were transferred to the international center of minor planets. For the comets it was performed the analysis of the light curves according to the obtained estimates of the astrophysical complex KUBSU (Ritchey-Chretien diameter 510 mm, focal length 4016 mm, FLI16803 camera) and the telescope observatory mpc d04 (Mac 254 mm, focal length 1208 mm, the camera FLI8300).

АЛГОРИТМ СВЕРХБЫСТРОГО РАСЧЕТА ДРОБНОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ПОРЯДКА 1/2 ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРИЦЕЛЬНОГО КИНЕТИЧЕСКОГО ТАРАНА ОПАСНОГО ДЛЯ ЗЕМЛИ АСТЕРОИДА: СКОРОСТЬ ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ

И. Г. Коваленко, В. Д. Захарченко, П. И. Кивокурцева

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

E-mail: ilya.g.kovalenko@gmail.com

В перспективных системах противодействия астероидно-кометной опасности задача максимально точного наведения кинетического импактора (точка приложения энергии на теле астероида должна находиться на прямой, проходящей через его центр масс) должна решаться автономно и оперативно, поскольку на подготовку миссии могут отводиться не годы, как в случае разрабатываемого в настоящее время НАСА проекта DART, а месяцы или недели, поэтому использование подготовительных процедур (облет астероида с выбором оптимальной точки встречи, установки на астероид посадочных радиомаяков) может оказаться технически невозможным. С учетом того, что относительные скорости движения импактора будут велики (в миссии DART ~ 6.5 км/с), и повторный заход на цель невозможен, цена ошибки при определении положения центра масс астероида возрастает многократно. Таким образом, чрезвычайно важной становится задача сокращения временных затрат на определение траектории и скорости быстродвижущегося опасного космического тела.

Прогноз движения астероида удобно производить по измерению мгновенной скорости астероида на основе анализа доплеровского сдвига частоты отраженного радиолокационного сигнала. В случае уширенного спектра (если астероид вращается) в качестве доплеровской частоты используется центр тяжести энергетического спектра доплеровского сигнала, через который определяется движение центра масс движущегося объекта.

Нами в работах [1,2] было показано, что расчет средней частоты может быть выполнен без спектрального преобразования сигнала посредством интегрирования по всему времени приема сигнала квадрата производной порядка 1/2 от сигнала. В [2] отмечено, что такой расчет может дать выигрыш по скорости вычислений по сравнению с обычным преобразованием Фурье до 10^6 раз. Для того, чтобы конкурировать по быстродействию с быстрым преобразованием Фурье (БПФ), алгоритм расчета дробной производной должен быть организован как схема сквозного счета таким образом, чтобы производить вычисления по мере поступления отсчетов сигнала в режиме реального времени. В отличие от этого алгоритм преобразования Фурье требует до обработки поступления всего массива данных.

В [3] предложена аппроксимация дробной производной порядка $1/2$ конечной суммой из затухающих экспонент. Предлагаемая в настоящей работе идея быстрого вычисления центра тяжести спектра сводится к реализации некоторой рекуррентной процедуры, что приводит к вычислительной сложности алгоритма $\sim N$, где N - количество отсчетов сигнала, что заметно быстрее БПФ, которое задействует $\sim N \log_2 N$ операций. Оценки показывают, что для достижения точности в 1% выигрыш в быстродействии по сравнению с БПФ составляет ~ 30 раз.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ и Администрации Волгоградской области №19-47-340005-р_а.

1. Захарченко В.Д. Оценка средней частоты доплеровских сигналов методом дробного дифференцирования // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 1999. Т.2, №3-4. С.39-41.
2. Zakharchenko V. D., Kovalenko I. G. On protecting the planet against cosmic attack: ultrafast real-time estimate of the asteroid's radial velocity // Acta Astronautica. 2014. V.98. P.158-162.
3. Zakharchenko V. D., Kovalenko I. G. Best Approximation of the Fractional Semi-Derivative Operator by Exponential Series // Mathematics. 2018. V.6, Issue 1. id 12. P.1-12.

THE SUPERFAST FRACTIONAL DERIVATIVE OF ORDER $1/2$ CALCULATION ALGORITHM FOR SOLVING THE PROBLEM OF THE KINETIC IMPACT OF A POTENTIALLY HAZARDOUS FOR EARTH ASTEROID: SPEED DOES MATTER

I. G. Kovalenko, V. D. Zakharchenko, P. I. Kivokurtseva
Volgograd State University, Volgograd, Russia

In promising systems to counter the asteroid-comet hazard, the task of the most accurate guidance to the point of collision the kinetic impactor (the point of application of energy on the body of the asteroid should be on a straight line passing through its center of mass) must be solved autonomously and quickly, since the preparation of the mission may not take years, as in the case of the DART project currently being developed by NASA, but months or weeks, so the use of preparatory procedures (flying around an asteroid with a choice of the optimal point of impact, sending to the asteroid landing beacons) may be technically impossible. Taking into account the fact that the relative speeds of the impactor will be high (in the DART mission ~ 6.5 km/s), and re-approaching an asteroid is impossible, the cost of an error in determining the position of the center of mass of the asteroid increases many times. Thus, the task of reducing the time spent on determining the trajectory and speed of a fast-moving dangerous cosmic body becomes extremely important.

It is convenient to predict the asteroid's motion by measuring the instantaneous velocity of the asteroid based on the analysis of the Doppler shift of the frequency of the reflected radar signal. In the case of the broadened spectrum (if the asteroid rotates), the center of gravity of the energy spectrum of the Doppler signal is used as the Doppler frequency, through which the motion of the center of mass of the moving object is determined.

We have shown in [1,2] that the calculation of the average frequency can be performed without spectral transformation of the signal by integrating over the entire reception time of a signal a square of a derivative of the order of $1/2$ of the signal. In [2] it is noted that such a calculation can give a gain in computation speed as compared with the usual Fourier Transform up to 10^6 times. In order to compete in speed with the Fast Fourier Transform (FFT), the algorithm for calculating the fractional derivative should be organized as a real time calculation procedure. In contrast, the Fourier Transform algorithm requires an entire array of data before processing.

In [3], an approximation of a fractional derivative of order $1/2$ by a finite sum of decaying exponents was developed. The idea proposed in the present study to quickly calculate the center

of gravity of the spectrum implies the implementation of a certain recurrent procedure, which leads to the computational complexity of the algorithm $\sim N$, where N is the number of signal samples, which is much faster than the FFT, which involves $\sim N \log_2 N$ operations. Estimates show that in order to achieve an accuracy of 1%, the gain in speed compared to the FFT is ~ 30 times.

This study was supported by the grant from RFBR and the Government of Volgograd region 19-47-340005-r_a.

ЭВОЛЮЦИЯ ОРБИТ МЕТЕОРИТО-ОБРАЗУЮЩИХ ГРУПП И ИХ РОДИТЕЛЬСКИХ ТЕЛ

Н. А. Коновалова¹, Ю. М. Горбанев², Н. Х. Давруков¹

¹Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан

²Астрономическая обсерватория Одесского Национального Университета, Украина

E-mail: nakonovalova@mail.ru

Мы представляем результаты анализа эволюции кометоподобных орбит семейства Юпитера шести метеорито-производящих групп, включающих спорадические болиды из метеорной базы данных IAU MDC-2007, спорадические метеоры из SonataCo базы данных, обыкновенные хондриты типа H5, L3.5, наблюдавшиеся инструментально, и околоземные астероиды – потенциальные родительские тела исследованных групп. Мы выполнили численное интегрирование орбитального движения членов метеорито-производящих групп в течение нескольких тысячелетий. Исследование проводилось количественно с использованием программного обеспечения Halley, численное интегрирование уравнений движения выполнялось методом Эверхарта 11-го порядка. Анализ эволюции за 5000 лет показывает, что перигелии, эксцентриситеты и аргументы перигелия эволюционируют аналогичным образом за этот период времени. D_{SH} -критерий остается ниже 0.3 в течение примерно 5000 лет в группах метеоритов Neuschwanstein и Mason Gully и примерно 3500 - 4500 лет в группах метеоритов Benesov и Park Forest. Полученные интервалы времени указывают на относительно недавнее образование метеорито-производящих групп в результате фрагментации их родительских тел.

ORBITAL EVOLUTION OF THE METEORITE-PRODUCING GROUPS AND THEIR PARENT BODIES

N. A. Konovalova¹, Yu. M. Gorbanev², N.H. Davruqov¹

¹Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

²Astronomical Observatory Odessa National University, Ukraine.

E-mail: nakonovalova@mail.ru

We present the results of the analysis of evolution of cometary-like orbits of six meteorite-producing groups containing sporadic fireballs from the IAU MDC database 2007, sporadic meteors from the SonataCo database ordinary chondrites type H5, L3.5 known from instrumental observations and their potential parent bodies – near-earth asteroids. In order to test link between meteorite-producing groups and potential parent bodies, we performed numerical integrations of their orbits backwards in time over several millennia. The integrations were performed using the Halley software. Numerical integration of the equations of motion is performed by Everhart's method of 11-th order. Analysis of evolution over 5000 yr shows that the perihelia, eccentricities and argument of perihelia evolve similarly for this time period. The D_{SH} - stays below 0.3 for about 5000 yr in the groups of meteorites Neuschwanstein and Mason Gully and approximately 3500 - 4500 years in the groups of meteorites Benešov and Park Forest. The obtained time intervals indicate a relatively recent formation of meteorite-producing groups as a result of the fragmentation of their parent body.

РАДИОНАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ В 2017-2018 ГГ НА МЕТЕОРНОМ РАДАРЕ В КАЗАНИ

Д. В. Коротышкин¹, О. Н. Шерстюков¹, С. А. Калабанов¹, Р. А. Ишмуратов², Ф. С. Валиуллин¹

¹Казанский Федеральный Университет, г. Казань

²Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

E-mail: dmitry-kor@mail.ru

Начиная с 2015 года на метеорном радаре Казанского Федерального Университета типа Skymet Казани (56N, 49E) проводится мониторинг метеорной активности. В ходе этих радиометеорных наблюдений проводятся оценки параметров индивидуальных радиоотражений: угловые координаты, скорость метеора и т.д. В работе представлены результаты выделения радиантов основных и малых метеорных потоков с помощью статистического метода «свертки», предложенного Morton и Jones в 1982 с учетом некоторых последующих доработок (в том числе использование оценок скорости метеоров для улучшения селективности). Разработанные и адаптированные методики позволяют оценивать средневероятностную скорость метеора, изменение суточной численности метеоров, дрейф радианта. Полученные результаты подтверждают и уточняют данные о радиантах метеорных потоков других метеорных радаров. Кроме того, с помощью данной методики проанализированы спорадические метеоры и выявлены их источники.

RADIO OBSERVATIONS OF METEOR SHOWERS IN 2017-2018 ON THE METEOR RADAR IN KAZAN

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

¹Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

²Kazan State Power Engineering University, Kazan,

E-mail: dmitry-kor@mail.ru

Since 2015, meteor activity monitoring has been carried out on the meteor radar of the Kazan Federal University of the Skymet type. In the course of these radio-meteor observations, the parameters of individual radio reflections are estimated: angular coordinates, meteor speed, etc. The paper presents the results of the separation of the radiants of the main and minor meteor showers using the statistical “convolution” method proposed by Morton and Jones in 1982, taking into account some subsequent improvements (including the use of meteor speed estimates to improve selectivity). The developed and adapted methods allow us to estimate the average probability speed of the meteor, the change in the daily number of meteors, and the radiant drift. The obtained results confirm and refine the data on the radiants of meteor showers by other meteor radars. In addition, sporadic meteors were analyzed using this technique and their sources were identified.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТЫ 29P/ШВАССМАНА-ВАХМАНА 1 В ОБСЕРВАТОРИИ САНГЛОХ

Г. И. Кохирова, О. В. Иванова, А. М. Буриев, У. Х. Хамроев, Ф. Дж. Рахматуллаева*

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, Республика Таджикистан, г. Душанбе

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

*Астрономический институт Словацкой Академии наук, Татранска Ломница, Словацкая Республика

В Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) Института астрофизики АН РТ проведены астрометрические и фотометрические наблюдения кометы 29P/Швассмана-Вахмана 1 в 2017 г. По наблюдениям кометы 29P в обсерватории Санглох определены координаты, геоцентрическая траектория и орбита кометы, которые согласуются с данными MPC. Найден видимый блеск кометы в фильтрах *BVRI* и построены кривые блеска по наблюдениям пяти ночей. Определен абсолютный блеск кометы в фильтрах *BVRI*, его зависимость от времени свидетельствует об отсутствии нерегулярностей в блеске кометы в период наблюдений. Показатель цвета соответствует диапазону значений для активных объектов группы кентавров и показывает, что в коме кометы преобладает пылевая компонента более красная по отражательной способности. Размер ядра кометы по нашим наблюдениям соответствует имеющимся в литературе оценкам.

RESULTS OF OBSERVATIONS OF COMET 29P/SCHWASSMANN-WACHMANN 1 IN SANGLOKH OBSERVATORY

G. I. Kokhirova, O. V. Ivanova, A. M. Buriev, U. Kh. Khamroev, F. Dzh. Rakhmatullaeva*
Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

*Astronomical Institute, Slovak Academy of Sciences, Tatranská Lomnica, 05960 Slovak Republic
E-mail: kokhirova2004@mail.ru

Astrometric and photometric observations of comet 29P were carried out in the International astronomical observatory Sanglokh of the Institute of Astrophysics of the AS RT in July-August, 2017. In spite of short period the comet is classified as Centaurs group object. The coordinates of comet were determined and the orbit was calculated, apparent and absolute magnitudes in *BVRI* bands, and color-indexes were found as well the diameter of comet nucleus was estimated. The results of observations in the Sanglokh observatory are in good agreement with the data of accessible observations.

ОКОЛОЗЕМНЫЕ АСТЕРОИДЫ, СВЯЗАННЫЕ С КОМПЛЕКСОМ ВИРГИНИД

Кохирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Хамроев У.Х., Джонмухаммади А.И., Кулаев И.В.
Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, Республика Таджикистан, г.Душанбе

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

Метеороидный рой Виргинид порождает ряд метеорных потоков и субпотоков, наблюдаемых на Земле ежегодно в период с февраля по май. Родительская комета роя не установлена, но родственная связь между некоторыми потоками и астероидами, сближающимися с Землей, ранее уже была обнаружена. Такая связь выявлена между Северными и Южными ν -Виргинидами и астероидом, сближающимся с Землей (АСЗ) 2004СК39, а также Северными и Южными η -Виргинидами и АСЗ 2007СА19, на основе чего сделано предположение о кометной природе этих астероидов [1-2]. Мы провели новый поиск АСЗ, принадлежащих астероидно-метеороидному комплексу Виргинид. По результатам вычисления эволюции орбит ряда АСЗ и определения теоретических параметров их родственных потоков выполнен поиск наблюдаемых активных потоков схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Оказалось, что предсказанные метеорные потоки, родственные с 25 АСЗ, были отождествлены с активными потоками комплекса Виргинид. Выявленная связь указывает на кометное происхождение рассмотренных АСЗ, которые движутся в рое Виргинид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами крупной родительской кометы астероидно-метеороидного комплекса Виргинид.

NEAR-EARTH ASTEROIDS OF COMETARY ORIGIN ASSOCIATED WITH THE VIRGINID COMPLEX

G. I. Kokhirova, P. B. Babadzhanov, U. H. Khamroev, A. I. Zhonmuhammadi, I. V. Kulaev

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

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

The Virginid meteoroid stream produces a series of meteor showers and sub-showers active annually during February-May. A certain parent comet is not found but a related association of some showers with near-Earth asteroids was previously established. Such a link between the Northern and Southern ν -Virginids and NEA 2004CK39, the Northern and Southern η -Virginids and NEA 2007CA19 was defined and a cometary origin of these asteroids was suggested [1-2]. We performed a new search for NEAs belonging to the Virginid asteroid-meteoroid complex. On the base of calculation of orbital evolution of a sample of NEAs and determination of theoretical features of related showers a search for observable active showers close to theoretically predicted ones was carried out. As a result, predicted showers of 25 NEAs were identified with the showers of the Virginid complex. Revealed association points to a cometary nature of NEAs that are moving within the stream and may be considered as extinct fragments of a larger comet-progenitor of the Virginid asteroid-meteoroid complex.

[1] P.B. Babadzhanov, I.P. Williams, G.I. Kokhirova, MNRAS, 2012, 420, 2546;

[2] P.B. Babadzhanov, G.I. Kokhirova, Yu.V. Obruchov, A&A, 2015, 579, A119.

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОТЕНЦИАЛЬНО МЕТЕОРИТООБРАЗУЮЩИХ МЕТЕОРОИДОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ БОЛИДНОЙ СЕТИ ТАДЖИКИСТАНА

Г. И. Кохирова, П. Б. Бабаджанов, У. Х. Хамроев, Ш. Б. Файзов, М. Н. Латипов

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, Республика

Таджикистан, г.Душанбе

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

Представлены результаты обработки наблюдательных данных 25 болидов, сфотографированных болидной сетью Таджикистана в 2006-2011 гг., классифицированных как потенциально метеоритообразующие. Данные болидные явления предположительно могли завершиться выпадением метеоритов с массами от 1 до 100 г. Приведены результаты определения траекторий, скоростей, орбит, блеска болидов и внеатмосферных масс метеороидов и выявлена зависимость между ними. Показано, что основной приток метеоритообразующих метеороидов в земную атмосферу связан с телами астероидного происхождения, однако некоторые метеориты, возможно, могут произойти от тел, имеющих кометоподобные орбиты и, с высокой вероятностью, кометной природы.

DYNAMICAL PROPERTIES OF PRESUMED METEORITE-DROPPING METEOROIDS BY OBSERVATIONS OF THE TAJIKISTAN FIREBALL NETWORK

G. I. Kokhirova, P. B. Babadzhanov, U. Kh. Khamroev, Sh. B. Faizov, M. N. Latipov

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

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

The results of studying the observational data of 25 fireballs photographed by the Tajikistan fireball network in 2006-2011 and classified as potentially meteorite-producing are presented. These fireballs, supposedly, could be terminated by the dropping of meteorites with masses from

1 to 100 g. The data on fireballs trajectories, velocities, orbits, brightness and preatmospheric masses of meteoroids are given and strong correlation between them is found. It is shown that the main influx of meteorite-dropping meteoroids into the Earth's atmosphere is providing by the bodies of asteroidal origin. However, possibly, some meteorites may originate from bodies having comet-like orbits, and, very likely, of a cometary nature.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОТЕНЦИАЛЬНО МЕТЕОРИТООБРАЗУЮЩИХ МЕТЕОРОИДОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ БОЛИДНОЙ СЕТИ ТАДЖИКИСТАНА

Г. И. Кохирова, П. Б. Бабаджанов, У. Х. Хамроев, Ш. Б. Файзов, М. Н. Латипов

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан,

734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бухоро, 22

E-mail: umed-1982@mail.ru

Приведены данные, характеризующие физические свойства 25 метеороидов, классифицированных как потенциально метеоритообразующие по наблюдениям болидной сети Таджикистана в 2006-2011 гг.: кривые блеска и особенности свечения болидов, фотометрические массы и плотности метеороидов. Внеатмосферные массы находятся в интервале от 120 г до 13 кг, конечные фотометрические массы – от 1 до 100 г и, предположительно, болидные явления могли завершиться выпадением метеоритов с таким диапазоном масс. Показана зависимость между яркостью и первоначальными массами, конечными массами и конечными высотами. Согласно эмпирическому критерию конечных высот все болиды принадлежат I и II болидным группам и, следовательно, порождены метеороидами, состоящих из хондритов, которые относятся к астероидному материалу. Высокая плотность субстанции пяти метеороидов с кометоподобными орбитами, принадлежащим известным метеорным потокам, является нетипичной для кометных тел. Сделан вывод, что основной приток метеоритообразующих метеороидов в земную атмосферу связан с телами астероидного происхождения, однако некоторые метеориты, возможно, могут произойти от тел, имеющих кометоподобные орбиты и, с высокой вероятностью, кометной природы.

PHYSICAL PROPERTIES OF PRESUMED METEORITE-DROPPING METEORIODS BY OBSERVATIONS OF THE TAJIKISTAN FIREBALL NETWORK

G. I. Kokhirova, P. B. Babadzhonov, U. Kh. Khamroev, Sh. B. Faizov, M. N. Latipov

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

E-mail: umed-1982@mail.ru

A study of the observational data of 25 fireballs photographed by the Tajikistan fireball network in 2006-2011 and classified as potentially meteorite-producing is continued. The data on meteoroids physical properties: light curves and features of luminosity, photometric masses and densities of meteoroids are given. Initial masses range from 120 g to 13 kg, terminal photometric masses lie in the interval from 1 to 100 g and these fireballs, supposedly, could be terminated by the dropping of meteorites with this mass range. Correlations between some dynamical and physical properties are shown. According to the empirical criterion of end heights all fireballs belong to I and II fireballs groups and, consequently, were produced by the meteoroids consisting of chondrites which relate to the asteroidal material. High density of five meteoroids with comet-like orbits belonging to the known meteor showers is not typical for cometary bodies. It is concluded that the main influx of meteorite-dropping meteoroids into the Earth's atmosphere is providing by the bodies of asteroidal origin, however, possibly, some meteorites may originate from bodies having comet-like orbits, and, very likely, of a cometary nature.

**ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ПОТЕНЦИАЛЬНО МЕТЕОРИТООБРАЗУЮЩИХ МЕТЕОРОИДОВ
ПО НАБЛЮДЕНИЯМ БОЛИДНОЙ СЕТИ ТАДЖИКИСТАНА**

Г. И. Кохирова, П. Б. Бабаджанов, У. Х. Хамроев, Ш. Б. Файзов, М. Н. Латипов

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан,

Республика Таджикистан, г. Душанбе

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

Представлены результаты обработки наблюдательных данных 25 болидов, сфотографированных болидной сетью Таджикистана в 2006-2011 гг., классифицированных как потенциально метеоритообразующие. Данные болидные явления предположительно могли завершиться выпадением метеоритов с массами от 1 до 100 г. Приведены результаты определения траекторий, скоростей, орбит, блеска болидов и внеатмосферных масс метеороидов и выявлена зависимость между ними. Показано, что основной приток метеоритообразующих метеороидов в земную атмосферу связан с телами астероидного происхождения, однако некоторые метеориты, возможно, могут произойти от тел, имеющих кометоподобные орбиты и, с высокой вероятностью, кометной природы.

**DYNAMICAL PROPERTIES OF PRESUMED METEORITE-DROPPING
METEOROIDS BY OBSERVATIONS OF THE TAJIKISTAN FIREBALL NETWORK**

G.I. Kokhirova, P.B. Babadzhanov, U.Kh. Khamroev, Sh.B. Faizov, M.N. Latipov

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

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

The results of studying the observational data of 25 fireballs photographed by the Tajikistan fireball network in 2006-2011 and classified as potentially meteorite-producing are presented. These fireballs, supposedly, could be terminated by the dropping of meteorites with masses from 1 to 100 g. The data on fireballs trajectories, velocities, orbits, brightness and preatmospheric masses of meteoroids are given and strong correlation between them is found. It is shown that the main influx of meteorite-dropping meteoroids into the Earth's atmosphere is providing by the bodies of asteroidal origin. However, possibly, some meteorites may originate from bodies having comet-like orbits, and, very likely, of a cometary nature.

**ДИНАМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМЕТЫ C/2015 V2
ДЖОНСОНА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ГИССАРСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ**

Г.И. Кохирова, А.М. Буриев, Ф.Дж. Рахматуллаева

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, Республика

Таджикистан, г. Душанбе

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

Представлены результаты астрометрических и фотометрических наблюдений кометы C/2015 V2 Джонсона, проведенных на телескопе АЗТ-8 Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики АН Республики Таджикистан. В результате астрометрической обработки изображений определены координаты и орбита кометы на момент наблюдений, которые соответствуют другим наблюдениям. В результате фотометрической обработки наблюдений определен видимый и абсолютный блеск в фильтрах BVRI, получена оценка ее диаметра и показатели цвета.

DYNAMIC AND PHYSICAL PROPERTIES OF COMET C/2015 V2 JOHNSON BY OBSERVATIONS IN THE GISSAR ASTRONOMICAL OBSERVATORY

G.I. Kokhirova, A.M. Buriev, F.Dzh. Rakhmatullaeva

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

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

The results of astrometric and photometric observations of comet C/2015 V2 Johnson carried out on the AZT-8 telescope of the Gissar Astronomical Observatory of the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan are presented. As a result of astrometric processing, the coordinates and orbit of the comet at the time of observation are determined. As a result of the photometric processing, apparent and absolute magnitude in the BVRI filters were determined, the diameter and color indices were estimated.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТЫ 21P/ДЖАКОБИНИ-ЦИННЕРА

Г.И. Кохинова, А.М. Буриев, У.Х. Хамроев

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, 734042 Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бухоро, 22

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

В Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) и Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) Института астрофизики АН РТ проведены квазисинхронные астрометрические и фотометрические наблюдения короткопериодической кометы 21P/Джакобини-Циннера в 2018 г. Определены координаты кометы и вычислена орбита, найден видимый и абсолютный блеск в фильтрах BVRI, а также инструментальный показатель цвета кометы, получена оценка диаметра ядра кометы. Результаты наблюдений в МАОС и ГисАО находятся в удовлетворительном соответствии между собой, а также с данными мировых наблюдений. Сделано заключение о стабильности кометы на момент наблюдений.

OBSERVATION RESULTS OF COMET 21P/GIACOBINI-ZINNER

G.I. Kokhirova, A.M. Buriev, U.Kh. Khamroev

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

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

Quasisynchronous astrometric and photometric observations of the short-period comet 21P/Giacobini-Zinner were carried out at the Sanglokh International Astronomical Observatory (IAOS) and the Gissar Astronomical Observatory (GisAO) of the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, in 2018. The coordinates of comet were determined and the orbit was calculated, apparent and absolute magnitudes in BVRI bands, and color index were found, the size of cometary nucleus was estimated. The results of observations in IAOS and GisAO are in satisfactory agreement with each other, as well as with available observations. The conclusion is made about the stability of comet during observation.

РЕЗУЛЬТАТЫ БОЛИДНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Г. И. Кохирова, С. П. Литвинов, У. Х. Хамроев, М. Н. Латипов

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан

E-mail: umed-1982@mail.ru

В данной статье приводятся результаты наблюдений болидов, а также данные астрометрической и фотометрической обработки полученного материала. В обработку вошли как спорадические, так и поточные болиды – Персеиды, Аквариды, Геминиды и др., сфотографированные в 2006-2011 гг. и 2017-2018 гг. Определены атмосферные траектории, координаты радиантов, скорости, орбиты, кривые блеска, массы и структура вещества метеороидов. Показано, что основной вклад в болидную активность принадлежит поточным метеороидам.

RESULTS OF FIREBALLS OBSERVATIONS IN TAJIKISTAN

G.I. Kokhirova, S.P. Litvinov, U.Kh. Khamroev, M.N. Latipov

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

E-mail: umed-1982@mail.ru

The results of observations of fireballs, as well as data from astrometric and photometric processing of the obtained material are presented in the paper. The processing included Both sporadic and shower's fireballs - Perseids, Aquarids, Geminids, etc. photographed in 2006-2011 and 2017-2018 were included into the reduction. As a result, atmospheric trajectories, radiant coordinates, velocities, orbits, light curves, masses, and the structure of meteoroid matter were determined. It was shown that the main contribution to the fireball activity belongs to shower's meteoroids.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО-АКТИВНОГО АСТЕРОИДА 3552 DON QUIXOTE В 2018 ГОДУ

Г.И. Кохирова¹, О.В. Иванова^{2,3}, Ф.Дж. Рахматуллаева¹,

А.М. Буриев¹, У.Х. Хамроев¹

¹Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, Таджикистан

² Астрономический институт Словацкой академии наук, Словакия

³Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Украина

E-mail: firuzakhon.co@mail.ru

Чтобы лучше понять раннюю историю Солнечной системы, с научной точки зрения важно изучить кометы и активные астероиды, которые, как полагают, являются остатками эпохи формирования.

В этой работе мы представляем результаты фотометрических наблюдений потенциально-активного астероида 3552 Don Quixote, проведенные на телескопе Цейсс-1000 Международной астрономической обсерватории Санглох в период 14, 23, 24 июля 2018 г. Результаты обработки наблюдений в фильтрах VRI, показал, что колебания блеска астероида варьируют от +14.4 до +16.7 зв. величины. Подобные изменения блеска показывают, что астероид находился в состоянии вспышки, т.е. мы зафиксировали его активность.

RESULTS OF OBSERVATIONS OF A POTENTIALLY ACTIVE ASTEROID 3552 DON QUIXOTE IN 2018

G.I. Kokhirova¹, A.V. Ivanova^{2,3}, F.Dzh. Rahmatullaeva¹, A.M. Buriev¹, U.Kh. Khamroev¹

¹ – Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

² – Astronomical Institute of Slovak Academy of Sciences;

³ – Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine

E-mail: firuzakhon.co@mail.ru

In order to have a better understanding of the early history of the solar system, it is scientifically important to study comets and active asteroids, which are believed to be leftovers from the formation epoch.

This paper presented the results of photometric observations of asteroid 3552 Don Quixote conducted on the meter telescope International astronomical Observatory of Sanglokh in the period from 14,23,24 July 2018. The results of processing observations in VRI filters showed that the brightness of asteroid is changed +14.4 to +16.7 m. This indicates that the asteroid has been active.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОНДРИТОВ ПОСЛЕ ТЕПЛОВОГО И РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ

Кругликов Н.А.^{1,2,3}, Гроховский В.И.¹, Петрова Е.В.¹, Муфтахетдинова Р.Ф.¹, Даниленко И.А.¹, Нифонтов Р.В.¹

1) Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия, e-mail: gizrozka91@bk.ru

2) Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г.Екатеринбург, Россия, e-mail: nick@imp.uran.ru

3) Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Современная классификация астероидов Баса-ДеМео основана на анализе формы спектров отражения астероидов, получаемых методами наземной астрономии в видимом и ближнем ИК диапазоне. Фактически таксономия определяет границы кластеров в пространстве признаков классификации. Такая таксономия была рассчитана на использование орбитальных телескопов, но количество наблюдательного времени на таких телескопах крайне ограничено. Поэтому, чаще всего, для наблюдений с использованием наземных телескопов используется усовершенствованная таксономия Баса-Бинзеля для видимого диапазона, основанная на использовании ПЗС матриц.

По мере накопления наблюдательного материала классификация астероидов постоянно усложняется, поскольку форма спектров весьма разнообразна. Можно было бы предложить классификацию не по форме спектра, а по составу и степени метаморфизма. То есть классификация могла бы строиться на более общих принципах. Такой подход открывает возможность упрощения таксономии. Но для этого необходим существенный объем лабораторных исследований, проводимых на Земле. Именно это мы пытаемся реализовать на веществе обыкновенных хондритов, обладающих неплохой отражательной способностью в неметаморфизованном состоянии. Их спектры отражения можно ассоциировать с астероидами S-типа. На настоящем этапе мы пытаемся использовать спектроскопию в видимой области, поскольку, объектов, для которых проведены дистанционные наблюдения в этой области существенно больше. Кроме того, представляет интерес сравнение спектров отражения хондритов со спектрами отражения астероидов R-типа, поскольку, именно этот тип принято связывать с метаморфизованным веществом по составу близким к хондритам.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00598, а также при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Проекты 5.4825.2017/6.7, 5.3451.2017/4.6), и в рамках государственного задания (тема «Давление», № АААА-А18-118020190104-3)

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ВЫБРОС ВЕЩЕСТВА С ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

Ю.Д. Медведев, М.С. Мигунова

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Исследуется возможность ослабления потока солнечной радиации пылевым облаком, вылетающих с поверхности Луны. Рассмотрены два варианта, условно названные «искусственная комета» и «тор». В первом варианте («искусственная комета») выброс вещества с Луны осуществляется в направлении на Землю в моменты новолуний, когда Луна и Солнце имеют близкие эклиптические долготы. Предполагается, что в облаке в основном будут пылинки микронного и субмикронного размера.

Второй вариант - «пылевой тор», в этом случае предполагается, что пылевые частицы будут двигаться в плоскости эклиптики, образуя пылевой тор с центром в Земле. Размеры и радиусом от центра Земли до центра тороидальной трубки равным радиусу лунной орбиты и радиусом трубки равным радиусу Земли. В этом случае пополнение пылью необходимо будут производить в моменты, когда Луна пересекает плоскость эклиптики. В этом варианте необходимо осуществлять выброс с Луны более крупных пылинок – миллиметрового и субмиллиметрового размера. Такие пылевые частицы меньше подвержены негравитационным возмущениям и дольше двигаются в торе. В работе сделаны оценки времени жизни пылинок в торе и пути их дальнейшей эволюции, вычислены траектории пылевых частиц в случае «искусственной кометы», определено требуемое количество вещества для ослабления света, падающего на Землю в обоих вариантах.

REGULATED EJECT OF SUBSTANCE FROM THE LUNAR SURFACE

Yu.D. Medvedev, M.S. Migunova

IAA RAS, St. Petersburg, Russia

The possibility of weakening the solar radiation flux by a dust cloud emitted from the lunar surface is investigated. Two variants are considered, conditionally called “artificial comet” and “torus”. In the first variant (“artificial comet”), the substance is ejected from the Moon in the direction to the Earth at the time of the new moon and close to it, when the Moon and Sun have the same ecliptic longitude. It is assumed that there will be mainly dust particles of micron and submicron size in the cloud.

The second option is the “dust torus”, in this case it is assumed that the dust particles moved in the ecliptic plane with the center into the Earth. It is assumed with the radius from the center of the Earth to the one of the torus tube be the radius of the lunar orbit and the radius of the tube be the radius of the Earth. In this case, the replenishment of dust must be made in moments when the Moon crosses the ecliptic plane. In this variant, it is necessary to eject larger particles of dust from the Moon — millimeter and submillimeter in size. Such dust particles are less susceptible to non-gravitational perturbations and longer moving in the torus.

We estimated the lifetime of dust particles in the torus and their dynamical evolution, calculated the trajectories of dust particles in the case of an “artificial comet”, and determined the required amount of matter to weak the light falling on Earth in both considered variants.

ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА МЕТЕОРОИДНОГО РИСКА В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗЕМЛИ

А.К. Муртазов

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

E-mail: a.murtazov@365.rsu.edu.ru

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

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

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

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

PROBLEMS OF METEOROID RISK MANAGEMENT IN NEAR-EARTH SPACE

A.K. Murtazov

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

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

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

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

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

КРИВЫЕ ИОНИЗАЦИИ И ОРБИТЫ 450 РАДИОМЕТЕОРОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С 4-5 ПУНКТОВ В ГИСАО (ТАДЖИКИСТАН)

М. Нарзиев

Институт астрофизики АН РТ, Душанбе, Таджикистан

E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

Приводятся результаты измерения радиантов, скоростей, орбит и данные атмосферных траекторий 450 радиометеоров, зарегистрированных с 4-5 приёмных станций в периоды действия главных ежегодных метеорных потоков δ Аквариды, Ю. δ Аквариды, i – Аквариды, α -Каприкорниды в 1979 г. в ГИСАО Института астрофизики АН РТ. Расстояние между двумя наиболее удаленными станциями составляло 15 км, что при зенитных углах

45° позволяло зарегистрировать отрезок ионизационных кривых метеоров длиной до 7.5 км.

Выявлены 5 групп сегментов ионизационных кривых: а) сегментов, принадлежащие восходящим ветвям -3%, б) сегменты восходящих ветвей и часть области максимума ионизации -7%, в) сегменты области максимума ионизации наряду с восходящими и нисходящими участками - 63.6%, г) сегменты области максимума ионизации наряду с нисходящими участками - 20% и д) сегменты, относящиеся только к нисходящим участкам - 6.4%.

Произведена классификация ионизационных кривых по форме распределения линейной электронной плотности вдоль следа метеоров, полученных в ГисАО. В приложении приводятся: каталог кривых ионизации, включая высоты начала, максимума и конца следа, величина линейной электронной плотности на высоте максимума ионизации, масса метеороида наряду с радиантами, скоростями и элементами орбиты.

POINTS IN HisAO (TAJIKISTAN)

M. Narziev

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

E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

The results of measurements of radiant, velocities, orbits, and atmospheric trajectories of 450 radio meteors recorded from 4-5 receiving stations during the periods action of the main annual meteor showers: N. δ Aquarids, S. δ Aquarids, i - Aquarids, α -Capricornids in 1979 in HisAO Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the RT, are presented. The distance between the two most distant stations was 15 km, which at zenith angles of 45 ° made it possible to recorded a segment of ionization curves of meteors up to 7.5 km long.

Five groups of segments of ionization curves were identified: a) segments belonging to ascending branches — 3%, b) segment of ascending branches and part of the region of maximum ionization — 7%, c) region of maximum ionization along with ascending and descending sections — 63.6%, d) region the ionization maximum along with the descending sections is 20%; and e) the segments relating only to the descending sections are 6.4%.

The ionization curves were classified by the shape of distribution the linear electron density along the trail of meteors obtained in the HisAO. In the appendix: a catalog of ionization curves, including the heights of the beginning, maximum, and end of the trail, the linear electron density at the height of the maximum ionization, the mass of the meteoroid along with the radiant, velocities, and orbit elements, are presented.

КАТАЛОГ РАДИАНТОВ, СКОРОСТЕЙ, ОРБИТ И АТМОСФЕРНЫХ ТРАЕКТОРИЙ РАДИОМЕТЕОРОВ, НАБЛЮДЕННЫХ В ТАДЖИКИСТАНЕ

М. Нарзиев, Чеботарев Р. П.

Институт астрофизики АН Таджикистан, Душанбе, Таджикистан,

E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

Опубликованные ранее каталоги радиометеоров по результатам радиолокационных наблюдений в Гарварде (США), Оттаве (Канаде), Харькове (Украине), в Обнинске (Россия) и т.д., основаны, на импульсно-дифракционном методе измерения радиантов и скоростей индивидуальных метеоров. Однако импульсно-дифракционный метод применим для обработки 15-25% метеоров, что приводит к потере ценной информации большого количества наблюдательного материала. Кроме того погрешность измерения координат радиантов 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 радиометод измерения радиантов и скоростей метеоров, разработанный и применяемый впервые нами в Институте астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, как по точности измерения, так и по чувствительности превосходит импульсно-дифракционный метод. Причем погрешность измерения зенитного расстояния радианта не зависит от его положения.

В каталоге, наряду с радиантами, скоростями и элементами орбит, впервые приводятся данные о высоте, величине линейной электронной плотности, радиовеличине и массе каждого из 8916 радиометеоров, зарегистрированных с декабря 1968 по декабрь 1969 г.

CATALOGUE OF RADIANTS, VELOCITIES, ORBITS AND ATMOSPHERIC TRAJECTORIES OF RADIO METEORS OBSERVED IN TAJIKISTAN

M. Narziev, R. P. Chebotarev

Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan

E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

The previously published catalogs of radio meteors based on the results of radar observations in Harvard (USA), Ottawa (Canada), Kharkov (Ukraine), Obninsk (Russia), etc., are based on the pulse-diffraction method of measuring radians and velocities of individual meteors. However, the pulse-diffraction method is applicable for processing 15-25% of meteors, which leads to the loss of valuable information of a large amount of observational material. In addition, the error in measuring the coordinates of the radiant with an increase in the zenith distance of the radiant to $60^\circ - 70^\circ$ increases by 2-3 times, and with further growth it grows even faster, so the measurements lose their meaning.

The direction finding-time radio method for measuring radians and meteor velocities, developed and used for the first time by us at the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, surpasses the pulse-diffraction method in both measurement accuracy and sensitivity. Moreover, the error in measuring the zenith distance of the radiant does not depend on its position.

In the catalog, along with radiants, velocities, and orbital elements, data for the first time on height, linear electron density, stellar magnitudes and mass of each of 8916 radio meteors recorded from December 1968 to December 1969 are presented.

РАДИОМЕТЕОРНЫЕ ДАННЫЕ ГИССАРСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В БАЗЕ ДАННЫХ ЦМД МАС

М. Нарзиев¹, Р. П. Чеботарев¹, Т.Й. Йопек², Л. Неслушан³, В. Порубчан³, Й. Сворень³, Х.Ф. Худжаназаров¹, Р.Ш. Бибарсов¹, Ш.Н. Иркаева¹, Ш.О. Исамутдинов¹, В.М. Колмаков¹

¹Институт астрофизики АН РТ; ²Институт астрономической обсерватории, Университет Адама Мицкевича; ³Астрономический институт, Словацкой академии наук

E-mails: mirhusseyn_narzi@mail.ru; jopek@amu.edu.pl; ne@ta3.sk; porubcan@fmph.uniba.sk; svoren@astro.sk; habibjon_2012@mail.ru

В работе объявляется об обновлении базы метеорных данных МАС с добавлением выборки из 8916 радиометеорных данных, наблюдаемых с 4 пунктов на комплекса МИР-2 (метеорный импульсный радар второго поколения) в Гиссарской астрономической обсерватории, Душанбе, Таджикистан с декабря 1968 по декабрь 1969 гг. В отличие от ранее опубликованных каталогов радиометеоров и принятых стандартов радио метеорных данных в МАС, Гиссарские радиометеорные образцы, наряду с координатами радиантов, скоростями и элементами орбит, содержат данные о высотах, линейных электронных

плотностях, звездных величинах и массах метеороидов. Представлены результаты анализа двумерного распределения метеоров по экваториальным и эклиптическим координатам радиантов, распределения по скоростям и данные атмосферной траектории метеороидов.

Обновленная версия базы данных МАС ЦМД в 2018 году содержит 4873 фотографических, 110521 видео и 8916 радио метеорных записей. Обновленная база данных находится в свободном доступе на веб-сайте по адресу <https://www.astro.sk/~ne/IAUMDC/PhVR2018/>.

RADIO-METEOR DATA FROM THE HISSAR OBSERVATORY IN THE IAU MDC DATABASE

M. Narziev¹, R. P. Chebotarev¹, T. J. Jopek², L. Nesluřan³, V. Porubčan³, J. Svoreň³, H.F. Khujanazarov¹, R.Sh. Bibarsov¹, Sh.N. Irkaeva¹, Sh.O. Isamutdinov¹, V.M. Kolmacov¹

¹Institute of Astrophysics of Academy of sciences of Tajikistan; ²Astronomical Observatory Institute, Adam Mickiewicz University; ³Astronomical Institute, Slovak Academy of Sciences
E-mails: mirhusseyn_narzi@mail.ru; jopek@amu.edu.pl; ne@ta3.sk; porubcan@fmph.uniba.sk; svoren@astro.sk; habibjon_2012@mail.ru

The work announces the update of the IAU meteor database with the addition of a sample of 8916 radio meteor data observed (received) from 4 points at the MIR-2 complex (second-generation meteor impulse radar) in the Hissar Astronomical Observatory, Dushanbe, Tajikistan from December 1968 to December 1969 years. In contrast to the previously published catalogs of radio meteors and accepted standards for radio meteor data in the IAU, the Hissar radio meteor samples, along with the coordinates of the radiant, velocities and elements of the orbits, contain data on heights, linear electron densities, magnitudes and masses of meteoroids. The results of the analysis of the two-dimensional distribution of meteors to the equatorial and ecliptic coordinates of the radiant, velocity distributions, and data on the atmospheric trajectory of meteoroids are presented.

The updated version of the database of the IAU MDC in 2018 contains 4873 photographic, 110521 videos and 8916 radio meteor records. The updated database is freely available on the website at <https://www.astro.sk/~ne/IAUMDC/PhVR2018/>.

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕСКОПОМ ZEISS-1000

С.В. Крючков, И.В. Николенко
ИНАСАН

Представлено описание новой системы управления телескопом ZEISS-1000 на Симеизской обсерватории ИНАСАН и перспективы ее развития.

DEVELOPMENT OF THE ZEISS-1000 TELESCOPE CONTROL COMPLEX

S.V. Kryuchkov, I.V. Nikolenko
INASAN

The description of the new control system for the ZEISS-1000 telescope at the INASAN Simeiz Observatory and its development prospects are presented.

БАЗИСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ НА ММТ-9

*Орехова Н.В.¹, Бескин Г.М.^{2,3}, Бирюков А.В.³, Бондарь С.Ф.¹, Иванов Е.А.¹,
Карпов С.В.³, Каткова Е.В.¹, Перков А.В.¹, Сасюк В.В.^{3,5}*

¹АО «НПК «СПИ» «СОН «Архыз», ²САО РАН, ³ФГАОУ ВО КФУ,

⁴CEICO Institute of Physics, ⁵ООО «Параллакс»

E-mail: meteors@mmt9.ru

Широкоугольный многоканальный телескоп высокого временного разрешения Мини-MegaТОРТОРА (ММТ-9) проводит мониторинг северного неба с 2014 года. За это время каждая область площадью 900 кв. градусов наблюдалась от нескольких десятков до тысячи раз. Были зарегистрированы транзитные события различной природы и длительности - начиная с элементов космического мусора и кончая оптическими компаньонами гамма-всплесков.

В частности, база данных метеоров содержит на конец августа 2019 более 250 тысяч событий. В 2018 году был введен в эксплуатацию модернизированный широкоугольный телескоп FAVOR с полем зрения 400 кв. градусов и проведен цикл базисных наблюдений синхронно с ММТ (расстояние между инструментами 3.8 км). Базисные наблюдения позволили перейти в пространство орбит и исследовать метеорные рои. Было зарегистрировано около 100 метеорных треков с блеском до 7 звездной величины.

Для расчета и анализа траекторий обнаруженных метеоров было создано специализированное программное обеспечение. В докладе приводятся результаты анализа этих метеоров.

DOUBLE-STATION OBSERVATIONS OF METEORS USING MMT-9 INSTRUMENT

*Orekhova N.V.¹, Beskin G.M.^{2,3}, Biryukov A.V.³, Bondar S.F.¹, Ivanov E.A.¹,
Karpov S.V.³, Katkova E.V.¹, Perkov A.V.¹, Sasyuk V.V.^{3,5}*

¹JS RPC PSI, OOS «Arkhyz», ²SAO RAS, ³Kazan University,

⁴CEICO Institute of Physics, ⁵«Parallax» Enterprise

E-mail: meteors@mmt9.ru

The wide-field high temporal resolution multichannel telescope Mini-MegaTORTORA (MMT-9) performs monitoring of Northern sky since 2014. Over the lapse of the years passed every 900 square-degree area has been repeatedly observed from tens to thousand times. Many transient events of various origin and duration were detected, ranging from space debris flash sightings to observations of gamma burst optical companions.

In particular, as of the end of August, 2019, the detected meteor database contains over 250 thousands of events. In 2018, the modified wide-field telescope FAVOR with 400 square-degree field of view has been put into operation, and series of double-station observations in synchronization with the observations using MMT-9 were performed (the distance between the two instruments is 3.8 km.) Those double-station observations have allowed us to find the spatial location and movement of the meteoroids of the detected meteors and consider their orbits, thus enabling us to study meteor streams. We detected about 100 meteor tracks with visible magnitudes down to 7.

A special software was created to calculate and analyze trajectories of the detected meteors. The report contains the summary of our analysis we performed on those meteors.

О МЕЖЗВЕЗДНЫХ МЕТЕОРАХ С МАЛЫМИ СКОРОСТЯМИ

Перов Н.И., Пахомычева В.Э.

ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», Ярославль, Россия

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

E-mail: perov@yarplaytna.ru

В рамках небесномеханической модели, учитывающей гравитационное влияние Солнца, световое давление и эффект Пойнтинга - Робертсона, определим условия, при которых метеор галактической природы пересечет орбиту Земли со скоростью, превышающей гелиоцентрическую параболическую скорость, или со скоростью, близкой к нулевой.

Представим уравнение движения частицы в виде

$$d^2\mathbf{r}/dt^2 = -GM'\mathbf{r}/r^3 - 2b'v\cos(u)\mathbf{e}_r/r^2 - b'v\sin(u)\mathbf{e}_t/r^2.$$

Здесь, v – скорость рассматриваемой частицы, u – угол между вектором скорости $\mathbf{v}$ и гелиоцентрическим радиусом-вектором положения частицы $\mathbf{r}$, $\mathbf{e}_r$ и $\mathbf{e}_t$ – единичные векторы радиальной и тангенциальной компонент вектора ускорения частицы, $b' = \pi R^2 q r_{SE}^2 / (Mc^2)$, $M' = M_S - \pi R^2 q r_{SE}^2 / (GMc)$, G – гравитационная постоянная, c – скорость света, R – радиус частицы, q – солнечная постоянная, M' – редуцированная масса Солнца, M_S – масса Солнца, M – масса частицы, r_{SE} – расстояние Земля – Солнце.

Для прямолинейных траекторий метеороидов, получено выражение для их скоростей, вблизи орбиты Земли, выраженных через функции Ламберта, зависящих, в свою очередь, от начальных условий, плотностей и радиусов частиц. Подчеркивается, что поиск галактических метеоров, только на основании высоких скоростей частиц, не позволяет установить возможное межзвездное происхождение метеорных частиц с низкими скоростями.

ON INTERSTELLAR METEORS WITH LOW VELOCITIES

N. I. Perov, V. E. Pakhomychewa

State Autonomous Organization of Culture and Education named after V.V. Tereshkova, Yaroslavl, Russia;

Yaroslavl's State Pedagogical University named after K.D. Ushinskii, Yaroslavl, Russia

E-mail: perov@yarplaneta.ru

Taking into account the gravity of the Sun, light pressure and effect of Pointing-Robertson the conditions for which galactically meteors with initial velocities greater than dozens kilometers per second cross the Earth's orbit with zero velocity are stated. So, interstellar meteors near the Earth may have as negligible low velocities as well high velocities.

НЕДАВНО ОБРАЗОВАВШИЕСЯ УДАРНЫЕ КРАТЕРЫ И КЛАСТЕРЫ НА МАРСЕ

Е. Подобная¹, О. Попова¹, W. K. Hartmann², S. Breton³, C. Quantin³, I. Daubar⁴, Д. Глазачев¹

¹ Институт Динамики Геосфер РАН, Москва, Россия

² Planetary Science Institute, Tucson, USA

³ University of Lyon, Lyon, France

⁴ Jet Propulsion Lab, Pasadena, USA

E-mail: epodobnaya@gmail.com

За последние годы на Марсе было обнаружено около 700 свежих мест падения метеороидов, приведших к образованию одиночных кратеров и кратерных полей, с размерами кратеров от 1 до 50 м. Благодаря более разреженной (по сравнению с Землей) атмосфере Марса, падающие метеороиды меньше разрушаются. Тем не менее, около 50%

метеороидов фрагментируют в Марсианской атмосфере и образуют кратерные поля. Сравнение с земными болидами позволяет предположить, что в 40-50% случаев аналогичные объекты привели бы к образованию кратерных полей на Марсе. Предварительный анализ кратерных полей показывает, что фрагментация может происходить по различным сценариям. Масса наибольшего фрагмента может быть подходящей характеристикой для их описания. Исследование кратеров на Марсе позволяет изучать детали фрагментации, которые не могут быть обнаружены в земных условиях.

FRESH IMPACT CRATERS AND CLUSTERS ON MARS

E. Podobnaya¹, O. Popova¹, W. K. Hartmann², S. Breton³, C. Quantin³, I. Daubar⁴, D. Glazachev¹

1 Institute for Dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia

2 Planetary Science Institute, Tucson, USA

3 University of Lyon, Lyon, France

4 Jet Propulsion Lab, Pasadena, USA

E-mail: epodobnaya@gmail.com

In recent years, about 700 fresh meteoroid impact sites have been discovered on Mars, leading to the formation of single craters and crater fields, with crater sizes from 1 to 50 m. Due to the more rarefied (compared to Earth) Mars atmosphere, falling meteoroids are less destroyed. However, about 50% of meteoroids are fragmented in the Martian atmosphere and form crater fields. Comparison with terrestrial fireballs suggests that in 40-50% of cases, similar objects would lead to the formation of crater fields on Mars. A preliminary analysis of the crater fields shows that fragmentation can occur in different scenarios. The mass of the largest fragment may be a suitable characteristic for their description. The study of craters on Mars allows us to study the fragmentation details that cannot be detected in terrestrial conditions.

ОПЫТ РАЗВЁРТЫВАНИЯ МЕТЕОРНОЙ СЕТИ НА ЮГЕ РОССИИ

Д. А. Рычков¹, С. А. Короткий², Денис Вида³

¹ООО «Газпром трансгаз Краснодар»,

²Обсерватория Ка-Дар, ³University of Western Ontario,

E-mail: dmitr.rychkov@gmail.com, astro.stas@gmail.com, 3dvida@uwo.ca

Инициативной группой любителей астрономии развёрнута метеорная сеть на территории Южного и Северо-Кавказского Федеральных округов. Первая камера сети была установлена в г. Анапа в ноябре 2018г., базисные наблюдения начаты в апреле 2019г. По состоянию на август 2019г. постоянно работают 4 метеорные станции на территории Краснодарского края (г. Анапа, ст. Азовская) и Карачаево-Черкесской Республики (п. Нижний Архыз - обсерватория Ка-Дар, п. Эркен-Шахар), всего в работе девять камер. Ведутся базисные наблюдения, расстояния между соседними пунктами наблюдений составляют около ста километров. Камеры новой конструкции позволяют получать проницание до 6,5m по звёздам и до 4,8m по метеорам при поле зрения 53°x32°. Для обработки наблюдений используются недорогие одноплатные компьютеры Raspberry Pi. Программное обеспечение, разработанное Денисом Вида (университет Западного Онтарио, Канада) выполняет полностью автоматическую работу метеорной станции – запись, детекцию метеоров, автоматическую астрометрию и фотометрию обнаруженных явлений, отсылку данных на центральный сервер.

За пять месяцев работы сети получено более 3000 орбит метеоров, из них около 1500 по метеорному потоку Персеиды. Орбиты, выработанные камерами сети, были использованы в целях подтверждения метеорного потока JEO#459 и отождествления с

родительскими телами. Камерой сети в г. Анапа 30 января 2019 был зарегистрирован крупный болид, явление получило широкую огласку в СМИ.

Предлагается использовать данные выработанные сетью для научно значимых исследований.

EXPERIENCE OF DEPLOYMENT OF A METEOR NETWORK IN THE SOUTH OF RUSSIA

D.A. Rychkov¹, S. A. Korotky², Denis Vida³

¹Gazprom Transgaz Krasnodar LLC, ²Ka-Dar Observatory, ³University of Western Ontario,

E-mail: ¹dmitr.rychkov@gmail.com, ²astro.stas@gmail.com, ³dvida@uwo.ca

An initiative group of amateur astronomers has deployed a meteor network at the territory of the South and North Caucasus Federal Districts. The first network camera was installed in Anapa in November 2018, pair observations began in April 2019. As of August 2019 4 meteor stations are constantly operating in the Krasnodar Region (Anapa, Azovskaya stanitsa) and the Karachay-Cherkess Republic (Nizhny Arkhyz, Ka-Dar Observatory, Erken-Shakhar), there are nine cameras in total. Pair observations are being carried out, the distances between neighboring observation points are about one hundred kilometers. Newly designed cameras provides limited magnitude of up to 6.5m for stars and up to 4.8m for meteors with a field of view of 53° x 32°. For processing observations, inexpensive single-board Raspberry Pi computers are used. The software developed by Denis Vida (University of Western Ontario, Canada) performs fully automatic operation of a meteor station — recording, detecting meteors, automatic astrometry and photometry of detected frames, sending data to a central server.

Over the five months of the network's operation, more than 3,000 meteor orbits were calculated, of which about 1,500 from the Perseid meteor shower. The orbits generated by the network cameras were used to confirm the JEO#459 meteor shower and identify with the parent bodies. On January 30, 2019, a large bolide was registered with the camera in Anapa, the phenomenon was widely publicized in the media.

It is proposed to use the data generated by the network for scientifically significant research.

ЭВОЛЮЦИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОМЕТЫ 7Р/ПОНС-ВИННЕКЕ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

А.Г. Сафаров¹, Д.К. Аюбов²

¹Таджикский национальный университет, Таджикистан, г. Душанбе

²Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, г. Душанбе

E-mail: aj_safarov@mail.ru

Эволюционные процессы в кометах определяется, главным образом химическим составом, структурой и свойствами их ядер, и притоком солнечной энергии на ядро кометы. Кометное ядро в основном состоит из водяного льда и тугоплавких веществ. Одно из наиболее вероятного такого варианта эволюции ядра считается излучение Солнца. Поскольку в основном наблюдение комет происходит из поверхности Земли то само ядро кометы наблюдать очень трудно. Земной наблюдатель всегда определяет фотометрический размер ядра. Поэтому эволюция фотометрических параметров ядро кометы до сих пор является актуальной. Комета 7Р/Понс-Виннеке является короткопериодической кометы семейства Юпитера. Период обращения кометы вокруг Солнце в среднем составляет 6,7 лет. С время открытия комета 7Р/Понс-Виннеке до настоящего время наблюдался 24 раз. Фотометрический параметр кометы с момента открытия до последнего наблюдения лежит в пределах от 3 до ~9, а абсолютная звездная величина составляет ~8^m до 15^m. На основе наблюдательных данных, изучена изменение

некоторых параметров орбит от времени, фотометрических параметров и абсолютная звёздная величина. Построены графики изменения элементов орбит от времени, фотометрический параметр и абсолютная звёздная величина от числа Вольфа и вычислена коэффициент корреляции кометы.

THE EVOLUTION OF THE PHOTOMETRIC PARAMETERS OF COMET 7P/PONS-WINNEKE AND SOLAR ACTIVITY

*A.G. Safarov, D.K. Ayubov**

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

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

E-mail: aj_safarov@mail.ru

The evolutionary processes in comets are determined mainly by the chemical composition, structure and properties of their nuclei and the influx of solar energy into the comet's nucleus. The cometary nucleus consists mainly of water ice and refractory substances. One of the most likely such variants of the evolution of the nucleus is considered to be radiation from the Sun. Since basically the observation of comets comes from the surface of the Earth, the nucleus of the comet itself is very difficult to observe. The Earth observer always determines the photometric size of the nuclei. Therefore, the evolution of the photometric parameters of the cometary nucleus is still relevant. Comet 7P/Pons-Winnecke is a short-period comet of the Jupiter family. The period of revolution of a comet around the Sun averages 6.7 years. Since the discovery of Comet 7P/Pons-Winnecke, it has been observed 24 times to date. The photometric parameter of the comet from the moment of discovery to the last observation lies in the range from 3 to 9, and the absolute magnitude is 8^m to 15^m . Based on observational data, the change in some parameters of the orbits with time, photometric parameters, and absolute magnitude were studied. The graphs of the change in the elements of the orbits with time, the photometric parameter and the absolute magnitude of the Wolf number were plotted, and the comet correlation coefficient was calculated.

МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ АНОМАЛЬНОГО ХВОСТА КОМЕТ

А.Г. Сафаров¹, Х.И. Ибадинов²

¹Таджикский национальный университет, г. Душанбе

²Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, г. Душанбе

E-mail: aj_safarov@mail.ru

Рассматриваются условия и закономерности образования аномального хвоста комет. Выяснена достоверность аномального хвоста. Составлен каталог комет с аномальным хвостом. Каталог включает 80 комет, из них 47 комет движутся вокруг Солнца почти по параболическим орбитам, 31 комета являются периодическими и 2 кометы считаются исчезнувшими. Соотношение комет с расстояниями перигелия орбиты $q < 1$ и $q > 1$ составляет 52:28. Расстояния перигелия их орбит расположены в интервале от 0.062 до 3.38 а.е. Соотношения орбит с прямым и обратным движениями равно 60:20. Определена скорость извержения из ядра кометы частиц аномального хвоста. Предложены наиболее вероятные механизмы образования такого хвоста отдельных комет. В образование аномального хвоста важную роль играют столкновение ядра с другим телом, приливное воздействие Солнца и большая скорость дезинтеграции ядра комет.

MECHANISMS OF FORMATION OF ANOMALOUS TAIL OF COMETS

A. G. Safarov¹ H. I. Ibadinov²

¹Tajik National University, Republic of Tajikistan, Dushanbe

² Institute of Astrophysics, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

E-mail: aj_safarov@mail.ru

The conditions and patterns of the formation of the anomalous tail of comets are considered. The reliability of the anomalous tail was found. A catalog of comets with an anomalous tail has been compiled. The catalog includes 80 comets, of which 47 comets move around the Sun in almost parabolic orbits, 31 comets are periodic and 2 comets are considered to have disappeared. The ratio of comets with perihelion distances of the orbit $q < 1$ and $q > 1$ is 52:28. The perihelion distances of their orbits are in the range from 0.062 to 3.38 AU. The ratio of the orbits with forward and reverse movements is 60:20. The velocity of ejection of anomalous tail particles from the comet's nucleus was determined. The most probable mechanisms of the formation of such a tail of individual comets are proposed. An important role in the formation of the anomalous tail is played by the collision of the nucleus with another body, the tidal action of the Sun and the high velocity of comet nucleus disintegration.

РАДИАНТЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ОРБИТ МЕТЕОРОИДОВ КОМПЛЕКСА

δ-КАНКРИДЫ

М. Г. Соколова, М. В. Сергиенко

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: smarina.63@mail.ru, maria_sergienko@mail.ru

Метеорный поток δ-Канкрид наблюдается в период с 1 января по 30 января и имеет две ветви северную NCC (код #96) и южную SCC (код #97). Поток мало изучен и не имеет установленного родительского тела. На основе телевизионных каталогов метеорных орбит Японской метеорной сети SonatoCo (далее SonatoCo) и сети камер обзора CAMS v.2.0 (далее CAMS) изучена структура радиантов ветвей потока, выполнен анализ распределений больших полуосей и эксцентриситетов орбит метеороидов потока в зависимости от их массы, получены оценки возраста δ-Канкрид за счет действия негравитационного эффекта Пойнтинга-Робертсона. Координаты радиантов ветвей прямое восхождение (RA), склонение (DE), их суточные смещения (dRA), (dDe) равны

NCC	RA = $130.4^{+3.4}_0$	DE = 21.7 ± 1.6	dRA = $1.05^{+0.00}_0$	dDe = $-0.12^{+0.00}_0$	CAMS
	RA = $130.0^{+3.1}_0$	DE = 19.8 ± 2.8	dRA = $0.22^{+0.00}_0$	dDe = $-0.03^{+0.00}_0$	SonatoCo
SCC	RA = $128.4^{+2.4}_0$	DE = 13.9 ± 1.7	dRA = $1.11^{+0.00}_0$	dDe = $-0.21^{+0.00}_0$	CAMS
	RA = $128.2^{+6.0}_0$	DE = 13.3 ± 2.0	dRA = $0.11^{+0.00}_0$	dDe = $-0.06^{+0.00}_0$	SonatoCo

Субрадианты NCC, SCC в зависимости от массы метеороидов достоверно не выделяются.

Для орбит NCC по каталогу CAMS в диапазоне наблюдаемых звездных величин от -2^m до $+3^m$ получены изменения больших полуосей на 0.192 (а.е.), эксцентриситетов на 0.023 в сторону их уменьшения с уменьшением массы метеороидов. Возраст ветви NCC составляет порядка 25-30 тыс. лет для метеороидов углеродного и кремниевого химсоставов.

RADIANTS AND ORBITAL ELEMENTS OF METEOROIDS COMPLEX δ-CANCRID

M. V. Sergienko, M. G. Sokolova

Kazan Federal University, Kazan, Russia

E-mail: smarina.63@mail.ru, maria_sergienko@mail.ru

Meteor shower δ-Cancrid observed in the period from 1 to 30 January, and has two branches the Northern NCC (code #96) and South SCC (code #97). The shower is poorly understood and has no reliably established parent body. The structure of the radiant branches of the shower,

distribution of semi-major axes and eccentricities of the orbits of meteoroids in depending on their masses were studied on basis on the television catalogues of meteor orbits to the Japanese meteor network SonatoCo (SonatoCo) and network surveillance cameras CAMS v.2.0 (CAMS). The estimates of the δ -Cancrid's age due to the action of non-gravitational effect of Poynting-Robertson were obtained also. Coordinates of radiant of branches direct ascension (RA), declination (DE), their daily displacements (dRA), (dDe) are equal to

NCC	RA = $130.4^0 \pm 3.4^0$	DE = 21.7 ± 1.6^0	dRA = $1.05^0 \pm 0.00^0$	dDe = $-0.12^0 \pm 0.00^0$	CAMS
	RA = $130.0^0 \pm 3.1^0$	DE = 19.8 ± 2.8^0	dRA = $0.22^0 \pm 0.00^0$	dDe = $-0.03^0 \pm 0.00^0$	SonatoCo
SCC	RA = $128.4^0 \pm 2.4^0$	DE = 13.9 ± 1.7^0	dRA = $1.11^0 \pm 0.00^0$	dDe = $-0.21^0 \pm 0.00^0$	CAMS
	RA = $128.2^0 \pm 6.0^0$	DE = 13.3 ± 2.0^0	dRA = $0.11^0 \pm 0.00^0$	dDe = $-0.06^0 \pm 0.00^0$	SonatoCo

The subradiants NCC, SCC in depending on the mass of meteoroids are not reliably detected.

On basis the catalog CAMS for NCC orbits in the range of observed stellar magnitudes from -2^m to $+3^m$ the changes in the semi-major axis by the value 0.192 (a.u.) and eccentricity of by 0.023 in the direction of their reduction with a decrease in the mass of meteoroids were detected. The age of the NCC branch is about 25-30 thousand years for meteoroids of carbon and silicon chemical compositions.

СТРУКТУРА МЕТОРНОГО КОМПЛЕКСА δ -КАНКРИД

М. Г. Соколова, М. В. Сергиенко

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: smarina.63@mail.ru, maria_sergienko@mail.ru

По визуальным наблюдениям 1987-2006 гг. Международной метеорной организации (ИМО, <http://www.imo.net/data/visual>) исследована активность и пространственная плотность метеорного комплекса δ -Канкриды (DCA). Для метеоров с минимальной регистрируемой звездной величиной $+3^m$ и ярче максимум активности $ZHR=8.6 \pm 1.8$ наблюдается на долготе Солнца $298.5^0 \pm 1.2^0$. Параметр r функции светимости за период действия потока с 1 по 30 января изменяется в интервале значений 1.50–2.0. Положение максимальной активности по долготе Солнца совпадает с широким минимумом параметра S , что указывает на концентрацию более крупных метеороидов на данном участке орбиты потока. Это дает основание предположить, что в период образования роя орбита родительского тела δ -Канкрид могла иметь долготу узла в интервале значений 298^0 - 299^0 .

Расчет профилей активности и пространственной плотности потока δ -Канкрид (DCA) для различных масс метеороидов показал, что моменты наступления максимальной активности метеороидов с массами меньше, чем 10^{-2} г, наблюдаются позднее на 1^0 - 1.4^0 по долготе Солнца. Для более крупных частиц с $M > 10^{-2}$ г максимум активности стабилизируется в интервале долгот Солнца 298^0 - 299^0 . Пространственная плотность δ -Канкрид такова, что одна частица массой порядка 1 г приходится в пространстве на куб с ребром около 1000 км.

THE STRUCTURE OF METEOR COMPLEX δ -CANCRID

M. V. Sergienko, M. G. Sokolova

Kazan Federal University, Kazan, Russia

E-mail: smarina.63@mail.ru, maria_sergienko@mail.ru

The activity and the spatial density of meteor complex δ -Cancrid (DCA) is studies by visual observations in the interval 1987-2006 of the International Meteor Organization (IMO <http://www.imo.net/data/visual>). In the interval of observations 1987–2006 the average maximum activity of the δ -Cancrid, the brightness of which was higher than $+3^m$, was

ZHR=8.6±1.8 meteors per hour in zenith. The peak position in the longitude of the Sun is $298.5^{\circ} \pm 1.2^{\circ}$. For the entire period of validity of the shower from 1 to 30 January parameter r of the luminosity function changes in the range of values 1.50–2.0. The position of maximum solar longitude activity coincides with a wide minimum of the parameter S of the mass distribution of meteoroids which indicates the concentration of larger meteoroids in this part of the flow orbit of the shower. This suggests that during the formation of the stream, the orbit of the parent body δ -Cancrid could have a node longitude in the range of 298° - 299° .

The calculation of activity profiles and spatial flux density δ -Cancrid (DCA) for different meteoroid masses showed that the moments of maximum activity of meteoroids with masses less than 10^{-2} g were observed later by 1° - 1.4° at the longitude of the Sun. For larger particles with $M > 10^{-2}$ g maximum activity is stabilized in the range of solar longitudes 298° - 299° . The spatial density δ -Cancrid is such that one particle with a mass of about 1 g falls in space per cube with an edge of about 1000 km.

SPECTROSCOPIC AND POLARIMETRIC STUDIES OF NEAS AT THE RTT150

Irek Khamitov^{1,2}, Rustem Gumerov^{2,3}, Ilfan Bikmaev^{2,3}, Sergey Melnikov^{2,3}, Eldar Irtuganov^{2,3}, Gizem Okuyan¹, Oğuzhan Okuyan¹

¹TÜBİTAK National Observatory, Antalya, Turkey

²Kazan Federal University, Kazan, Russia

³Academy of Sciences of Tatarstan, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

Asteroid families of main belt, which formed due to collisional catastrophic disruption of larger parent bodies, are identified using statistical information on its proper orbital elements. The probability of forming a kilometer sized Near Earth Asteroids (NEAs) obtained on the base of the collisional model of a large main belt asteroid, well describes the observed population (Bottke et al., 2002, 2005) NEAs about 1000. However, unlike to the main belt asteroids, it is impossible to trace the evolution of the orbital elements of the NEA to the moment of the collision event. Thereby, studying the physical characteristics of these bodies is the only method to investigate their nature. The relevance of the study of NEAs is related to the origin of the Solar system, the potential danger of collision with the Earth, and also the practical interest in the near future of using them as source of useful minerals and metals.

Spectroscopic and Polarimetric observations of NEAs are carrying out on the RTT150 regularly since 2018 in frame of scientific project: “Studies of physical parameters and ephemeris refinement of kilometer sized NEAs by the RTT-150 telescope”. An experimental study as full as possible sample of kilometer sized NEAs involves the estimations of physical parameters of the asteroids such as geometric albedo, brightness, taxonomic class and diameters of NEAs. The objects are observed in the period of their closest approach to the Earth with the apparent magnitudes brighter 18 mag and phase angles more than 40 degrees. We present observational results of the project performed in 2018. In total, there were made 106 photometric, spectral and polarimetric observations for 34 asteroids. The polarimetric and spectral observations were performed for the first time for 25 of them. There were got 11 reflective spectra in the range from 4700Å to 10000Å for 8 NEAs. The spectral observations for these asteroids were got for the first time. There were analyzed polarimetric and photometric observations in the V filter for 32 NEAs observed at RTT150 during the period of their close approach to the Earth from August 2014 to June 2018. To determine the albedo of NEAs, we offer an original method based on a limited number of polarimetric observations of asteroids at high phase angles. We preselected asteroids larger than 1 km in size using diameter estimations made before. The asteroids are divided into two groups with low and moderate albedo, within each group the normalized density function of NEAs with respect to the perihelion distance was calculated and analyzed. We suspect a slight increase of moderate albedo NEAs with the

perihelion distance. To eliminate the selection effect due to the small size of the sample, this feature will be investigated using the new observational data. The observations of kilometer-sized NEAs in frame of the project are ongoing in 2019.

Acknowledgements. This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-02-00105 A). Authors thank TÜBİTAK, KFU, AST, and IKI for partial support in using RTT150 (the Russian-Turkish 1.5-m telescope in Antalya). This work was partially funded by the subsidy 3.6714.2017/8.9 allocated to Kazan Federal University for the state assignment in the sphere of scientific activities.

ПОТОКИ И АССОЦИИАЦИИ МЕТЕОРОИДОВ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОНАБЛЮДЕНИЙ В ГИСАО ЗА ДЕКАБРЬ 1969 Г.

Х. Ф. Худжаназаров, М. Нарзиев

Институт астрофизики АН РТ, Душанбе, Таджикистан

E-mail: habibjon_2012@mail.ru

Каталоги потоков и ассоциации радиометеоров в основном базировались на обработке данных наблюдений импульсно-дифракционным методом. Однако этот метод, как по чувствительности, так и по точности измерения радиантов и скоростей уступает пеленгационно-временному радиометоду, разработанному и применяемому впервые в Институте астрофизики АН РТ. Для изучения потоков и ассоциаций метеороидов в настоящей работе нами использованы данные радиантов, скоростей и орбит 2317 радио метеоров, которые измерены пеленгационно-временным методом в ГисАО в декабре 1969.

Идентификация метеороидов к потокам и ассоциациям осуществлялась в два этапа: а) графическим, то есть, по гистограммам двухмерного распределения метеоров по координатам радиантов (α_r , δ_r) и скоростей и б) определения принадлежности метеоров к потокам или ассоциациям путем применения критериев Саутворта Хоуккинса и Йопека. В результате изучения наблюдательного материала за декабрь 1969 выявлены свыше 115 малых потоков и ассоциации. Полученные результаты представлены в виде таблицы, где для каждого потока и ассоциации представлены данные о координатах радиантов, скоростей и элементов орбит метеороидов.

SHOWERS AND ASSOCIATIONS OF METEOROIDS IDENTIFIED BY THE RESULTS OF RADAR OBSERVATIONS IN HISAO FOR DECEMBER 1969

H.F. Khujanazarov, M. Narziev

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

E-mail: habibjon_2012@mail.ru

The catalogs of showers and associations of radio meteors were mainly based on the processing of observational data by the pulse diffraction method. However, this method, both in sensitivity and in the accuracy of measuring radiant and velocities, is inferior to the bearing-time radio method developed and used for the first time at the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. To study the streams and associations of meteoroids in this work, we used the data of radiant, velocities and orbits of 2317 radio meteors, which were measured by the time-finding method in the HISAO in December 1969.

The identification of meteoroids to streams and associations was carried out in two stages: a) graphic, that is, by histograms of the two-dimensional distribution of meteors by the coordinates of the radiant (α_r , δ_r) and velocities, and b) determination of the generality (belonging) of meteors to streams or associations by applying the criteria Southworth Hawkins and Jopek. As a result of studying observational material for the month of December, over 115 small flows and associations were revealed. The results are presented in the form of a table, where for each stream and association data on the coordinates of the radiant, velocities and elements of the orbits of the meteoroids are presented.

КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ К АСТЕРОИДАМ - ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В.И. Шематович

Институт астрономии РАН

E-mail: shematov@inasan.ru

Малые тела Солнечной системы активно изучаются посредством как космических миссий, так и наземных средств наблюдений, так как представляют собой тела относительно небольшого размера, образовавшиеся на ранних стадиях эволюции Солнечной системы порядка 4,6 миллиардов лет тому назад. Они часто рассматриваются как носители важной информации о первичном веществе во время образования Солнечной системы.

В докладе обсуждаются новые данные о физических свойствах астероидов в Солнечной системе, полученные в недавних космических миссиях к астероидам. Будет дан обзор первых и наиболее интересных результатов миссий КА JAXA Hayabusa-2 к астероиду Рюгу (1999 JU₃ Ryugu) и КА NASA OSIRIS-REx к астероиду Бенну (101955 Bennu). Полученные результаты этих миссий дают ключи к пониманию как механизмов формирования и эволюции астероидов как одних из самых ранних и сохранившихся почти в первозданном виде малых тел Солнечной системы, так и особенностей истории планеты Земля. Например, о происхождении воды на нашей планете - кометное происхождение, астероидное или, напротив, изначально планетное?

FIRST RESULTS OF THE CURRENT SPACE MISSIONS TO ASTEROIDS

V.I. Shematovich

Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences

E-mail: shematov@inasan.ru

Small bodies of the Solar system are studied by means of both space missions and ground-based observing capabilities, because they represent a body of relatively small size formed in the early stages of evolution of the Solar system about 4.6 billion years ago. They are often considered as carriers of important information about the pristine matter during the formation of the Solar System.

The new data about the physical properties of asteroids in the Solar system, results from recent space missions to asteroids will be discussed in the talk. The first and most interesting results of JAXA Hayabusa-2 spacecraft to the asteroid Ryugu (1999 JU₃ Ryugu) and of the NASA OSIRIS-REx spacecraft to the asteroid Bennu (101955 Bennu) will be reviewed. Current results of these missions provide the keys to understand both the mechanisms of asteroid formation as ones of the earliest and preserved pristine bodies of the Solar System, and peculiarities of the early history of the Earth. For example, what is the origin of water on the Earth - cometary or asteroid?

ПОСЛЕДНИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АСТЕРОИДОВ С СУБЛИМАЦИОННОЙ АКТИВНОСТЬЮ

М. П. Щербина, В. В. Бусарев

ГАИШ МГУ, г. Москва, Россия

E-mail: morskayaa906@yandex.ru

В настоящее время известно, что существуют так называемые активные астероиды, представляющие собой небесные тела, движущиеся по орбитам, характерным для астероидов, но, в то же время, демонстрирующие временную активность, подобно кометам. Считается, что эффект может быть вызван несколькими различными механизмами, из которых лидирующим по числу подтвержденных явлений является сублимационная активность астероида.

Используя данные, полученные на обсерваториях «Пик Терскол» (ИНАСАН), «Санглок» (Таджикистан) и «Крымская лаборатория ГАИШ», удалось выявить и подтвердить сублимационную активность для некоторых астероидов примитивных классов. Результаты работы будут представлены в докладе.

LATEST RESULTS OF RESEARCHES OF ASTEROIDS WITH SUBLIMATION ACTIVITY

M. P. Shcherbina, V. V. Busarev

SAI MSU, Moscow, Russia

E-mail: morskayaa906@yandex.ru

Nowadays it is known that so-called active asteroids are celestial bodies moving in orbits characteristic of asteroids, but showing temporary activity, like comets. It is believed that the effect can be caused by several different mechanisms, of which the leading in terms of the number of confirmed phenomena is the asteroid sublimation activity.

Using data obtained at the observatories "Pik Terskol" (INASAN), "Sanglok" (Tajikistan) and the "Crimean laboratory of the SAI", it was possible to identify and confirm sublimation activity for some asteroids of primitive classes. The results of the work will be presented in the report.

СЕКЦИЯ 2. АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ ОПАСНОСТЬ

МНОГОМЕРНОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ ОПАСНЫХ АСТЕРОИДОВ

И.А. Баляев

СПбГУ, Россия

E-mail: balasteravan@yandex.ru

Большое количество околоземных астероидов открыто сравнительно недавно, так что для многих из них ряд наблюдений не достаточен, чтобы подтвердить или опровергнуть столкновение с Землёй. Одномерное варьирование начальных данных в окрестности номинальной орбиты позволяет выявить множество возможных столкновений. В настоящей работе рассматриваются приводящие к столкновению области (щели) в шестимерном пространстве координат и скоростей. В качестве результата получены полиномиальные аппроксимации, локально описывающие форму щелей.

MULTIDIMENSIONAL VARIATION OF INITIAL DATA OF HAZARDOUS ASTEROIDS

I.A. Balyaev

SPbSU, Russia

E-mail: balasteravan@yandex.ru

A large number of near-Earth asteroids has been discovered relatively recently, so for many of them a number of observations are not enough to confirm or refute the collision with the Earth. The one-dimensional variation of the initial data in the vicinity of the nominal orbit reveals many possible collisions. We consider the collision regions in the six-dimensional space of coordinates and velocities. As a result, polynomial approximations are obtained that locally describe the shape of the collision regions.

АНАЛИЗ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ОПАСНЫХ АСТЕРОИДОВ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ «НЕБОСВОД»

Гуо П.^{1, 4}, Ивашкин В.В.^{1, 2, 5}, Кулешов Ю.П.^{3, 6}

¹ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

²МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

³АО Корпорация «Комета», Москва, Россия

E-mail: 4869792831@qq.com ; ivashkin@keldysh.ru ; yarkulesh@yandex.ru

Разработка космической системы с телескопами, предназначенной для обнаружения, определения орбиты и каталогизации небесных объектов, сближающихся с Землёй, является актуальной задачей в обеспечении астероидно-кометной безопасности Земли. В работе исследуются навигационные характеристики разрабатываемой корпорацией «Комета» космической системы «Небосвод». Для выявления навигационных

характеристик данной системы «Небосвод» рассмотрены задачи моделирования движения, наблюдения, измерений, определения параметров орбиты опасного астероида и оценки точности навигации по результатам этих измерений с учетом реальных ограничений на проведение наблюдений и измерений.

В докладе приведены результаты анализа возможностей выполнения наблюдений и получающихся точностей навигации при применении системы «Небосвод» для наблюдения и измерений некоторых сближающихся с Землей реальных астероидов – астероида Апофис, Челябинского метеорита и астероида 2008 TC3. Анализ показал потенциальную возможность наблюдений данной системой даже «дневных» небесных тел, приближающихся к Земле со стороны Солнца при обеспечении довольно хороших точностей навигации.

ANALYSIS OF THE PROBLEM OF DETERMINING AND PREDICTING THE MOTION PARAMETERS OF HAZARDOUS ASTEROIDS BY MODELING MEASUREMENTS FROM THE “NEBOSVOD” SYSTEM

Guo P.^{1, 4}, Ivashkin V.V.^{1, 2, 5}, Kuleshov Yu.P.^{3, 6}

¹M.V. Keldysh IAM, RAS, Moscow, Russia

²N.E. Bauman MSTU, Moscow, Russia

³"Comet" corporation, Moscow, Russia

E-mail: ⁴869792831@qq.com ; ⁵ivashkin@keldysh.ru ; ⁶yrkulesh@yandex.ru

The development of a space system with telescopes to detect, determine the orbits, and catalog Near-Earth objects is an important task to ensure the asteroid-comet safety of the Earth. The paper studies the navigation characteristics of the “Nebosvod” space system, which is being designed by the “Comet” corporation. To identify the navigation characteristics of this system, the tasks of modeling of motion dynamics, observation, measurements, determining the orbital parameters of a hazardous asteroid, and assessing the navigation accuracy using the results of these measurements, taking into account the actual limitations on conducting observations and measurements, are considered in the presentation.

The report presents the results of analysis of the possibilities to carry out observations and the resulting navigation accuracy when using the “Nebosvod” system for observing and measuring some actual Earth-approaching asteroids - the asteroid Apophis, the Chelyabinsk meteorite and the asteroid 2008 TC3. The analysis showed the potential possibility to observe by this system even hazardous celestial bodies approaching the Earth from the daytime sky while ensuring well enough navigation accuracy.

КАТАЛОГ МАЛЫХ ПЛАНЕТ НА САЙТЕ ИПА РАН

Н. Б. Железнов, Д. А. Аксим, И.А. Безруков, Ю. С. Бондаренко, О. М. Кочетова, В. Б. Кузнецов

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

znb@iaaras.ru

Каталог малых планет, который будет размещен на сайте ИПА РАН, является русскоязычным источником сведений о динамике малых планет, опирающимся в первую очередь на оригинальные исследования и программы, разработанные в ИПА РАН.

Информация о наблюдениях малых тел поступает в Институт с сайта Центра малых планет и служит основой для уточнения орбит этих тел и прогнозирования их движения вокруг Солнца на протяжении ближайших двадцати лет.

Каталог сможет предоставлять информацию о параметрах орбиты, визуализацию орбиты, историю открытия и наименования малой планеты. Для опасных объектов предполагается размещение в режиме реального времени информации об обстоятельствах их сближений или падений на Землю и Луну.

MINOR PLANETS CATALOGUE ON THE IAA RAS WEBSITE

*N. B. Zheleznov, D. A. Aksim, I.A. Bezrukov, Yu. S. Bondarenko, O. M. Kochetova,
V. B. Kuznetsov*
IAA RAS, Saint Petersburg, Russia
E-mail: znb@iaaras.ru

The Minor Planets Catalogue which will be posted on the IAA RAS website is a Russian-language source of information on minor planets dynamics based primarily on the original research and software of the IAA RAS.

Observational data for the small bodies come from the Minor Planets Center website in real time and are used to improve the orbits of the small bodies and to predict their motion around the Sun within the next twenty years.

The Catalogue will provide information on the orbital parameters, visualization of the orbit, discovery and naming histories of the minor planet. For dangerous objects the information on their upcoming approaches and impacts with Earth and the Moon in real time is expected to be posted to the Catalogue.

ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ОКОЛОЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ВОЗРАСТОВ ЛУННЫХ КРАТЕРОВ В ТЕЧЕНИЕ ПОСЛЕДНЕГО МИЛЛИАРДА ЛЕТ

С.И. Ипатов¹, Е.А. Феоктистова², В.В. Светцов³

¹Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

²Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, МГУ, Москва

³Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия

E-mail: siipatov@hotmail.com

Проведено сравнение количества лунных кратеров с диаметром большим 15 км и возрастом менее 1.1 млрд. лет с оценками числа кратеров таких размеров, которые могли образоваться за 1.1 млрд. лет, если бы число околоземных объектов и элементы их орбит за это время равнялись их современным значениям. Сравнение проводилось для кратеров на всей поверхности Луны и для области в районе Океана Бурь (Oceanus Procellarum) и морей видимой стороны Луны. При этих оценках использовались значения характерных времен, прошедших до столкновений этих объектов с Луной, и зависимости диаметров кратеров от диаметров ударников. Наши оценки не противоречат увеличению числа околоземных объектов после возможных катастрофических разрушений больших астероидов главного пояса, которые могли произойти в течение последних 300 млн. лет. В частности, они согласуются с выводом работы [1] о том, что вероятность столкновения с Луной возросла в 2.6 раза 290 млн. лет назад. Число кратеров с возрастом менее 1.1 млрд. лет на единице площади для области в районе Океана Бурь и морей видимой стороны Луны превышает аналогичное среднее число для всей поверхности Луны. Для кратеров с диаметром не менее 15 км отношение этих чисел равнялось 1.45 и 3.5 для двух методов [1,2] определения возраста кратеров.

1. Mazrouei S., Ghent, R.R., Bottke W.F., Parker, A.H., Gernon, T.M. Earth and Moon impact flux increased at the end of the Paleozoic // Science. 2019. V. 363. P. 253-255.

2. Losiak A., Kohout T., O'Sullivan K., Thaisen K., Weider S. Lunar Impact Crater Database. Lunar and Planetary Institute, Lunar exploration Intern Program. 2009. Updated by Ohman T. 2015, <https://www.lpi.usra.edu/scientific-databases/>.

ESTIMATES OF VARIATIONS IN THE NUMBER OF NEAR-EARTH OBJECTS BASED ON THE AGES OF LUNAR CRATERS OVER THE PAST BILLION YEARS

S.I. Ipatov¹, E.A. Feoktistova², V.V. Svetsov³

¹V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS, Moscow
siipatov@hotmail.com

²P.K. Sternberg State Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow

³Institute of Geosphere Dynamics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The number of lunar craters with a diameter greater than 15 km and the age of less than 1.1 billion years has been compared with estimates of the number of craters of such sizes that could have formed over 1.1 billion years if the number of near-Earth objects and their orbital elements during this time were equal to their present values. Comparison was made for craters on the entire surface of the Moon and for the region of the Ocean of Storms (Oceanus Procellarum) and the seas of the visible side of the Moon. In these estimates, we used the values of the characteristic times that passed before the collisions of these objects with the Moon, and the dependence of the diameters of the craters on the diameters of the impactors. Our estimates do not contradict to the increase in the number of near-Earth objects after possible catastrophic destruction of large asteroids of the main belt, which could have occurred over the past 300 million years. In particular, they are consistent with the conclusion of [1] that the probability of a collision with the Moon increased 2.6 times 290 million years ago. The number of craters with an age of less than 1.1 billion years per unit area for the region of the Ocean of Storms and the seas of the visible side of the Moon exceeds the similar average number for the entire surface of the Moon. For craters with a diameter of at least 15 km, the ratio of these numbers was 1.45 and 3.5 for two methods [1, 2] for determining the age of craters.

МОНИТОРИНГ АСТЕРОИДНОЙ ОПАСНОСТИ И КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ПРОЕКТЕ МГУ «УНИВЕРСАТ-СОКРАТ»

*М.И. Панасюк^{1,2}, В.М. Липунов В.М.^{1,3}, С.И. Свертилов^{1,2}, Е.С. Горбовской³,
В.Г. Корнилов^{1,3}, В.Л. Петров², В.В. Чазов³, И.В. Яшин²*

1 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет

2 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобелевича, sis@coronas.ru

3 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга

Проект Московского университета «Универсат-СОКРАТ» предполагает разработку и создание группировки малых спутников для мониторинга в реальном времени потенциальных угроз в околоземном пространстве, в том числе космической радиации, опасных объектов, включая астероиды и космический мусор, а также электромагнитные транзиенты. Для указанных целей на спутниках группировки должна быть установлена аппаратура для регистрации энергичных заряженных частиц, детекторы инфракрасного, ультрафиолетового, рентгеновского и гамма излучения, а также оптические камеры широкого поля зрения и роботы – телескопы. Рассматриваются физико-технические характеристики оптических камер и робот - телескопов и их возможности по наблюдениям потенциально опасных объектов в околоземном пространстве.

MONITORING OF ASTEROID DANGER AND SPACE DEBRIS IN MSU PROJECT UNIVERSAT-SOCRAT

M.I. Panasyuk^{1,2}, V.M. Lipunov^{1,3}, S.I. Svertilov^{1,2}, E.S. Gorbovskoi³, V.G. Kornilov^{1,3}, V.L. Petrov², V.V. Chazov³, I.V. Yashin²

1 – M.V. Lomonosov Moscow State University, Physical Department

2 – M.V. Lomonosov Moscow State University, D.V. Skobel'tsyn Institute of Nuclear Physics, sis@coronas.ru

3 - M.V. Lomonosov Moscow State University, P.K. Shternberg State Astronomical Institute

The Moscow University project Universitat-SOCRAT involves the elaboration and manufacturing of a constellation of small satellites for real-time monitoring of potential hazards in near-Earth space, including space radiation, hazardous objects, including asteroids and space debris, as well as electromagnetic transients. For these purposes, the satellites of the constellation should have equipment for detecting energetic charged particles, infrared, ultraviolet, X-ray and gamma ray detectors, as well as wide field optical cameras and robotic telescopes. The physical and technical parameters of optical cameras and robotic telescopes and their capabilities for observing potentially dangerous objects in near-Earth space are considered.

СБЛИЖЕНИЯ ОПАСНЫХ АСТЕРОИДОВ С ЗЕМЛЕЙ

Н.А. Петров, Л.Л. Соколов

СПбГУ, Россия

E-mail: lsok@astro.spbu.ru

Сближения с Землей опасных астероидов (для которых вероятность столкновения с Землей отлична от нуля) представляют особый интерес, потому что способствуют обнаружению ранее неизвестных, а также потерянных опасных объектов, а также уточнению их орбит из наблюдений. Тесные сближения предоставляют возможность использования эффекта гравитационного маневра для увода астероида от соударения при сравнительно малых затратах энергии, без ядерных взрывов. Минимальные геоцентрические расстояния могут служить «маркерами» будущих соударений. На примере ряда опасных астероидов показано, что траектории, ведущие к соударениям, обычно содержат более тесные сближения, чем номинальные траектории. Для некоторых астероидов получены оценки величины изменения скорости, необходимые для предотвращения соударения, с учетом эффекта гравитационного маневра.

Настоящая работа поддержана грантом Российского Научного Фонда 18-12-00050..

APPROACHES OF HAZARDOUS ASTEROIDS TO THE EARTH

N.A. Petrov, L.L. Sokolov

SPbSU, Russia

E-mail: lsok@astro.spbu.ru

Approaches of hazardous asteroids (with collision probability more than zero) are especially interesting, because approaches are favourable to detection unknown or lost objects, as well refinement of its orbits. Close approaches gives the possibility to use fly-by effect for asteroid deflection with relatively small energy input, without nuclear explosions. Minimum geocentric distances are marks of future collisions. We have shown for some hazardous objects, that collision trajectories usually have more close approaches, than nominal trajectory. For some asteroids we have derived value of velocity change, needs for asteroid deflection, using fly-by effect.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ АСТЕРОИДНО-КОМЕТНОЙ ОПАСНОСТИ

М.И. Савельев¹, М.Г. Соколова²

¹ ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Москва, Россия,

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: savelev-22@mail.ru

Рассматривается риск-ориентированный подход к предупреждению астероидно-кометной опасности в условиях динамики движения опасных небесных тел, сближающихся с Землей. Исследуется переход геоцентрической орбиты небесного тела на баллистическую траекторию атмосферного участка Земли, условия его мониторинга и параметры траектории возможного столкновения с поверхностью Земли [1].

По результатам исследования динамики орбит опасного небесного тела определяются риски для населения и территории в зависимости от параметров баллистической траектории в случае возможного его столкновения с Землей [2].

В работе риск-ориентированный подход применен к парированию опасности в условиях возможных столкновительных траекторий астероидов, сближающихся с Землей в ближайшие годы на расстояние менее 0.0007 а.е., и метеороидов метеорных потоков, орбиты которых пересекают орбиту Земли.

1. Савельев М. И., Соколова М.Г. Риск-ориентированный подход к предупреждению астероидно-кометной опасности. *Астрономические аспекты // Технологии гражданской безопасности*. 2019. Т. 16. № 1 (59). С. 20–24. (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=26731).

2. Савельев М.И. Риск-ориентированный подход к предупреждению астероидно-кометной опасности. *Баллистические аспекты. // Технологии гражданской безопасности*. 2018. № 3 (57). С. 34-38. (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=26731).

ASTRONOMICAL AND BALLISTIC ASPECTS OF RISK-BASED APPROACH TO THE PREVENTION OF ASTEROID-COMET HAZARD

M. I. Savelyev¹, M. G. Sokolova²

¹ All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Moscow, Russia

² Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

E-mail: savelev-22@mail.ru

A risk-oriented approach to the prevention of asteroid-comet danger in the dynamics of dangerous celestial bodies approaching the Earth is considered. The transition of the geocentric orbit of a celestial body to the ballistic trajectory of the atmospheric part of the Earth, the conditions of its monitoring and the parameters of the trajectory of a possible collision with the earth's surface are studied [1].

According to the results of the study of the dynamics of the orbits of a dangerous celestial body, the risks for the population and territory are determined depending on the parameters of the ballistic trajectory in the event of a possible collision with the Earth [2].

In this paper, a risk-based approach is applied to parry the danger in the conditions of possible collision trajectories of asteroids approaching the Earth in the coming years at a distance of less than 0.0007 AU, and meteoroids of meteor showers whose orbits cross the earth's orbit.

1. Savelyev M. I., Sokolova M. G. Risk-oriented approach to the prevention of asteroid-comet danger. *Astronomical aspects // Civil Security Technologies*. 2019. Vol. 16. № 1 (59). P. 20-24. (ISSN 1996-8493). (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=26731).

2. Savelyev M. I. Risk-oriented approach to the prevention of asteroid-comet danger. *Ballistic aspects. // Civil security technologies*. 2018. № 3 (57). P. 34-38. (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=26731).

ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРОВ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ

В. В. Светцов, В. В. Шувалов

Институт динамики геосфер РАН, Москва

E-mail: svetsov07@rambler.ru

Мы разработали компьютерные программы, которые позволяют рассчитывать потоки излучения, испускаемого нагретой областью воздуха и пара (ударным плюмом, огненным шаром) при ударах каменных астероидов и комет по Земле. Вычисленные плотности тепловых потоков на поверхности Земли позволили определить степень опасности, связанной с излучением, (воздействие на грунт и объекты, возникновение пожаров) в широком диапазоне размеров ударяющих тел – от нескольких десятков метров до трех километров. В данном докладе мы более подробно рассматриваем воздействие излучения на кремнезем с целью объяснить возникновение ливийского стекла – стеклянных фрагментов возрастом 29 млн. лет с очень большим содержанием SiO_2 , рассеянных в Ливийской пустыне на площади около 6500 км^2 . В поле рассеяния и его окрестности не обнаружено ударных кратеров соответствующего возраста, но геохимические анализы показывают, что стекло содержит метеоритную компоненту, что предполагает удар космического тела, которое затормозилось вблизи поверхности Земли. Мы провели численное моделирование ударов каменных тел с плотностью 3 г/см^3 и ледяных тел с плотностью 1 г/см^3 при разных скоростях и углах входа в атмосферу. Из ряда рассчитанных вариантов мы выбрали те, в которых кратер не образуется, огненный шар касается поверхности, а площадь расплавленной мишени соответствует площади поля рассеяния ливийского стекла. Подходящие варианты включают удар астероида диаметром 300 м, со скоростью 35 км/с и углом входа 8° и кометные тела диаметром от 150 до 300 м, скоростями от 50 до 70 км/с и углами входа от 15° до 45° . Максимальная глубина расплавленного кремнезема в эпицентре достигает 10 см при кометных ударах и 3–4 см при астероидном ударе. Плавление происходит в течение периода времени от 50 до 400 с.

THERMAL EFFECTS OF THE IMPACTS OF COSMIC OBJECTS

V. V. Svetsov, V. V. Shuvalov

Institute of Geosphere Dynamics RAS, Moscow

E-mail: svetsov07@rambler.ru

We have developed computer codes, which allow us to calculate the fluxes of radiation emitted by a heated volume of air and vapor (impact plume, fireball) during the impacts of stony asteroids and comets on the Earth. Calculated densities of heat fluxes on the Earth's surface made it possible to determine the degree of danger associated with the radiation (action on soil and objects, occurrence of fires) in a wide range of sizes of impacting bodies – from several tens of meters to three kilometers. In this report, we consider in more detail the action of radiation on silica in order to explain the origin of Libyan Desert Glass - 29-million-year-old glass fragments with a very high content of SiO_2 scattered in the Libyan Desert over an area of about 6500 км^2 . No impact craters of the corresponding age were found in the strewn field and in the vicinity, but geochemical analyses show that the glass contains a meteorite component, which implies the impact of a cosmic body that decelerated near the surface of the Earth. We conducted numerical simulations of the impacts of stony bodies with a density of 3 g/cm^3 and icy bodies with a density of 1 g/cm^3 at different speeds and angles of entry into the atmosphere. From a number of calculated variants, we selected those in which a crater does not form, a fireball touches the surface, and an area of molten target corresponds to the area of the Libyan Desert Glass strewn field. Suitable variants include the impact of an asteroid with a diameter of 300 m, a speed of 35 km/s, and an entry angle of 8° ; and cometary bodies with diameters from 150 to 300 m, speeds of 50-70 km/s and entry angles from 15° to 45° . The maximum depth of molten silica at ground zero reaches 10 cm with the cometary impacts and 3–4 cm with the asteroidal impact. Melting occurs over a period of time from 50 to 400 s.

МНОГОФАКТОРНАЯ МЕТОДИКА ПОИСКА БЛИЗКИХ ОРБИТ МАЛЫХ ТЕЛ

М.В. Сергиенко, М.Г Соколова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

E-mail: maria_sergienko@mail.ru, smarina.63@mail.ru

При изучении связей кометно-астероидного комплекса с метеорными потоками исследователи применяют разные методы, что приводит к неоднозначным результатам и один и тот же метеорный поток отождествляется с разными кометами или астероидами. Поэтому разработка новых подходов проверки гипотез о близости орбит малых тел является важным направлением в изучении связей метеорных потоков с астероидно-кометным комплексом.

В работе усовершенствована методика поиска вероятных связей наблюдаемых метеорных потоков с околоземными объектами (астероидами, потухшими кометами или осколками их разрушения). Для отождествления использована совокупность критериев: D критерий подобия орбит Друммонда, метрика пространства К.В. Холшевникова, параметры динамической эволюции орбит как следствие решения ограниченной задачи 3-х тел. Пороговые значения критериев и параметров определены с учетом дисперсии орбит метеороидов как за счет начальных условий их выбросов из родительского тела, так и последующей их эволюции. При отборе кандидатов родительских тел метеорных потоков применен вероятностный подход на основе интервальных оценок средних квадратических отклонений пороговых значений критериев. Достоверность гипотезы о близости двух орбит задавалась значением полной вероятности выполнения всех заданных критериев.

На основе многофакторной методики в группах околоземных астероидов Аполлоны, Амуры, Атиры, Атоны выполнен поиск близких орбит для 14 малых метеорных потоков, для которых не установлено родительское тело среди комет. Выполнено сравнение полученных результатов с данными других источников.

MULTIFACTOR METHOD FOR SEARCHING NEAR BODIES OF SMALL BODIES

M. V. Sergienko, M. G. Sokolova

Kazan Federal University, Kazan, Russia

E-mail: maria_sergienko@mail.ru, smarina.63@mail.ru

It is present that two bodies can have a common origin if the distance between their orbits in the phase orbital space is less than some given threshold value D_c . Researchers use different approaches and, as a result, the same meteor shower is identified with different comets or asteroids. Therefore, the development of new approaches to testing hypotheses about the connection of small bodies is an important direction in the study of the relationships of meteor showers with an asteroid-comet complex.

The technique of searching for probable relationships of meteor shower orphans with near-Earth objects (asteroids, extinct comets or fragments of their destruction) has been improved. For identification, a set of criteria was used: the Drummond criterion D, the metric space of the Kholoshevnikov, and the parameters of the dynamic evolution of orbits. The threshold values of the criteria are determined taking into account the dispersion of the orbits of the meteor shower, both due to the initial conditions of their emissions from the parent body and the subsequent dynamics of their orbits. When selecting candidates for the search for parent body orphan showers, a probabilistic approach is applied based on the fulfillment of each criterion using interval estimates of their standard deviation. The adoption of the hypothesis of the proximity of two orbits is based on the value of total probability of fulfilling all the criteria.

On the basis of multivariate techniques in the groups of near-earth asteroids the Apollo, Cupids, Satyrs, Aton search for orbits close to 14 small meteor showers that do not have a parent body among comets. The obtained results are compared with the data of other sources.

О ВОЗМОЖНОСТИ УВОДА АСТЕРОИДА С ПОМОЩЬЮ ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ ТЯГИ

К.В. Холшевников, К.И. Оська, Т.Н. Санникова, В.Б. Титов.

Астрономический институт им. В.В.Соболева СПбГУ,

С.Петербург, Россия,

E-mail: kvk@astro.spbu.ru

Рассмотрена задача увода опасного астероида с орбиты столкновения с Землей с помощью двигателя малой тяги. Последний может быть смонтирован на астероиде, или на "гравитационном тягаче". Целью является установление принципиальной возможности (или невозможности) увода астероида на безопасное расстояние за время порядка месяца и года. Это приемлемо, поскольку падение астероида диаметром 100 м и более сразу после его открытия маловероятно. Мы ограничились модельной постановкой задачи: двигатель обеспечивает постоянное ускорение астероида по трансверсали к орбите. Соответствующие уравнения типа Эйлера были преобразованы методом осреднения. Их решение (адекватное на временах до полутора тысяч лет) получено методом рядов по степеням "медленного времени". Периодические возмущения также учитывались. Оказалось, что астероиды до 55 метров в диаметре можно увести за год при тяге двигателя в 1 Н. При тяге в 20 Н астероиды до 50 метров в диаметре можно увести за месяц, а с диаметром до 150 метров - за год. Увод более крупных астероидов требуют больше времени или более мощных двигателей.

ON THE POSSIBILITY OF DEORBETING OF AN ASTEROID USING LOW-THRUST ENGINE

K. V. Kholshchevnikov, K. I. Oskina, T. N. Sannikova, V. B. Titov

Sobolev Astronomical Institute, Saint-Petersburg State University,

Saint-Petersburg, Russia,

E-mail: kvk@astro.spbu.ru

A problem of a hazardous asteroid distraction from a colliding with the Earth orbit using a low thrust is considered. The engine can be installed on the asteroid, or on a "gravitational tractor". Our goal is to establish a principal possibility (or impossibility) of the asteroid's distraction to a secure distance in the time of a month, or a year. It is reasonable as a fall of a 100-metre asteroid immediately after its discovery is hardly probable. We confine ourselves to a model scenario: the engine provides a constant acceleration of the asteroid along the transversal to its orbit. The corresponding equations of Euler type have been transformed using the averaging method. Their solution (adequate over a time-scale till 1500 years) is found by the method of series in powers of a «slow time». Periodic perturbations have been also taken into account. It turns out that asteroids up to 55 m size can be deorbited during a year using 1 N thrust. The 20 N thrust permits to deorbit asteroids up to 50 m size during a month, and asteroids up to 150 m size during a year. Deorbiting of more large asteroids demands more time, or more powerful engines.

О СПЕКТРАХ МАСС АСТЕРОИДОВ, МЕТЕОРОИДОВ И ОБЪЕКТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Б. М. Шустов

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

E-mail: bshustov@mail.ru

По результатам краткого обзора теоретических и наблюдательных работ проанализированы формы (наклоны) спектров масс населений малых тел Солнечной системы, включая космический мусор. В целом, формы спектров в дифференциальном виде близки к $dN \propto M^{-2}dM$, где dN - количество объектов в интервале масс $[M, M+dM]$. Показатель наклона -2 (базовый), отражает статистические свойства белого шума и является следствием того, что множество конкурирующих процессов образования и разрушения объектов можно описать в целом на языке случайных процессов. На некоторых этапах могут доминировать те или иные факторы, и тогда можно говорить об определенной (выделенной) «физике процесса», вызывающей отклонения от случайности. Обсуждаются конкретные примеры отклонения от базового вида спектра и факторы, доминирующие при образовании и дальнейшей эволюции различных населений малых тел.

ON THE MASS SPECTRUM OF ASTEROIDS, METEOROIDS AND SPACE DEBRIS

Shustov B.M.

Institute of Astronomy of the RAS, Moscow, Russia

The forms (slopes) of the mass spectra of the populations of minor bodies of the Solar system, including space debris, are analyzed based on the results of a brief review of theoretical and observational works in the field. In general, the forms of the spectra in differential form are close to $dN \propto M^{-2}dM$, where dN is a number of objects in mass interval $[M, M+dM]$. The slope index -2 (basic) reflects the statistical properties of white noise and is a consequence of the fact that many competing processes of formation and destruction of objects can be described as a random process. At some stages, certain factors may dominate, and then we can talk about a certain (selected) "physics of the process", causing deviations from randomness. Specific examples of deviations from the basic type of spectrum and the factors dominating the formation and further evolution of different populations of small bodies are discussed.

СЕКЦИЯ 3. НЕБЕСНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ КАК АРТЕФАКТЫ ЭТАПОВ ЭВОЛЮЦИИ ПРОТОПЛАНЕТНЫХ ДИСКОВ

Абдульмянов Т.Р.

Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

E-mail: abdulmyanov.tagir@yandex.ru

На стадии конвективного сжатия эволюционный трек звезд может быть сложным. Следовательно, по данным наблюдений звезд невозможно восстановить предысторию их эволюции до вступления на Главную последовательность [3]. Однако предыстория эволюции звезд может проявляться и сохраниться на экваториальной плоскости вращения протозвезд. В этом случае данные о динамике малых тел и планет Солнечной системы могут дать наблюдательную основу для моделирования и исследования предыстории Солнца и других звезд.

Результаты наблюдений пылевых дисков вокруг молодых звезд показывают, что крупномасштабные структуры газопылевых дисков подразделяются на две отдельные группы: на имеющие кольцеобразную фрагментацию и спиралевидную. Газопылевые диски вокруг звезд TW Нуа, HD 163296, HD 16 9142, HD 97048 имеют кольцеобразную фрагментацию. Формирование такой структуры дисков объясняется устойчивостью равновесия газопылевых оболочек протозвезд [2]. Газопылевые диски вокруг звезд MWC 758, HD 100453, HD 135344В имеют спиралевидную структуру. Появление таких структур у дисков может быть следствием изменения условия устойчивости и смены режима равновесия оболочки на режим сжатия протозвезды [2].

При выполнении условия устойчивого равновесия [2], в пылевой оболочке протозвезды будут формироваться плотностные волны. Максимумы волн плотности имеют кольцеобразную форму. Вариация плотности (и давления) может быть причиной начала переходных процессов: конденсации, кристаллизации, коагуляции и др. Конденсирующие газопылевые частицы будут оседать на экваториальную плоскость вращения протозвезды, формируя протопланетные кольца.

Дальнейший процесс аккумуляции частиц пыли и газа будет происходить в экваториальных дисках. Процесс аккумуляции можно представить при помощи модели ограниченной задачи трех тел или в более сложной модели, учитывающей кинематическую вязкость. При определенной плотности распределения частиц [1] в процессе формирования и роста тел будет действовать механизм орбитального резонанса. В случае большой скорости аккреции (аккреционные диски), орбиты частиц экваториального диска будут иметь большие эксцентриситеты. По таким орбитам будет обеспечиваться рост массы ядра протозвезды. При малой скорости аккреции (протопланетные диски) эксцентриситеты орбит частиц будут малыми. Тогда частицы будут «захвачены» в орбитальные резонансы и будут участвовать в формировании и росте малых тел и «зародышей» планет в экваториальной плоскости.

Согласно модели Сафронова [4], формирование и рост масс малых тел происходит в результате неупругих взаимных столкновений малых тел. Вероятность столкновения с «зародышами» определяется по формуле $\pi r^2 / Q \sigma_0$ [4]. В отличие от модели Сафронова

предположим, что падение тел на «зародыши» планет происходит не по случайным траекториям, а по регулярным орбитам резонанса 1/1. В такой модели «зародыши» будут формироваться [4] на одной из вершин равностороннего треугольника SLE , где S – центр протозвезды, L – одна из двух треугольных точек Лагранжа L_4 и L_5 , E – «зародыш».

1. Абдульмянов Т.Р. // Вестник МУ. Серия 3. Физика. Астрономия. 2014, № 6. С. 115.
2. Абдульмянов Т.Р. // Современная звездная астрономия 2018., ГАИШ МГУ. 2018, С. 68.
3. Батулин В.А. и др. // Жизнь и вселенная. Коллективн. монография. М., 2017.
4. Сафронов В.С. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. М., 1969.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ОБЛАСТЕЙ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ РЕЗОНАНСОВ СО СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Е. В. Блинкова, И. В. Томилова

НИ ТГУ, г. Томск, Россия

E-mail: zbizk322@mail.ru; irisha_tom@mail.ru

Работа посвящена актуальной теме исследования динамической структуры околоземного орбитального пространства в области низкоорбитальных резонансов с вращением Земли. Эта область околоземного космического пространства мало изучена. В то же время она может быть использована как для развертывания спутниковых систем связи и навигации, так и для паркинга отработавших объектов системы ГЛОНАСС. Для той и другой задач необходимо знание динамической структуры данной области. Исследование осуществляется путем численного моделирования. Определены области существования резонансов по большой полуоси.

В докладе представлены MEGNO-карты и динамические картины эволюции элементов орбиты на временном участке 100 лет для областей резонанса 1:3 и 1:4 со скоростью вращения Земли, а также результаты исследования указанных областей на наличие устойчивых компонент орбитального резонанса и вековых апсидально-нодальных резонансов.

Работа выполнена по гранту РФФИ 18-32-00735 мол_а «Исследование особенностей динамики околоземных космических объектов в условиях наложения резонансов различных типов».

THE STUDY OF THE DYNAMIC STRUCTURE OF REGIONS OF LOW-ORBIT RESONANCES WITH THE SPEED OF ROTATION OF THE EARTH

Blinkova Evgenia Vladimirovna

Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: zbizk322@mail.ru ; irisha_tom@mail.ru

The work is devoted to the actual topic of the study of the dynamic structure of the near-earth orbital space in the field of low-orbital resonances with the rotation of the Earth. This area of near-earth space is poorly understood. At the same time, it can be used both for deployment of satellite communication and navigation systems, and for parking of the fulfilled objects of GLONASS system. For both tasks it is necessary to know the dynamic structure of this area. The study is carried out by numerical simulation.

The report presents MEGNO maps and a dynamic pictures of the evolution of orbital elements over a 100-year period for the resonance regions 1: 3 and 1: 4 with the Earth's rotation speed, as well as the results of a study of these regions for the presence of stable components of the orbital resonance and secular apsid-nodal resonances .

This work was carried out under the RFBR grant 18-32-00735 mol_a “Study of the dynamics of near-Earth space objects under conditions of superposition of resonances of various types”.

ГИПОТЕЗА О КРУПНОМ ПЛАНЕТНОМ ТЕЛЕ НА ПЕРИФЕРИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

A. S. Guliyev, R. A. Guliyev

Рассматриваются отдельные аспекты гипотезы Гулиева о возможности существования крупного планетного тела на расстоянии 250 – 400 а.е. и его трансфера наблюдаемых комет. В этой гипотезе основной акцент делается на закономерности в движении комет, приходящих с далеких областей солнечной системы. В настоящей работе анализ охватывает 1249 комет, наблюдавшихся до 2017 года. Показано, что существует плоскость вблизи которой имеет место концентрация кометных перигелиев. Она имеет параметры $I_p = 86^{\circ}.2$; $\Omega_p = 271^{\circ}.7$ и согласно гипотезы, является следствием действия крупного планетного тела на расстоянии 250-400 а.е. В этом интервале количество афелиев и далеких узлов кометных орбит заметно (в пределах статистических достоверностей) превышает ожидаемый фон. На базе собранного кометного материала оценены элементы предполагаемого планетного тела: $a = 337 \text{ а.е.}$; $e = 0.14$; $\omega = 57^{\circ}$; $\Omega = 272^{\circ}.7$; $I = 86^{\circ}$.

HYPOTHESIS ON THE LARGE PLANETARY BODY ON THE PERIPHERY OF THE SOLAR SYSTEM

A. S. Guliyev, R. A. Guliyev

Selected aspects of the Guliyev's hypothesis about the existence of the large planetary body on distance of 250 - 400 AU as, a factor of comets transfer, are considered. In this hypothesis the main emphasis is on the regularities in the motion of comets coming from distant regions of the solar system. The analysis covers 1249 comets observed until 2017. It is shown that there exists a plane near which the concentration of cometary perihelion. According to the hypothesis this plane having parameters $I_p = 86^{\circ}.2$; $\Omega_p = 271^{\circ}.7$ is result of the influence of giant planetary body at the distance of 250 - 400 AU. It shows that number of aphelia and distant nodes of cometary orbits within this limit (within statistical validity) significantly exceeds the expected background. On the basis of collected cometary data, we have estimated orbital elements of the hypothetical planetary body: $a = 337 \text{ a.e.}$; $e = 0.14$; $\omega = 57^{\circ}$; $\Omega = 272^{\circ}.7$; $I = 86^{\circ}$.

КОМЕТЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВО ВНЕШНЕЙ ЧАСТИ РАННЕЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В. В. Емельяненко

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

E-mail: vvemel@inasan.ru

Новые данные о свойствах комет и распределении далеких транснептуновых объектов указывают на важность динамических процессов во внешней части протопланетного диска в формировании наблюдаемой структуры Солнечной системы. Результаты космической миссии “Rosetta” показывают, что аккреция комет происходила с чрезвычайно малыми скоростями, а переход на орбиты с большими эксцентриситетами, характерные для объектов транснептунового рассеянного диска (scattered disc) и облака Оорта (предполагаемые источники наблюдаемых комет), происходил значительно быстрее, чем в популярной модели “Ниццы”. В обзоре обсуждаются новые проблемы, которые эти результаты поставили в теории динамической эволюции и происхождения комет, и возможные пути их решения. В частности, рассматривается возможное влияние гигантских газовых сгущений, образующихся в результате гравитационной неустойчивости и фрагментации околозвездного диска, на орбитальное распределение популяции малых тел во внешней части Солнечной системы.

COMETS AS INDICATORS OF DYNAMICAL PROCESSES IN THE OUTER PART OF THE EARLY SOLAR SYSTEM

V. V. Emel'yanenko

Institute of Astronomy, RAS, Moscow, Russia

New data on the features of comets and the distribution of distant trans-Neptunian objects indicate the importance of dynamical processes in the outer part of the protoplanetary disk for the formation of the observed structure of the Solar system. The results of the Rosetta space mission show that the accretion of comets occurred at extremely low velocities, and the transition to orbits with high eccentricities, typical for the objects of the trans-Neptunian scattered disk and the Oort cloud (suggested sources of observed comets), occurred significantly faster than in the popular Nice model. The review discusses new problems that have appeared in the theory of dynamical evolution and origin of comets, and possible solutions. In particular, the possible influence of giant gas clumps formed as a result of gravitational instability and fragmentation of a circumstellar disk on the orbital distribution of the population of small bodies in the outer Solar system is considered.

НИЗКОСКОРОСТНЫЕ СБЛИЖЕНИЯ МАЛЫХ ТЕЛ С ПЛАНЕТАМИ

Н. Ю. Емельяненко

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

E-mail; nyuemel@inasan.ru

Определяется параметр Тиссерана в модельных низкоскоростных сближениях. Показано, что в таких сближениях значение параметра Тиссерана зависит только от эксцентриситета орбиты малого тела. В этом случае параметр Тиссерана относительно произвольной планеты близок к трем

LOW-VELOCITY ENCOUNTERS OF SMALL BODIES WITH PLANETS

N.Yu. Emel'yanenko

Institute of Astronomy, RAS, Moscow, Russia

The Tisserand parameter is determined in models of low-velocity encounters. It is shown that in such encounters, the value of the Tisserand parameter depends only on the eccentricity of the orbit of a small body. In this case, the Tisserand parameter relative to an arbitrary planet is close to three

ЦИКЛЫ КАССИНИ ВО ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО СПУТНИКА AJISAI

С. С. Ефимов¹, Д. А. Притыкин², В. В. Сидоренко³

¹Московский физико-технический институт, ²Сколковский институт науки и технологий

³Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (vvvsidorenko@list.ru)

Математическое моделирование и результаты наблюдения вращательного движения крупных объектов космического мусора на орбитах с высотами в интервале 500-1500 км указывают на то, что в долговременной эволюции этого движения имеются периодичности, названных нами циклами Кассини [1]. Циклы Кассини характеризуют взаимное влияние на вращение объекта гравитационных моментов и прецессии орбиты. Основываясь на опубликованной в [2,3] информации о вращательном движении

японского геодезического спутника Ajisai, можно утверждать, что и в этом случае в вековой эволюции направления оси вращения можно выделить цикл Кассини.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-01-00902).

- [1] Efimov, S., Pritykin, D., Sidorenko, V., *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, 130 (10), 62 (2018)
- [2] Kucharski, D., Kirchner, G., Otsubo, T., et. al, *Adv. Space Res.*, 57, 983-990 (2016)
- [3] Koshkin, N., Shakun, L., Burlak, N., et. al, *Adv. Space Res.*, 60, 1389–1399 (2017)

CASSINI CYCLES IN THE ATTITUDE MOTION OF THE GEODETIC SATELLITE AJISAI

S. S. Efimov¹, D. A. Pritykin², V. V. Sidorenko³

¹Moscow Institute of Physics and Technology, ²Skolkovo Institute of Science and Technology,

³Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS (vvsidorenko@list.ru)

Attitude motion of large space debris objects in orbits with altitudes ranging from 500 to 1500 km exhibit certain periodicities found both in the observation data and mathematical modeling. These periodicities that we named Cassini cycles [1] occur in the attitude motion of celestial bodies as a result of the interplay of the gravity-gradient torque and the orbit precession. Presence of Cassini cycles is also indicated by the available information on the rotation evolution of the Japanese geodesic satellite Ajisai, published in [2, 3].

This work was supported by RFBR (grant 17-01-00902).

- [1] Efimov, S., Pritykin, D., Sidorenko, V., *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, 130 (10), 62 (2018)
- [2] Kucharski, D., Kirchner, G., Otsubo, T., et. al, *Adv. Space Res.*, 57, 983-990 (2016)
- [3] Koshkin, N., Shakun, L., Burlak, N., et. al, *Adv. Space Res.*, 60, 1389–1399 (2017)

ВЕКОВАЯ ЭВОЛЮЦИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОЯСА КОЙПЕРА

С.С. Ефимов¹, В.В. Сидоренко²

¹Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия
(efimov.ss@phystech.edu),

²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

Значительная доля объектов пояса Койпера находится в резонансах средних движений (РСД) с Нептуном. Наиболее примечательными являются семейства плутино (РСД 2:3) и тутино (РСД 1:2). Мы изучили вековую эволюцию орбит плутино и тутино, используя предложенную Дж. Уиздомом методику анализа динамики при РСД [1]. Особое внимание мы уделили эффекту Козай-Лидова: как оказалось, возможны такие варианты его проявления, которые в предшествующих исследованиях не встречались.

Методика Уиздома также позволила нам провести теоретическое исследование механизмов формирования хаоса при РСД 2:3 и 1:2. Можно утверждать, что в данном случае мы имеем дело с так называемым «адиабатическим хаосом» [2]. Ранее хаотизация динамики при обсуждаемых РСД изучалась только численно [3].

Численное интегрирование уравнений движения подтверждает, что описанные вековые эффекты действительно возможны в динамике реальных объектов пояса Койпера.

- [1] Wisdom, J., *Icarus*, 63, 272-289 (1985)
- [2] Neishtadt, A.I., *PMM USSR*, 51, 586-592 (1987)
- [3] Wisdom J. and Sussman G.J., *Bulletin of the American Astronomical Society*, 20, 901 (1988)

SECULAR EVOLUTION OF RESONANT KUIPER BELT OBJECTS

S.S. Efimov¹, V.V. Sidorenko²

¹Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia (efimov.ss@phystech.edu),

²Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS, Moscow, Russia

A significant fraction of Kuiper belt objects exist in mean motion resonances (MMR) with Neptune. Most noteworthy populations are plutino (MMR 2:3) and twotino (MMR 1:2). We have studied the secular evolution of orbits of plutino and twotino, using the approach for the resonant dynamics analysis developed by Wisdom [1]. A special attention was paid to Kozai-Lidov effect – as it turned out, there are some types of the cycles, which appears to be new and unique.

The Wisdom's method also allows studying the chaos in MMR 2:3 and 1:2. In such case we are dealing with what is known as adiabatic chaos [2]. Previously the chaos within the MMRs in question was studied only in numerical simulations [3].

Numerical integration of motion equations confirms that many described secular dynamical effects are indeed possible to observe in dynamics of actual Kuiper belt objects.

[1] Wisdom, J., Icarus, 63, 272-289 (1985)

[2] Neishtadt, A.I., PMM USSR, 51, 586-592 (1987)

[3] Wisdom J. and Sussman G.J., Bulletin of the American Astronomical Society, 20, 901 (1988)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВНУТРЕННИХ ТОЧЕК В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМУЩАЮЩИХ МАСС

Н. Б. Железнов, О. М. Кочетова,

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: znb@iaaras.ru

В задаче определения возмущающих масс часто приходится использовать наблюдения большого числа возмущаемых тел, что приводит к необходимости решать системы, имеющие плохую обусловленность. Решение таких систем может приводить к неудовлетворительным результатам, например, к отрицательным значениям масс возмущающих тел. В этом случае приходится вводить дополнительные ограничения для получения разумных результатов. В работе при решении таких систем используется метод внутренних точек. Идея алгоритмов внутренних точек состоит в исключении из задачи ограничений- неравенств путем введения штрафных коэффициентов за приближение к границам допустимых заранее заданных областей.

В работе приводятся примеры использования этого метода при улучшении масс астероидов, входящих в динамическую модель эфемериды EPM2017, разработанную в ИПА РАН. В качестве начальных значений возмущающих масс использовались значения масс возмущающих астероидов из эфемериды EPM2017. Возмущаемые тела отбирались по величине MOID с возмущающими малыми планетами. Ошибки в определении MOID тоже учитывались.

APPLICATION OF THE METHOD OF INTERIOR POINTS IN THE PROBLEM OF DETERMINING THE PERTURBING MASSES

N. B. Zheleznov, O. M. Kochetova
IAA RAS, Saint Petersburg, Russia
E-mail: znb@iaaras.ru

In the task of determining of the perturbing masses, it is often necessary to use the observations of a large number of perturbed bodies. It leads to the need to solve systems that have poor conditionality. The solution of such systems can lead to unsatisfactory results, for example, to negative values of the masses of perturbing bodies. In this case, it is necessary to impose additional restrictions to obtain reasonable results. In the work when solving such systems, the method of interior points is used. The idea of interior point algorithms is to exclude constraints-inequalities from the problem by introducing penalty coefficients for approaching the boundaries of admissible predetermined areas.

The paper gives examples of using this method for improving the masses of asteroids that are part of the ephemeris dynamic model EPM2017 developed in IAA RAS. As the initial values of the perturbing masses we have been used the values of the masses of perturbing asteroids from the ephemeris EPM2017. Perturbed bodies were selected by MOID value with perturbing minor planets. The errors of MOID are also taken into account.

ВЕРОЯТНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЙ ПЛАНЕТЕЗИМАЛЕЙ ИЗ РАЗНЫХ ЧАСТЕЙ ЗОНЫ ПИТАНИЯ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ С ФОРМИРУЮЩИМИСЯ ПЛАНЕТАМИ, ЛУНОЙ И ИХ ЗАРОДЫШАМИ

С. И. Ипатов

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия
E-mail: siipatov@hotmail.com

Численно моделировалась эволюция орбит планетезималей в зоне питания планет земной группы [1]. При этом учитывалось гравитационное влияние планет или их зародышей. Вероятности столкновений планетезималей с планетами или с их зародышами вычислялись на основе массивов элементов орбит мигрировавших планетезималей. Было показано, что зародыши планет земной группы с массами, которые составляли не более 0.1 масс планет, аккумулировали в основном материал из окрестностей их орбит. Суммарная масса планетезималей из различных частей зоны от 0.7 до 1.5 а.е. от Солнца, столкнувшихся с почти сформировавшейся Землей и Венерой, отличалась для этих планет, вероятно, не более чем в два раза. Внутренние слои каждой земной планеты могли аккумулировать в основном планетезимали из окрестности орбиты этой планеты. Внешние слои Земли и Венеры могли аккумулировать аналогичные планетезимали из разных областей зоны питания планет земной группы. При отношении масс зародышей Земли и Луны, равном 81 (отношение масс Земли и Луны), отношение вероятностей планетезималей столкнувшихся с зародышами Земли и Луны не превышало 54. Исследования роста Марса и Меркурия были поддержаны Программой Российской Академии наук № 12. Исследования формирования системы Земля-Луна были поддержаны грантом Российского научного фонда N 17-17-01279.

1. Ипатов С.И. Вероятности столкновений планетезималей из различных областей зоны питания планет земной группы с формирующимися планетами и Луной // *Астрономический вестник*, 2019, т. 53, № 5, с. 349-379.

PROBABILITIES OF COLLISIONS OF PLANETESIMALS FROM DIFFERENT PARTS OF THE FEEDING ZONE OF THE TERRESTRIAL PLANETS WITH THE FORMING PLANETS, THE MOON, AND THEIR EMBRYOS

S. I. Ipatov

V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E-mail: siipatov@hotmail.com

Computer simulations of the evolution of orbits of planetesimals were made for the feeding zone of the terrestrial planets [1]. The gravitational influence of planets or their embryos was taken into account. The probabilities of collisions of planetesimals with planets or their embryos were calculated based on the orbital elements of migrated planetesimals. It was shown that the embryos of the terrestrial planets with masses which were not more than 0.1 of masses of the planets accumulated mainly material from neighbourhoods of their orbits. The amount of material from different parts of the zone from 0.7 to 1.5 AU from the Sun, which collided with almost formed the Earth and Venus, differed for these planets, probably, by no more than a factor of two. Inner layers of each terrestrial planet could accumulate mainly planetesimals from the neighbourhood of the orbit of this planet. The outer layers of the Earth and Venus could accumulate similar planetesimals from different regions of the feeding zone of the terrestrial planets. At the ratio of the masses of the embryos of the Earth and the Moon equaled to 81 (the ratio of the masses of the Earth and the Moon), the ratio of probabilities of planetesimals collided with the embryos of the Earth and the Moon in the considered calculations did not exceed 54. The studies of the growth of Mars and Mercury were supported by the Program of Russian Academy of Sciences № 12. The studies of the formation of the Earth-Moon system were supported by the grant of Russian Science Foundation N 17-17-01279.

1. Ipatov S.I. Probabilities of collisions of planetesimals from different regions of the feeding zone of the terrestrial planets with the forming planets and the Moon // *Sol. Syst. Res.* 2019. V. 53. № 5.

ВЛИЯНИЕ МАССИВНЫХ ТЕЛ В ОБЛАКЕ ООРТА (ПОЯСЕ КОЙПЕРА) НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРБИТ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ

¹*Калиничева О.В.,* ²*Чернетенко Ю.А.*

¹Вологодский государственный университет, Вологда, Российская Федерация

²ИПА РАН, г. С. –Петербург, Российская Федерация

E-mail: olga_kalinicheva@mail.ru, cya@iaaras.ru

В работе исследуется распределение афелиев долгопериодических комет (ДПК), расположенных в поясе Койпера и во внутренней области облака Оорта (афельные расстояния Q находятся в интервале 50 – 2000 а.е.). В рассмотрение включено 490 кометных орбит. Показано, что афелии ДПК распределены неравномерно. Найдены параметры нескольких плоскостей, относительно которых наблюдается увеличение концентрации афелиев ДПК. Подобный характер распределения афелиев может быть объяснен наличием одного либо нескольких массивных тел, движущихся в этих плоскостях и возмущающих орбиты ДПК. В найденных плоскостях определены возможные параметры орбиты (большая полуось, эксцентриситет, аргумент перигелия) гипотетических массивных тел.

Ввиду сложности движения комет, обусловленного влиянием целого ряда действующих на них сил, предлагаемое нами объяснение причины неравномерного распределения афелиев ДПК можно рассматривать только как одно из возможных.

INFLUENCE OF MASSIVE BODIES IN THE OORT CLOUD (KUIPER BELT) ON THE DISTRIBUTION OF THE ORBITS OF LONG-PERIOD COMETS

¹Kalinicheva O.V., ²Chernetenko Yu.A.

¹Vologda State University, Vologda, Russia

² IPA RAS, St. Petersburg, Russia

E-mail: olga_kalinicheva@mail.ru, cya@iaaras.ru

In this work we study the distribution of aphelia of long-period comets (LPCs) located in the Kuiper belt and in the inner Oort cloud (the aphelion distances Q are in the range of 50 – 2000 AU). A total of 490 comet orbits are included into consideration. It is shown that the aphelia of the LPCs are distributed unevenly. The parameters of several planes are found, relative to which an increase in the concentration of aphelia of the LPCs is observed. A similar distribution of aphelia can be explained by the presence of one or several massive bodies moving in the found planes and disturbing the orbits of the LPCs. On the found planes the possible parameters of the orbits (semi-major axes, eccentricity, argument of perihelion) of hypothetical massive bodies are determined.

Since the motion of comets depends on many reasons, then our explanation of the uneven distribution of aphelia of the LPCs can be considered only as one of possible.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ОКОЛОЗЕМНОГО ОРБИТАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА

Д. С. Красавин, А. Г. Александрова, И. В. Томилова

НИ ТГУ, г. Томск, Россия

E-mail: iosfixed@gmail.com; aleksann@sibmail.com; irisha_tom@mail.ru

Изучение динамической структуры околоземного орбитального пространства начинается, как правило, с исследования резонансной структуры этого пространства. Для этого при помощи методов численного интегрирования прогнозируют эволюцию орбит околоземных тел на длительных интервалах времени, а затем вычисляют изменение во времени резонансных и критические аргументов орбитальных и вековых резонансов. Анализируя временные ряды, связанные с эволюцией критических аргументов можно выявить устойчивые резонансы. Узким местом в этом процессе является ручной поиск либрации среди всех временных рядов, количество которых может превышать десятки тысяч. Аналитические методы поиска либрации не обладают достаточной точностью для того, чтобы автоматизировать этот процесс.

В качестве альтернативного подхода предлагается использование методов машинного обучения, а именно классификатор на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) свёрточной архитектуры. Обучение такого классификатора происходит по схеме обучения с учителем (supervised learning). Для этого подготавливается обучающая выборка, содержащая временные ряды с эволюцией критических аргументов, разделённые человеком на две категории - наличие устойчивого резонанса и его отсутствие. Обученная на таких данных ИНС способна с высокой точностью выявлять устойчивые резонансы как орбитальные, так и вековые. Точность такого классификатора составляет ~ 0.97 AU ROC на валидационной выборке, что превосходит даже точность ручного поиска.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-72-10022

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR NEAR-EARTH SPACE DYNAMICAL STRUCTURE ANALYSIS

Krasavin Dmitry, Aleksandrova Anna, Tomilova Irina

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: iosfixed@gmail.com; aleksann@sibmail.com; irisha_tom@mail.ru

Exploration of the near-Earth orbital space dynamical structure primarily starts with the investigation of the resonance structure of this space. At first, a long-term evolution of the orbits is forecasted by using numerical integration methods. Next step is computing time series corresponding to resonance ratios and critical arguments of the orbital and secular resonances to identify stable ones further. Manual search of the librating ones among this time series is the bottleneck of this pipeline due to the tremendous number of the time series. Analytical approaches is not reliable because of poor accuracy in time series classification.

On the other hand, there are machine learning approaches and artificial convolutional neural networks (ACNN) in particular. Training such network is based on supervised learning. Training set of positive (librating) and negative (other) examples of time series is gathered by manual labeling by human. The ACNN trained on this dataset is able to split time series to two classes: containing libration and others. Quantitative estimation of model precision is a 0.97 ROC AUC score on the validation dataset which exceed precision of manual approach.

ОЦЕНКА ВОЗРАСТА ПАР АСТЕРОИДОВ НА БЛИЗКИХ ОРБИТАХ

Э. Д. Кузнецов¹, А. Е. Розаев², Е. Плавалова³

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

²Ярославский государственный университет, Ярославль, Россия

³Математический институт Словацкой академии наук, Братислава, Словакия

E-mail: eduard.kuznetsov@urfu.ru, hegem@mail.ru, plavalova@komplet.sk

В последнее время значительный интерес вызывает изучение тесных пар астероидов, весьма вероятно имеющих общее происхождение. Численным методом исследована динамическая эволюция несколько пар с возрастом менее 20 тысяч лет. Использовался интегратор Mercury. Учитывались возмущения от больших планет и четырех малых тел: (1) Церера, (4) Веста, (2) Паллада, (3) Юнона. Для каждого астероида исследована эволюция номинальной орбиты, а также восемь вариантов, различающихся скоростью дрейфа большой полуоси, обусловленного эффектом Ярковского. Оценки максимума модуля скорости дрейфа большой полуоси получены на основе соотношений между параметрами исследуемого астероида и астероида (101955) Бенну. Результаты для наиболее интересных пар приведены в таблице в сравнении с данными других авторов. Для молодых пар эффект Ярковского слабо влияет на оценку возраста, однако, его учет весьма важен для определения минимального расстояния при сближении астероидов.

Таблица. Оценки возраста пар астероидов

Пара астероидов	Минимальное расстояние, км		Возраст, тыс. лет	
	Без учета эффекта Ярковского	С учетом эффекта Ярковского	Данная работа	Другие авторы
(87887) 2000 SS286 – (415992) 2002 AT49	4 040	1 200	7.3 ± 0.1	7.4 ± 0.3 [1]
(6070) Rheinland – (54827) 2001 NQ8	12 270	6 730	16.2 ± 0.2	16.33 [2]
(5026) Martes – 2005 WW113	114 290	2 540	17.5 ± 0.6	Около 18 [3]
(356713) 2011 UK160 – 2014 QX220	3 440	630	10.2 ± 0.1	—

1. Zizka J., Galad A., Vokrouhlický D. et al. Asteroids 87887 – 415992: the youngest known asteroid pair? // Astron. and Astrophys. 2016. V. 595. P. A20.
2. Galad A. Effect of main belt perturbors on asteroid-pair age estimation // Astron. and Astrophys. 2012. V. 548. P. A25.
3. Pravec P., Fatka P., Vokrouhlický D. et al. Asteroid pairs: a complex picture. arXiv:1901.05492v1 [astro-ph.EP] 10 Jan 2019.

AGE ESTIMATION OF ASTEROID PAIRS WITH CLOSE ORBITS

E. D. Kuznetsov¹, A. E. Rosaev², E. Plavalova³

¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

³Mathematical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

E-mail: eduard.kuznetsov@urfu.ru, hegem@mail.ru, plavalova@komplet.sk

Recently, a significant interest is the study of close pairs of asteroids, very likely having a common origin. We numerically investigated several such pairs with age less than 20 kyr. Mercury integrator was used taking into account disturbances from major planets and four small bodies (1) Ceres, (4) Vesta, (2) Pallas, (3) Juno. The nominal orbit was integrated for each of the asteroids as well as eight variants for different rates of the semimajor drift due to the Yarkovsky effect. We have estimated the maximum absolute value of the semimajor drift rates based on the parameters for understudy asteroids and the 101955 Bennu. The results for the most interesting pairs are given in the table in comparison with the data of other authors. The Yarkovsky effect has weakly influence in the age estimations; however, one is essential to a determinate minimal distance for asteroid approaches.

КРИТИЧЕСКИЕ ТОЧКИ НА ГРАФИКАХ СМЕЩЕНИЙ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА ЗЕМЛИ

Курбасова Г. С.

Геометрическая картина появления критических точек связана с изменениями соотношений между управляющими параметрами вращения в системе Земля. Эти изменения отражаются в сферах, связанных с Землёй обменными энергетическими процессами: наблюдаемые скачки в геомагнитном поле, экстремальные изменения углового момента атмосферы. Движение полюса по поверхности Земли сопровождается появлением особенностей с точками возврата при отображении этого движения на плоскость.

Анализ характера особенностей, возникающих на графиках координат Северного полюса Земли в процессе её поступательно – вращательного движения, показал, что на рассматриваемом временном интервале критические точки появляются в результате проекции на плоскость гладкой функции изменения координат на поверхности Земли.

МИГРАЦИЯ ПЛАНЕТЕЗИМАЛЕЙ ИЗ ЗОНЫ ПИТАНИЯ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ К ПЛАНЕТАМ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ И ЛУНЕ

М. Я. Маров, С. И. Ипатов

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

E-mail: marovmail@yandex.ru, siipatov@hotmail.com

Рассмотрена миграция планетезималей с различных (от 2.5 до 40 а.е.) расстояний от Солнца и вероятности столкновений таких планетезималей с планетами земной группы и Луной. Учитывалось гравитационное влияние 7 планет (от Венеры до Нептуна) или 5 планет (от Венеры до Сатурна). Начальные значения a_0 больших полуосей орбит планетезималей варьировались от $a_{\min}$ до $a_{\max}$, причем число исходных планетезималей с a_0 было пропорционально $a_0^{1/2}$. В наших расчетах $a_{\max}=a_{\min}+2.5$ а.е. и $a_{\min}$ варьировалось с шагом 2.5 а.е. от 2.5 до 40 а.е. Начальные эксцентриситеты e_0 орбит планетезималей равнялись 0.05 или 0.3. Начальные наклонения орбит равнялись $e_0/2$ рад. Элементы орбит

мигрировавших планетезималей записывались в компьютерную память с шагом равным 500 лет. Основываясь на этих массивах элементов орбит, мы вычисляли вероятности столкновений планетезималей с планетами земной группы, Луной и их зародышами. Расчеты показали, что количество материала, доставленного из-за орбиты Юпитера на Землю, может превышать массу земных океанов. Некоторая часть (возможно 1/3) этого материала состояла из воды и летучих веществ. Общая масса планетезималей, мигрировавших из-за орбиты Юпитера и столкнувшихся с Луной, была в 16 или 17 раз меньше, чем при столкновениях этих тел с Землей. Масса вещества, доставленного на планету, к массе планеты для Марса была примерно в два раза больше, чем для Земли, и такие отношения для Меркурия и Венеры были немного больше, чем для Земли. Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 17-17-01279 (миграция планетезималей к Луне) и Программой Российской Академии наук № 16 (миграция планетезималей к планетам земной группы).

MIGRATION OF PLANETESIMALS FROM DIFFERENT DISTANCES FROM THE FEEDING ZONE OF THE GIANT PLANETS TO THE TERRESTRIAL PLANETS AND THE MOON

M. Ya. Marov, S. I. Ipatov

V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E-mail: marovmail@yandex.ru, siipatov@hotmail.com

We considered the migration of planetesimals from different (from 2.5 to 40 AU) distances from the Sun and the probability of collisions of such planetesimals with the terrestrial planets and the Moon. The gravitational influence of 7 planets (from Venus to Neptune) or of 5 planets (from Venus to Saturn) was taken into account. Initial semi-major axes a_0 of orbits of planetesimals varied from $a_{\min}$ to $a_{\max}$ with a number of initial planetesimals with a_0 proportional to $a_0^{1/2}$. In our calculations $a_{\max}=a_{\min}+2.5$ AU and $a_{\min}$ varied with a step of 2.5 AU from 2.5 to 40 AU. Initial eccentricities e_0 of planetesimals equaled to 0.05 or 0.3. Initial inclinations i_0 equaled to $e_0/2$ rad. The orbital elements of migrated planetesimals were recorded in computer memory with a step of 500 years. Based on these arrays of the orbital elements, we calculated the probabilities of collisions of planetesimals with the terrestrial planets, the Moon, and their embryos. The calculations showed that the amount of material delivered from beyond the Jupiter's orbit to the Earth could exceed the mass of Earth's oceans. Some fraction (may be 1/3) of this material was composed of water and volatiles. The total mass of planetesimals migrated from beyond the Jupiter's orbit and collided with the Moon was by a factor of 16 or 17 smaller than that for the Earth. The mass of the material delivered to a planet to the mass of the planet for Mars was about two times greater than that for the Earth, and such ratios for Mercury and Venus were a little greater than that for the Earth. The work was supported by the grant of Russian Science Foundation № 17-17-01279 (migration of planetesimals to the Moon) and by the Program of RAS № 16 (migration of planetesimals to the terrestrial planets)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПАР АСТЕРОИДОВ НА БЛИЗКИХ ОРБИТАХ В ОКРЕСТНОСТИ РЕЗОНАНСОВ

А. Э. Потоскуев, Э. Д. Кузнецов

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: aleksander.potoskuev@gmail.com, eduard.kuznetsov@urfu.ru

Астероиды, движущиеся на близких орбитах, могут иметь общее происхождение. Прохождения через резонансы могут перевести их на орбиты, лежащие в области планет земной группы. В окрестности резонансов наблюдаются тесные пары астероидов, но

среди известных астероидов, сближающихся с Землей, тесных пар не наблюдается. Численным методом исследовалась динамическая эволюция пар вблизи резонансов на интервалах 100 тыс. лет в прошлое и будущее посредством программы Orbit9 комплекса OrbFit. При моделировании учитывались возмущения от больших планет, сжатие Солнца, релятивистские эффекты и дрейф большой полуоси орбиты вследствие эффекта Ярковского. Для оценки максимального значения модуля дрейфа большой полуоси использовалось соотношение, связывающее дрейф большой полуоси и физические параметры астероида (101955) Бенну с параметрами исследуемых астероидов. Исследовались сценарии орбитальной эволюции пар при различных значениях скорости дрейфа большой полуоси. Рассмотрены пары астероидов (195807) 2002 QF17 — (243587) 1998 DU9 и (263389) 2008 CR210 — (370095) 2001 SY238, орбиты которых находятся в окрестности резонансов средних движений 1:4 и 1:3 с Юпитером, соответственно. Эволюция орбит при прохождении через резонансы чувствительна к значению дрейфа большой полуоси. Метрики Холшевникова для орбит астероидов, входящих в пары, увеличиваются при интегрировании в будущее и в ряде сценариев при интегрировании в прошлое. Минимальные оценки возрастов пар составляют 55 и 30 тыс. лет, соответственно.

DYNAMICAL EVOLUTION RESEARCH FOR ASTEROID PAIRS IN CLOSE ORBITS NEAR RESONANCES

A. E. Potoskuev, E. D. Kuznetsov

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: aleksander.potoskuev@gmail.com, eduard.kuznetsov@urfu.ru

Asteroids sharing close orbits might have common origin. Their orbits may be shifted towards inner planet region due to passing through resonances. Close pairs of asteroids have been observed in the vicinities of the resonances, but there is lack of such pairs among known near-Earth asteroids. We performed numerical simulations to investigate dynamical evolution of asteroid pairs around the resonances within 100 kyr interval in the future and the past via Orbit9 software as a part of OrbFit distribution. Major planets' perturbations, oblateness of the Sun, relativistic effects and semimajor axis drift due to the Yarkovsky effect were taken into account. We used relation between drift value and physical parameters of asteroid (101995) Bennu and asteroids' parameters in order to estimate their maximal drift values. Evolution scenarios with altered semimajor axis drift values were investigated. Asteroid pairs (195807) 2002 QF17 — (243587) 1998 DU9 and (263389) 2008 CR210 — (370095) 2001 SY238 were studied, whose orbits located in the vicinities of Jovian mean motion resonances 1:4 and 1:3, respectively. Orbital evolution appeared to be sensitive to the semimajor axis drift value alterations. Kholshchevnikov metrics, which were applied to the paired asteroids' orbits, increased in the prospective simulations and in the past for some cases of integrations. Minimal age estimations for these pairs are 55 and 30 kyr, respectively.

О СВОЙСТВАХ РЕТРОГРАДНОГО КООРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

В.В. Сидоренко

Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

E-mail: vvvsidorenko@list.ru

Для гипотетического наблюдателя, располагающегося в северном полюсе эклиптики, большинство объектов Солнечной системы вращается вокруг Солнца против часовой стрелки. Тем не менее, есть и такие объекты, которые вращаются в противоположную сторону (движение ретроградного типа). Ретроградное орбитальное движение малого небесного тела может быть в резонансе с орбитальным движением одной из планет

Солнечной системы. Например, астероид 2015BZ503 находится в ретроградном резонансе средних движений 1:1 с Юпитером (ретроградное коорбитальное движение)[1]. Теоретические исследования показывают, что такой резонанс может предотвратить столкновение с планетой и обеспечить длительное пребывание астероида в данном режиме движения.

[1] Wiegert, P., Connors, M., Veillet, C.: A retrograde co-orbital asteroid of Jupiter. *Nature*, Vol. 543, pp. 687-689, 2017.

ABOUT PROPERTIES OF RETROGRADE CO-ORBITAL MOTION

V.V. Sidorenko

Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS

E-mail: vsidorenko@list.ru

Most of objects in the Solar system move around the Sun in the anticlockwise manner when seen from above the north ecliptic pole. And only a small number of celestial bodies move in opposite direction (retrograde motion). Similar to prograde motion, the retrograde motion of a celestial body can also be in resonance with one of the major planets. For example, the asteroid 2015 BZ509 is in retrograde 1:1 mean motion resonance with Jupiter [1]. Theoretical studies demonstrated that such a resonance can prevent collision with the planet and ensure a long stay of the asteroid in this mode of motion.

[1] Wiegert, P., Connors, M., Veillet, C.: A retrograde co-orbital asteroid of Jupiter. *Nature*, Vol. 543, pp. 687-689, 2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ АСТЕРОИДОВ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА ЛИДОВА–КОЗАИ И ЭФФЕКТА ЯРКОВСКОГО

П. В. Скрипниченко, Э. Д. Кузнецов

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: savl.silverheart@gmail.com, eduard.kuznetsov@urfu.ru

Исследована динамическая эволюция орбит астероидов, испытывающих влияние эффекта Лидова–Козаи, при одновременном учете эффекта Ярковского. Рассмотрены сценарии эволюции, различающиеся скоростью дрейфа большой полуоси орбиты, обусловленного влиянием эффекта Ярковского. Были отобраны 160 астероидов, элементы орбит которых удовлетворяют условию существования либраций аргумента перицентра g (необходимое условие проявления эффекта Лидова–Козаи): $c_1 < 0.6$ и $c_2 < 0$, где $c_1 = (1 - e^2) \cos^2 i$ и $c_2 = e^2 (2/5 - \sin^2 i \sin^2 g)$ — интегралы Лидова–Козаи; e , i — эксцентриситет и наклон орбиты. Движение объектов моделировалось с помощью программы Orbit9 комплекса OrbFit. Элементы номинальных орбит астероидов из базы данных AstDyS использовались в качестве начальных при интегрировании. Совместно интегрировались уравнения движения восьми больших планет и Плутона. Для большинства объектов, рассматривалось семь вариантов дрейфа большой полуоси под действием эффекта Ярковского: 0 , $\pm 1 \cdot 10^{-5}$, $\pm 1 \cdot 10^{-4}$, $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ а.е./млн лет). В случаях, если учет эффекта Ярковского приводил к существенным изменениям элементов орбит астероидов, количество вариантов дрейфа увеличивалось до 100, с равным шагом внутри интервала $(-1 \cdot 10^{-3}, +1 \cdot 10^{-3})$ а.е./млн лет). Рассмотрены тесные сближения (менее 0.1 а.е.) с планетами земного типа и менее 1 а.е. с планетами-гигантами. В качестве гипотезы предполагается наличие связи между изменением положения экстремумов колебаний эксцентриситета и наклона со временем в зависимости от знака дрейфа большой полуоси.

DYNAMICAL EVOLUTION RESEARCH FOR ASTEROID WHICH EXPERIENCED THE LIVOV-KOZAI EVVECT AND THE YARKOVSKY EFFECT

P. V. Skripnichenko, E. D. Kuznetsov

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

savl.silverheart@gmail.com, eduard.kuznetsov@urfu.ru

This paper presents results of research of asteroids, which experienced the Lidov-Kozai effect with a different model of perturbation factors distinguished by drift velocity of semimajor axis, induced by the Yarkovsky effect. Dynamic properties of 160 asteroids which have orbital elements that fulfil the condition of libration of the argument of periapsis g (it is the necessary condition for the Lidov-Kozai effect realization): $c_1 < 0.6$ and $c_2 < 0$ are presented. Here $c_1 = (1 - e^2) \cos^2 i$ and $c_2 = e^2 (2/5 - \sin^2 i \sin^2 g)$ are the Lidov-Kozai integrals; e , i are eccentricity and orbit inclination. Movement of objects was modeled with the use of the program Orbit9 from OrbFit software. Elements of nominal orbits of asteroids from AstDys database were used as initial in integrating, equations for movement of eight planets and Pluto were integrated jointly. For most objects, evolution variants contained seven values for the semimajor axis drift induced by the Yarkovsky effect $0, \pm 1 \cdot 10^{-5}, \pm 1 \cdot 10^{-4}, \pm 1 \cdot 10^{-3}$ au/Myr. Close approaching (less than 0.1 au) to terrestrial planets to outer planets (less than 1 au) was examined. There is a hypothesis about the connection between changes of location of extremum of the eccentricity and inclination in time and the sign of the semimajor axis drift.

К ВОПРОСУ О СУЩЕСТВОВАНИИ СЕМЕЙСТВА САТУРНА: ПОСТОЯННЫЕ РАДЗИЕВСКОГО-ТИССЕРАНА ДЛЯ КОМЕТ ДАРРЕ И ТУТЛЯ

В. С. Усанин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: Vladimir.Usanin@kpfu.ru

Ранее считалось общепризнанным деление комет на семейства Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Современная классификация оставляет только семейство Юпитера, а периодические кометы с большими афелийными расстояниями относятся к галлеевскому типу. Переход от старой классификации к новой до сих пор вызывает критику. В качестве одной из характеристик динамической связи комет с планетами предлагался критерий Радзиевского-Тиссерана. Эта постоянная в рамках ограниченной задачи трёх тел величина имеет смысл большой полуоси орбиты второго тела, то есть возмущающей планеты. Хотя критерий уже применялся практически, конкретная методика его использования для комет, наблюдавшихся во многих появлениях, пока отсутствовала, что ставило под сомнение полученные результаты. В данной работе критерий Радзиевского-Тиссерана рассмотрен вначале на примере кометы Дарре (6P), достоверно относящейся к семейству Юпитера. Выявлены параметры распределения количества пар появлений по значениям постоянной Радзиевского-Тиссерана, являющиеся более устойчивыми и лучше обнаруживающие присутствие Юпитера. Далее та же методика применена к комете Тутля (8P), наиболее изученной из тех, что могли бы относиться к семейству Сатурна. Показано, что с точки зрения критерия Радзиевского-Тиссерана основным возмущающим телом для кометы Тутля является Юпитер, в области большой полуоси орбиты Сатурна особенности распределения отсутствуют. Таким образом, подтверждается новая классификация.

CONCERNING THE EXISTENCE OF THE SATURN FAMILY: RADZIEVSKIJ-TISSERAND CONSTANTS FOR COMETS 6P/D'ARREST AND 8P/TUTTLE

V. S. Usanin

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

E-mail: Vladimir.Usanin@kpfu.ru

Earlier, the division of comets into the families of Jupiter, Saturn, Uranus and Neptune was regarded as undoubted. The modern classification retains only the Jupiter family, and comets with larger aphelion distances belong to the Halley type. The transition from the old classification to the new one still raises criticism. The Radzievskij-Tisserand criterion was proposed as a measure of the dynamical relation of comets to planets. This quantity, which is constant within the framework of the restricted three-body problem, fits the orbital semimajor axis of the second body, that is, the perturbing planet. Although this criterion was already applied practically, the exact technique of its use for comets observed in multiple apparitions was not still elaborated, which made obtained results doubted. The present work starts with the application of the Radzievskij-Tisserand criterion to 6P/d'Arrest as an example of an undoubted Jupiter-family comet. The most robust and the most sensitive to the Jupiter's presence parameters of the distribution of apparition pairs in Radzievskij-Tisserand constant are revealed. Next, the same technique is applied to 8P/Tuttle which is the most studied of the presumed Saturn family comets. It is shown that, in the aspect of the Radzievskij-Tisserand criterion, Jupiter is the main perturbing body for 8P/Tuttle. Any feature of the distribution in the Saturn's semimajor axis vicinity is not present. So, the new classification is confirmed.

СЕКЦИЯ 4. ИСЗ И КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР

MINIATURE SCIENTIFIC PAYLOADS/CAMERAS FOR CUBESATELLITES

R. Hudec (1,2,3)

(1) Czech Technical University in Prague, FEL, Technicka 2, 160 00 Praha 6, Czech Republic
(hudecren@fel.cvut.cz)

(2) Astronomical Institute AV CR, CZ-251 65 Ondrejov, Czech Republic

(3) Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

In this paper, we focus on application of pico and cubesatellites in astronomy and astrophysics including near Earth astronomy. Motivation for application of picosatellites in astrophysics and astronomy is that the recent situation in experimental satellites is not very promising due to funding constraints. Hence, minisatellites are expected provide valuable scientific results.

However, there are the following strict requirements for the scientific payload for picosatellites. It must fit a small volume, typically 30x10x10 cm or less (3U, i.e. 3 cubesat modules). It must be low weight, less than 1 kg, with low power consumption of about 10 Watts or less. Clearly, minisats are suitable for technological tests: TRW increase, flight demonstration, etc. But nowadays we can propose reasonable science as well, as shown on the example of miniature Lobster Eye (LE) X-ray monitor onboard the VZLUSAT minisatellite (Pina et al., 2015, Daniel et al., 2019). Wide field X-ray monitors of Lobster Eye type were demonstrated to play an important role in modern astrophysics. The most important scientific cases are briefly summarized below. (1) A long-term (months) measurement of the light curves of bright persistent X-ray binaries in the direction toward the center of the Galaxy in the soft X-ray band, and (2) Detection and measurement of the light curves of bright transient events of X-ray binaries in the direction toward the center of the Galaxy in the soft X-ray band.

The miniature satellites are recently in development at many institutes and universities, mostly with a participation of students (Schilling, 2006). The fast development of the related techniques and technologies enables to consider miniature scientific payloads for these satellites. The application area is more recently extended due to recent progress in control engineering allowing to consider tandem and formation flying (cubesats fleets).

The CubeSat standard size is 1 liter volume, i.e. 10x10x10 cm, and typical weight is 1.3 kg. Multiple modules are possible, i.e. 3U = 3 modules/units, i.e. 10x10x30 cm, typically up to 12U. The typical masses are as follows: femtosatellite – 10 to 100 g, picosatellite – 0.1 to 1 kg, nanosatellite – 1 to 10 kg, microsatellite – 10 to 100 kg.

[1] Schilling, K., Design of Pico-Satellites for Education in Systems Engineering. In: IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine 21 (2006), S. 9-14, 2006

[2] Pina, L.; Hudec, R.; Inneman, A. et al., X-ray monitoring for astrophysical applications on Cubesat, Proceedings of the SPIE, Volume 9510, id. 951005 9 pp. (2015).

[3] Daniel, V.; Inneman, A.; Vertat, I. et al., In-Orbit Commissioning of Czech Nanosatellite VZLUSAT-1 for the QB50 Mission with a Demonstrator of a Miniaturised Lobster-Eye X-Ray Telescope and Radiation Shielding Composite Materials, Space Science Reviews, Volume 215, Issue 5, article id. 40, 20 pp, 2019.

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СЕТИ СБОРА ДАННЫХ ОБ ОБСТАНОВКЕ В ОКП.

В.М. Агапов, Давыдов Д.В., Лапшин А.Ю., Заяц А.А.

АО «Астрономический научный центр» (АО «АНЦ»)

E-mail: davydov@ancprotek.ru

Российской компанией АО «АНЦ» разработана концепция автоматизированной информационно-измерительной сети сбора данных об обстановке в околоземном космическом пространстве. В состав сети входят центральный узел управления и удаленные измерительные пункты высокой степени автоматизации, размещенные в различных районах Земного шара.

Автоматизированные удаленные измерительные пункты позволяют получать различные виды информации о находящихся в околоземном пространстве техногенных космических объектах. Центральный узел осуществляет планирование наблюдений, управление информационным обменом, ведет первичную обработку получаемой на удаленных пунктах измерительной информации. При необходимости возможно управление удаленными пунктами с использованием телеоператорского режима.

В докладе представлен обзор текущего состояния работ по развитию автоматизированной информационно-измерительной сети.

CONCEPT OF AUTOMATED INFORMATION AND MEASURING NETWORK OF DATA COLLECTION ON THE ENVIRONMENT IN THE NEAR-EARTH SPACE

Agapov V.M., Davydov D.V., Lapshin A.Yu., Zayats A.A.

«Astronomical Scientific Center» (ASC), JSC

E-mail: davydov@ancprotek.ru

Russian company ANC JSC has developed the concept of automated information and measuring network of data collection on environment in the near-Earth space. The network consists of the central control node and the remote tracking stations of high automation ratio located in various regions of the globe.

Automated remote tracking stations allow for acquisition of different types of information regarding technogenic space objects located in the near-Earth space. The central node carries out observations planning, information exchange management, and primary processing of the measurement information acquired at the remote stations. If required, remote stations can be controlled using the teleoperator mode.

The report provides an overview of the current status of work on the development of automated information and measuring network.

ОБ ОПАСНОСТИ МЕЛКОГО КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Аксенов О. Ю., Вениаминов С. С., Якубовский С. В., Убоженко Д. Ю., Кононенко Н. Ф.

НИИЦ ЦНИИ ВВКО МО РФ

Рассмотрена история прогрессивного засорения околоземного космического пространства (ОКП) крупным и мелким космическим мусором (КМ), исследуются причины и последствия этого явления для космической деятельности и экологии Земли и ОКП. Показано, что рост количества и массы мелкого КМ происходит стремительнее, чем крупного. Анализируются различные аспекты опасности мелкого КМ (в отличие от крупного) на основе анализа известных реальных событий, доступных данных наблюдений и моделирования. Обсуждаются возможные методы противодействия процессу техногенного засорения ОКП. Отмечается существенный недостаток средств

мониторинга мелкого КМ и отсутствие его контроля во многих орбитальных областях. Обосновывается актуальность интенсификации изучения мелкой фракции КМ и разработки способов противодействия процессу ее образования, особенно с учетом явной недооценки ее опасности и дефицита соответствующих измерений.

ON THE HAZARDS OF SMALL SPACE DEBRIS

Aksenov O., Veniaminov S., Yakubovsky S., Ubozhenko D.

Scientific Research and Test Center of Central Research Air-Space Defense Institute of Ministry of Defense, Moscow, Russia

The history of progressive near-Earth space (NES) contamination with large and small space debris (SD) is analyzed as well as the causes and consequences of this phenomenon for space activity and ecology of the Earth and NES. The amount, mass, and dynamics of the small orbital debris population in low Earth orbits (LEO) are estimated as well as the consequences of multi-satellite communication space systems deployment being planned now. The latter makes the study of this area particularly relevant. Various aspects of the consequences of technogenic contamination of NES are considered, as well as the danger of small space debris for space activities and the ecology of the Earth and near-Earth space in comparison with the danger of large debris. A significant lack of complete and reliable information about small SD due to a shortage of sensors that can observe it is substantiated, which is one of the main reasons for the paucity of our knowledge about this population of SD.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС АУТОНОМНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ - РАСПОЗНАВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ШИРОКОПОЛЬНОГО «БЫСТРОГО» ОБЗОРНОГО ТЕЛЕСКОПА ТРЕХМЕТРОВОГО КЛАССА

В.П. Алешин, Е.А. Гришин, В.С. Коришунов, И.Л. Пименов, В.Д. Шаргородский,

АО «НПК «СПП» Москва, РФ

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

Предлагаемый широкопольный обзорный телескоп трехметрового класса позволит обеспечить высокоэффективное наблюдение за микроспутниками и космическим мусором во всем диапазоне высот, в том числе в геосинхронной области и в зонах среднеорбитальных навигационных и высокоэллиптических связных КА (до 23^м для трехметрового варианта). Существенно увеличиваются возможности оперативного обнаружения факта и результатов столкновений с космическим «мусором». «Быстрый» телескоп сможет проводить несколько обзоров небесной сферы за ночь. Телескоп позволяет осуществлять автономное обнаружение малоразмерных объектов в космическом пространстве, не занесенных в каталоги.

В докладе рассматриваются возможные альтернативы реализации подобного телескопа с учетом опыта Телескопа контроля космического пространства (SST) и Большого обзорного синоптического телескопа (LSST)

Телескоп предлагается реализовать на Алтайском оптико-лазерном центре, что позволит создать уникальный интегрированный комплекс автономного обнаружения-распознавания и оценки космической обстановки с использованием длиннофокусного телескопа ТИ 3.12

INTEGRATED COMPLEX AUTONOMOUS DETECTION - RECOGNITION OF SPACE OBJECTS BASED ON THE THREE METER WIDE-FIELD “FAST” SURVEY TELESCOPE

V.P. Aleshin, E.A. Grishin, V.S. Korshunov, I.L. Pimenov, V.D. Shargorodsky

JC "PRC "PSI", Moscow, Russia

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

The proposed wide-field telescope of the three-meter class will provide highly efficient observation of microsatellites and space debris in the whole range of altitudes, including in the geosynchronous region and in the zones of mid-orbit navigation and high-elliptical communications spacecraft (up to 23^m for the three-meter version). Significantly increases the possibility of rapid detection of the fact and the results of collisions with space debris. The “fast” telescope will be able to conduct several surveys of the celestial sphere overnight. The telescope allows autonomous detection of small-sized objects in outer space that are not listed in the catalogs.

The report discusses possible alternatives for the implementation of such a telescope, taking into account the experience of the Space Surveillance Telescope (SST) and the Large Survey Synoptic Telescope (LSST)

The telescope is proposed to be implemented at the Altais Optical Laser Center, which will allow a unique integrated set of autonomous detection-recognition and assessment of the space situation using the TI 3.12 long-focus telescope

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С КА «ЭЛЕКТРО-Л» № 2 И ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Баканас Е.С., Бахмет Т.И., Кочубей Л.К., Бекренев О.В.

Научный центр оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы», Москва, Россия

E-mail: oterma@yandex.ru

Космический аппарат «Электро-Л» № 2 был запущен 11 декабря 2015 г. Основное назначение - сбор данных о гелиогеофизической обстановке на геостационарной орбите и получение изображений диска Земли, позволяющих оценивать облачность и другие гидрометеоданные. Научный центр оперативного мониторинга Земли является оператором в цепочке получения данных с Электро-Л 2, проводит оценку качества получаемых изображений, принимаемых в НЦ ОМЗ. Операторы фиксируют все появляющиеся на изображениях дефекты с целью выяснения их возможных причин - особенностей работы бортовой аппаратуры. Изображения поступают на приемный комплекс в сыром виде, подвергаются обработке. В сентябре 2017 года на изображениях с «Электро-Л» № 2 появились структурированные помехи - горизонтальные полосы различной интенсивности, они проявлялись в разных сеансах на изображениях в ИК-каналах. Разработчиками были внесены необходимые изменения в программный комплекс и на изображениях после обработки эти искажения практически исчезли. В докладе анализируются появление данных помех на изображениях в сеансах с 1 января 2019 года по 30 июня. Выявлены особенности появления искажений данного вида и возможная корреляция с солнечной активностью. Знание причин появления помех необходимо при подготовке к запуску новых аппаратов серии «Электро-Л».

О ФЛИПАХ ОРБИТ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ОБЛАСТИ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЕТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

С.О. Белкин¹, Э.Д. Кузнецов²

¹Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) (НИУ МФТИ), г. Москва, Российская Федерация

²Уральский федеральный университет (УрФУ), г. Екатеринбург, Российская Федерация

Исследуются флипы плоскости орбиты (переход от прямого движения к обратному и обратно), обусловленные световым давлением. Рассматривается окрестность области движения спутников глобальных навигационных систем. Динамическая эволюция космического мусора изучается на основе численного моделирования. Начальные условия выбраны в области движения спутников глобальных навигационных систем (ГЛОНАСС, GPS, Бэйдоу, Галилео), а также на 450–1100 км выше номинальной большой полуоси навигационных орбит. Флипы зафиксированы для объектов в окрестности орбит спутников системы ГЛОНАСС и выше орбит спутников системы Галилео, имеющих отношение миделева сечения к массе более $16 \text{ м}^2/\text{кг}$, для начальных значений долготы восходящего узла в окрестности 180° .

ORBITAL FLIPS DUE TO SOLAR RADIATION PRESSURE IN THE VICINITY OF THE GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS REGION

S.O. Belkin¹, E.D. Kuznetsov²

¹Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), Moscow, Russian Federation

²Ural Federal University (UrFU), Yekaterinburg, Russian Federation

Orbital plane flips (flips from prograde to retrograde motion or vice versa) phenomenon due to solar radiation pressure are investigated. We consider the vicinity of orbits of the Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Dynamical evolution of space debris is studied from a numerical simulation. Initial conditions for the objects are chosen in the GNSS orbit regions (GLONASS, GPS, BeiDou, Galileo) as well as 450–1100 km above with respect to nominal semi-major axes of the navigation orbits. Flips of the orbits due to the effect of solar radiation pressure have been observed in the vicinity GLONASS orbits and above the Galileo orbits in case of the area to mass ratio is more than $16 \text{ m}^2/\text{kg}$ for the initial value of the longitude of ascending node near 180° .

НАБЛЮДЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В БАРНАУЛЕ

А.В. Вольф, В.М. Лопаткин, А.Е. Каплинский

Алтайский государственный педагогический университет, г. Барнаул, Россия

E-mail: aw@altspu.ru

В 1957-1963 гг. в Барнаульском пединституте работал пункт визуальных наблюдений за ИСЗ под руководством доцента кафедры физики, к.ф.-м.н. Г.В. Жигулина.

С начала 2015 года в Барнауле после переоборудования астрономической площадки в автоматизированную астрономическую обсерваторию в рамках программы Научной сети оптических инструментов астрометрических и фотометрических наблюдений (НСОИ АФН; ISON) возобновлены наблюдения геостационарных спутников (ГСС) и космического мусора. Основная цель этих наблюдений - определение действительной численности объектов техногенного происхождения на геостационарных и высокоэллиптических орбитах, включающее астрометрические и фотометрические исследования этих объектов.

Для наблюдений используется автоматизированный оптико-электронный комплекс, состоящий из зеркально-линзового телескопа системы Клевцова ТАЛ-250К (апертура 250 мм, фокусное расстояние 2140 мм) и цифровой камеры FLI MicroLine ML11002 в качестве приёмника излучения. Камера оснащена ПЗС-матрицей ON Semi KAI-11002 с размером пикселя 9 мкм, обеспечивающей поле зрения 39'x58'. Комплекс установлен на опорно-поворотный механизм NEQ6-W Pro, управление которым осуществляется программным модулем CHAOS. Временная синхронизация наблюдений осуществляется GPS-приёмником на базе модуля Trimble Resolution T. Для высокоточной автоматической обработки, а также эфемеридного обеспечения наблюдений используется разработанный в Пулковской обсерватории универсальный программный комплекс Apex II. Целевые наблюдения ГСО проводятся в полосе шириной от 7° до -22° относительно небесного экватора и в долготном интервале 52-148° в.д. На конец 2018 года произведено более 100 тыс. измерений положений объектов.

OBSERVATIONS OF TECHNOGENIC SPACE OBJECTS IN BARNaul

A.V. Wolf, V.M. Lopatkin, A.E. Kaplinsky

Altai State Pedagogical University, Barnaul, Russia

E-mail: aw@altspu.ru

In 1957-1963 Barnaul Pedagogical Institute conducted visual observations of the artificial Earth satellites under guidance of Associate Professor of the Department of Physics, Ph.D. G.V. Zhigulin.

Since 2015, after conversion of astronomical observation site into automated astronomical observatory, in the framework of International Scientific Optical Network (ISON) we renewed the observations of geostationary satellites (GSS) and space debris in Barnaul. The main goal of these observations is to determine the real number of technogenic objects on geostationary and high elliptical orbits, including astrometric and photometric studies of these objects.

The automated optical-electronic setup consisting of Klevtsov TAL-250K mirror-lens telescope (aperture 250 mm, focal length 2140 mm) and digital camera FLI MicroLine ML11002 as optical sensor are used for observations. The camera is equipped with a CCD ON Semi KAI-11002 with a pixel size 9 µm, providing a field of view 39'x58'. The setup is installed on NEQ6-W Pro mount, which is controlled by CHAOS software module. Time synchronization of observations is carried out using a GPS receiver based on the Trimble Resolution T module. For high-precision automatic processing, we use Apex II universal software, developed in the Pulkovo Observatory. Targeted observations are conducted in the declination bandwidth from 7° to -22° with respect to the celestial equator and in the longitude interval 52-148 °E. Up to the end of 2018 we produced more than 100 thousand measurements of the positions of objects.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЗС-КАМЕР СОВМЕСТНО С ФИЛЬТРАМИ ИК-ДИАПАЗОНА ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ДНЕВНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ИСЗ И КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Еремин Е.О.¹, Жуков А.О.^{1,2,3}, Крючков С.В.²

¹РТУ МИРЭА, ²ИНАСАН, ³ГАИШ МГУ, г. Москва, Россия

E-mail: aozhukov@mail.ru

В докладе обсуждаются результаты экспериментальных серий дневных фотометрических наблюдений с использованием камеры QHY6 и ряда инфракрасных (КС-19, узкополосные на 795нм и 895нм) фильтров.

Описывается методика проведения наблюдений и их обработки.

Делаются выводы о возможности реального применения ПЗС-камер и телескопов любительского уровня с отфильтровыванием видимого диапазона спектра для дневных наблюдений различных объектов в режиме непрерывного мониторинга.

POSSIBILITY OF USING CCD CAMERAS WITH IR FILTERS FOR DAYTIME TERRESTRIAL OBSERVATIONS OF SATELLITES AND SPACE DEBRIS

Eremin E.O.¹, Zhukov A.O.^{1,2,3}, Kryuchkov S.V.²

¹RTU MIREA, ²INASAN, ³SAI MSU, Moscow, Russia

E-mail: aozhukov@mail.ru

The report discusses the results of experimental series daytime photometric observations using the QHY6 camera and several infrared (KS-19 narrowband on 795nm and 895nm) filters.

The method of observations and their processing is described.

Conclusions are drawn about the possibility of real application of CCD cameras and amateur-level telescopes with filtering of the visible spectrum range for day observations of various objects in the continuous monitoring mode.

МЕТОДИКА УЧЕТА УРОВНЯ ДЕГРАДАЦИИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Еремин Е.О.¹, Жуков А.О.^{1,2,3}

¹РТУ МИРЭА, ²ИНАСАН, ³ГАИШ МГУ, г. Москва, Россия

E-mail: aozhukov@mail.ru

В процессе эксплуатации оптико-электронные приборы космического базирования подвергаются воздействию ряда факторов, негативно влияющих на технические характеристики, что, в свою очередь, ведёт к снижению качества решения функциональных задач, возложенных на конкретный прибор.

В настоящей работе приводится краткий обзор внешних факторов, оказывающих поражающее воздействие в космическом пространстве на оптико-электронные приборы, на базе CCD (и производных технологий), CMOS, а также фотодетекторов для ИК-диапазона (коротко-, средне- и длинноволнового поддиапазонов).

Предлагаются и описываются процедуры периодической полетной оценки перечня значений параметров оптико-электронного прибора, характеризующих качество формируемого им изображения (интегральная, спектральная, пороговая чувствительности, частотно-контрастная характеристика и др.) в разных фоновых условиях. Временные тренды изменения оцениваемых характеристик позволяют делать выводы об уровне деградации прибора и планировать дальнейшее его применение с учетом экстраполирования значений его характеристик.

METHOD OF ACCOUNTING FOR THE DEGRADATION'S LEVEL OF SPACE-BASED OPTOELECTRONIC DEVICE DURING OPTICAL OBSERVATIONS

Eremin E.O.¹, Zhukov A.O.^{1,2,3}

¹RTU MIREA, ²INASAN, ³SAI MSU, Moscow, Russia

E-mail: aozhukov@mail.ru

During operation, space-based optoelectronic devices are exposed to a number of factors that adversely affect the technical characteristics, which, in turn, leads to a decrease in the quality of solving functional tasks assigned to a particular device.

This paper provides a brief overview of the external factors that have a striking effect in space on optoelectronic devices based on CCD (and derived technologies), CMOS, as well as photodetectors for the IR range (short -, medium-and long - wave sub-bands).

Procedures for periodic flight evaluation of the list of optoelectronic device parameters characterizing the quality of the image formed by it (integral, spectral, threshold sensitivity, frequency-contrast characteristic, etc.) in different background conditions are proposed and described. Time trends of changes in the estimated characteristics allow to draw conclusions about the level of degradation of the device and plan its further using, taking into account extrapolation of the values of its characteristics.

НАБЛЮДЕНИЯ КА «СПЕКТР-РГ» В КУБАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Иванов А.Л.¹, Иванов В.А.¹, Лысенко В.Е.¹, Иванова Н.В.², Яковенко Н.А.¹, И.Е. Молотов³, В.А. Воропаев³, М.В. Захваткин³.

¹Кубанский государственный университет, ²D04 ООО Национальное Астрономическое Агентство, ³ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Приводится методика наблюдений КА «СПЕКТР-РГ», а также результаты и оценка точности измерений за период с 13 июля 2019 до 28 августа 2019 года по согласованию с данными от баллистического центра ИПМ им. М.В. Келдыша.

OBSERVATIONS OF THE SPACECRAFT “SPEKTR-RG” AT KUBAN STATE UNIVERSITY

Ivanov A. L.¹, Ivanov V. A.¹, Lysenko V. E.¹, Ivanova N. V.², Yakovenko N. A.¹, Molotov I. E.³, Voropaev V. A.³, Zakhvatkin M. V.³

¹ Kuban state University

² D04, ООО National Astronomical Agency

³ Keldysh Institute of Applied Mathematics

The article discusses the methods of observations of the spacecraft "SPEKTR-RG", results and evaluations of measurement accuracy for the period from 13.07.2019 to 28.08.2019 by the agreement with the data from the ballistic center of the Keldysh Institute of Applied Mathematics.

АСТРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ ИСЗ В РЕЖИМЕ ПОТОКОВОГО ВИДЕО

Измайлов И. С.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,

Санкт-Петербург, Россия,

E-mail: i_izmailov@mail.ru

Как известно, низкоорбитальные ИСЗ обладают значительным собственным движением по небу – до нескольких градусов в секунду. Один из возможных способов наблюдений таких объектов в оптическом диапазоне это наблюдение с небольшой экспозицией, таким образом, чтобы изображения объектов не успевали сильно растянуться, за время экспозиции. В последнее время появилось возможность наблюдать астрономические объекты в режиме потокового видео, когда съемка кадров происходит один за другим без перерыва между кадрами. Основной трудностью при обработке является значительный объем, полученного таким способом наблюдательно материала.

В Пулковской обсерватории, разработана специальная версия программного пакета Izmcdd, предоставляющая возможность в автоматическом режиме обрабатывать поток изображений со скоростью сравнимой со скоростью получения потока современными "быстрыми" камерами. По трем последовательным кадрам, пакет автоматически выделяет

и измеряет изображения движущихся объектов, выделяют изображения звезд и по стандартным астрономическим алгоритмам вычисляет прямое восхождение и склонение ИСЗ.

Для тестирования технологии наблюдений ИСЗ была использована камера со следующими характеристиками:

фокусное расстояние объектива - 300 мм,

поле зрения - 4.5 на 7 градусов,

масштаб - 5.1 "/пиксель.

Программно-аппаратный комплекс фиксирует за наблюдательную ночь до 150 прохождений через поле зрения низкоорбитальных ИСЗ. Средняя внутренняя точность астрометрических координат для одного кадра поперек траектории составляет 1".02, вдоль траектории - 6".86.

НОВЫЕ ДВУХКАНАЛЬНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯРИМЕТРЫ ДЛЯ ТЕЛЕСКОПА ЗТШ 2.6М КРЫМСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ И 2 М ZEISS RCC ТЕЛЕСКОПА ОБСЕРВАТОРИИ НА ПИКЕ ТЕРСКОЛ: КОНСТРУКЦИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Н. В. Карпов^{1,2}, Д.Н. Шаховской³, Н.Н. Киселев^{3,4}, А.В. Долгополов³, К.А. Антонюк³, В.К. Розенбуш^{4,5}, Ю.С. Иванов^{1,4}, В.К. Тарадий^{1,2}, С.Н. Колесников⁶

Мы представляем идентичные двухканальные фотоэлектрические поляриметры, которые созданы для 2.6 м ЗТШ телескопа Крымской астрофизической обсерватории и 2-м телескопа обсерватории на пике Терскол. Поляриметры разработаны для измерений с высокой точностью и эффективностью параметров Стокса как от точечных, так и протяженных объектов размерами до 30 угл. секунд одновременно в двух фотометрических полосах. В красном канале установлен охлаждаемый ФЭУ НАМАМАТСУ- R943-02, который обеспечивает измерения в UBVR_I полосах, в то же время в синем канале ФЭУ ЕМІ 9502В измеряет поляризацию в UB_V полосах. Наблюдения звезд – стандартов с малой и большой степенью поляризации показали очень малую инструментальную поляризацию (менее 0.02%) и стабильность в различные периоды наблюдений. Результаты первых наблюдений спутников Юпитера, комет и астероидов на поляриметрах в период апрель 2018 – март 2019 представлены в работе.

NEW TWO-CHANNEL PHOTOELECTRIC POLARIMETERS OF THE 2.6M ZTSH TELESCOPE OF THE CRIMEAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY AND 2M ZEISS RCC TELESCOPE OF THE PIK TERSKOL OBSERVATORY: DESIGN AND RESULTS OF THE FIRST OBSERVATIONS

N. Karpov^{1,2} in collaboration with

D. Shakhovskoj³, N. Kiselev^{3,4}, V. Dolgoplov³, K. Antoniuk³, V. Rosenbush^{4,5}, Yu. Ivanov^{1,4}, V. Taradiy^{1,2}, S. Kolesnikov⁶

¹ International Center for Astronomical, Medical and Ecological Research of the NASU, Ukraine; ² Terskol Branch of INASAN of RAS; ³ Crimean Astrophysical Observatory, Nauchnij, Crimea; ⁴ Main Astronomical Observatory of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁵ Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine ; ⁶ Astronomical Observatory of Odessa I. I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine

We present two identical two-channel photoelectric polarimeters designed for the 2.6m ZTSH telescope of the Crimean Astrophysical Observatory and 2m RCC telescope of the Pik Terskol Observatory. These polarimeters are designed to measure with a high accuracy and efficiency of the Stokes parameters of optical radiation of point astrophysical objects and extended objects with a size up to 30 angular seconds simultaneously in two photometric bands. A cooled photomultiplier HAMAMATSU- R943-02 is used in the red channel that provides the

polarization measurements in the UBVRI photometric bands, whereas a photomultiplier EMI 9502B is used in the blue channel providing the measurements of polarization in the UBV bands. Observations of polarimetric standard stars with a small and large degree of polarization showed very small instrumental polarization (less than 0.02%) and stable in different periods of observations. The first observations of the satellites of Jupiter and comets carried out with these polarimeters in the period April 2018 – March 2019 will be discussed.

ФОТОМЕТРИЯ ИСЗ НА ММТ-9 В ТЕЧЕНИЕ ПЯТИ ЛЕТ

Каткова Е.В.¹, Бескин Г.М.^{2,4}, Бирюков А.В.⁴, Бондарь С.Ф.¹, Давыдов Д.В.⁵, Иванов Е.А.¹, Карпов С.В.^{2,4}, Орехова Н.В.¹, Перков А.В.^{1,3}, Сасюк В.В.^{3,4}

¹НПК СПП СОН «Архыз», ²САО РАН, ³ООО «Параллакс», ⁴Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, ⁵АО «АИЦ»

E-mail: mmt.satellite@yandex.ru

С 2014 года проводится эксплуатация 9-канальной системы высокого временного разрешения Mini-MegaTORTORA (ММТ-9), принадлежащей Казанскому Федеральному Университету, и пополняется база данных фотометрических характеристик измеренных спутников: <http://mmt9.ru/satellites>. На данный момент в базе содержится информация более чем по 6000 ИСЗ. В докладе представлены данные о темпах пополнения базы данных, рассматриваются наиболее интересные в фотометрическом смысле группировки спутников.

PHOTOMETRY OF ARTIFICIAL SATELLITES ON MMT-9 DURING FIVE LAST YEARS

Katkova E.V.¹, Beskin G.M.^{2,4}, Biryukov A.V.⁴, Bondar S.F.¹, Davydov D.V.⁵, Ivanov E.A.¹, Karpov S.V.^{2,4}, Orekhova N.V.¹, Perkov A.V.^{1,3}, Sasyuk V.V.^{3,4}

¹OJS RPC PSI, OOS “Arkhyz”, ²SAO RAS, ³“Parallax” Enterprise, ⁴Kazan Federal University

E-mail: mmt.satellite@yandex.ru

Since 2014 we operate 9-channel Mini-MegaTORTORA (MMT-9) wide-field monitoring system with high temporal resolution, belonging to Kazan Federal University, and populate the database of photometric characteristics of artificial satellites it detected. The database is publicly available at <http://mmt9.ru/satellites> and contains the information on more than 6000 satellites. Here we discuss the rate of increase of information in the database, and present the groups of satellites most interesting by their photometric properties.

НАБЛЮДЕНИЕ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА И АСТЕРОИДОВ В ОБСЕРВАТОРИИ КОСАЛА АСТРОНОМИЧЕСКОГО ЦЕНТРА АУС

Т.Н. Кокина, Д. А. Мендоса, Р. Селая, Е.Д. Кокина,

Центр Астрономии Автономного Университета Синалоа, Мексика.

И.Е. Молотов, ИПМ им М.В. Келдыша РАН, ГАО РАН

В Автономном Университете Синалоа (УАС) продолжает работу Центр Астрономии. Вблизи города Косала на высоте 600 м регулярно работает астрономическая обсерватория ЦААУС, которая принимает активное участие в наблюдениях международной сети НСОИ АФН/ISON. В мае 2012 в павильоне с откатной крышей был установлен 25см телескоп ОРИ-25. За 7 лет работы были выполнены наблюдения в течение 877 ночей, в результате которых было получено 1 057 363 измерений по объектам космического мусора и спутникам на высоких орбитах. Обсерватория Косала приняла

активное участие в обнаружение 19 некаталогизированных объектов. Выполнения работы по нахождению 24 потерянных объектов.

Наблюдения на ОРИ-25 проводятся автоматически в обзорном режиме. Полученные измерения поступают в базу данных ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, где исполуются для прогноза опасных ситуаций со спутниками российской и мексиканской орбитальной группировки.

В 2018 поставили и начал работать телескоп ТАЛ -250К в режиме ЦУ ГСО/ВЭО.

THE OBSERVATION OF SPACE JUNK AND ASTEROIDS AT THE OBSERVATORY COSALA ASTRONOMICAL CENTER AUS

T.N. Kokina, D. A. Mendoza, R. Celaya, E. D. Kokina, Center for Astronomy, Autonomous University of Sinaloa, Mexico.

I.E. Molotov, IMP named MV Keldysh RAS, GAO RAS.

At the Autonomous University of Sinaloa (UAS), the Astronomy Center continues working. The astronomical observatory TSAAUS regularly operates at the altitude of 600 m near the city of Cosala, which takes an active part in the observations of the international network NSOI AFS/ISON. In May 2012, in the pavilion with a retractable roof, the 25 cm telescope ORI-25 was installed. Over 7 years of work, there were made 877 nights observations, as a result 1,057,363 measurements were obtained for space junk objects and satellites in high orbits. Cosala Observatory took an active part in the discovery of 19 non-cataloged objects. Perform work on finding 24 lost objects.

Observations at the ORI-25 are carried out automatically in a viewing mode. The obtained measurements are transferred to the IPM database. Mv Keldysh RAS, where they are used to predict dangerous situations with satellites of the Russian and Mexican orbital grouping.

In 2018, the 25 cm telescope TAL-250K was installed and started to operate in the CGU GSO/VEO mode.

RESULTS OF PARTICIPATION OF THE ASTRONOMICAL CENTER OF THE AUTONOMOUS UNIVERSITY OF SINALOA IN THE EXPLORATION OF SPACE DEBRIS IN THE FRAME OF THE INTERNATIONAL NETWORK OF OPTICAL OBSERVATIONS (SCIENTIFIC NETWORK OF OPTICAL INSTRUMENTS FOR ASTROMETRIC AND PHOTOMETRIC OBSERVATIONS)

T. N. Kokina, D. A. Mendoza, R. Celaya, E. D. Kokina, The Astronómica Center of the Autonomous University of Sinaloa, Mexico.

I. E. Molotov, Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS.

The astronomical center of the Autonomous University of Sinaloa (AUS) continues working. Near Cosala at altitude of 600 m the astronomical observatory takes active part in observations of international network ISON. In the astronomical pavilion with the movable roof 25-cm telescope ORI-25 started working in May, 2012. During 5 years the observations were made for 600 nights, 767 559 measurements. The astronomical center studied of space debris and satellites in high orbit. The Astronomical Center carried out detecting 16 not-cataloged objects. In work progress 6 lost objects were detected.

Obtained measurements are supplied to the database of Keldysh Institute of Applied Mathematics Russian Academy of Sciences for prediction of dangerous proximities with satellites.

ПРОЕКТНЫЙ ОБЛИК КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТИПА 1I/2017 U1, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ СОЛНЕЧНУЮ СИСТЕМУ

Т.Ш. Комбаев

Филиал АО «НПО Лавочкина» г. Калуга, Россия, г. Калуга

E-mail: kombaew@ya.ru

В 2017 году был обнаружен первый межзвёздный объект 1I/2017 U1, пролетающий через Солнечную систему. Объект имеет гиперболический избыток скорости более 26 км/с, прошёл перигелий на расстоянии 0,255 а.е. от Солнца и в настоящее время удаляется по гиперболической траектории. Объекты такого типа представляют особый интерес для фундаментальных научных исследований. Одним из инструментов исследования таких объектов могут быть автоматические космические аппараты, пролетающие в непосредственной близости от них. Разработанные в настоящее время космические аппараты для исследования малых тел Солнечной системы не обладают необходимыми характеристиками для сближения с такими объектами, движущимися по гиперболическим траекториям, и как следствие, на больших скоростях. В настоящей работе исследуется возможность создания космического аппарата для исследования межзвёздных объектов, пролетающих через Солнечную систему. Рассмотрены несколько типов автоматических космических аппаратов, как на основе существующих электроракетных двигателей, так и на основе перспективной технологии - магнитного паруса на основе высокотемпературных сверхпроводников.

THE DESIGN OF THE SPACECRAFT FOR EXPLORATION OBJECTS OF TYPE 1I/2017 U1 PASSING THROUGH THE SOLAR SYSTEM

T.S. Kombaev

Branch of the Lavochkin Association, Russia, Kaluga

E-mail: kombaew@ya.ru

The first interstellar object 1I/2017 U1 passing through the Solar System was detected in 2017. The object has a hyperbolic excess velocity of more than 26 km/s, it passed perihelion at a distance of 0.255 AU from the Sun and is currently moving along a hyperbolic trajectory. This type objects are of particular interest for fundamental space research. One of the research tools of such objects can be automatic spacecraft flying in close proximity to them. The spacecraft, developed at the present time, for exploration of small bodies of the Solar System do not have the necessary technical specifications to transfer for close approach orbital trajectories with such objects, because these objects have hyperbolic trajectories and, as a result, high velocities. This paper assesses the possibility of building a spacecraft for exploration of interstellar objects passing through the Solar System. Several types of automatic spacecraft are considered, both on the basis of existing electric propulsion system, and on the basis of advanced technology - magnetic sail based on high-temperature superconductors.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ БЛЕСКА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ОБСЕРВАТОРИИ САНГЛОХ

Кохирова Г.И.¹, Бахтигараев Н.С.², Левкина П.А.², Чазов В.В.³, Хамроев У.Х.³

¹Институт астрофизики АН Республики Таджикистан (ИА АН РТ), г. Душанбе, Республика Таджикистан, kokhirova2004@mail.ru

²Институт астрономии Российской академии наук, г. Москва, Россия, nail@inasan.ru

³Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, vadimchazov@yandex.ru

Вариации блеска фрагментов космического мусора (КМ) являются важным инструментом для определения их физических характеристик. Обнаружение закономерностей вращательного движения позволяет уточнять долгосрочную эволюцию орбит КМ. В августе 2019 г. в Международной астрономической обсерватории Санглох Института астрофизики АН РТ были продолжены наблюдения Сирио-1 № 1977-080А, Fengyun 2D Deb № 2006-053D и нескольких объектов КМ с большим отношением площади миделевого сечения к массе. Приводятся кривые блеска, выявленные особенности зависимости блеска от фазового угла, периоды изменения блеска наблюдаемых объектов.

FEATURES OF SPACE DEBRIS BRIGHTNESS VARIATIONS USING MEASUREMENTS AT THE SANGLOKH OBSERVATORY

Kokhirova G.I.¹, Bakhtigaraev N.S.², Levkina P.A.², Chazov V.V.³, Hamroev U.H.¹

¹Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, kokhirova2004@mail.ru

²Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. nail@inasan.ru.

³Lomonosov Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia
E-mail: vadimchazov@yandex.ru

The brightness variations of space debris (SD) fragments is an important tool for determining their physical characteristics. Analysis of the mechanism of rotational motion allows us to precise the long-term evolution of the SD orbits. In August 2019 at the International astronomical observatory Sanglokh of the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan were continued observations of Syrio-1 № 1977-080A, Fengyun 2D Deb № 2006-053D and some objects with a high area-to-mass ratio. The light curves, features of the relation of brightness – phase angle, periods of brightness variations of the observed objects, are given in the article.

НАБЛЮДЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ФРАГМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ТЕРСКОЛЬСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В 2018-2019 ГГ

Левкина П.А.¹, Бахтигараев Н.С.¹, Рыхлова Л.В.¹, Горишков А.П.³, Сергеев А.В.^{2,3}, Карпов Н.В.^{2,3}, Чазов В.В.⁴

¹Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия, ayvazovskaya@inasan.ru

²Международный центр астрономических и медико-экологических исследований, Киев, Украина

³Терскольский филиал Института астрономии Российской академии наук, Терскол, Россия

⁴Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия

В рамках международной программы «Астрономия в Приэльбрусье» на наблюдательном комплексе телескопа Zeiss-2000 Терскольской обсерватории осуществляются исследования заселённости геостационарной зоны малоразмерными объектами космического мусора (КМ) при помощи оптических измерений. Во время наблюдений в фотометрические ночи обнаруживаются 4-5 ранее не наблюдавшихся фрагментов от 17-й до 21-й звёздной величины. В данной работе приводятся параметры орбит и физические характеристики нескольких малоразмерных фрагментов КМ, обнаруженных при наблюдениях в Терскольской обсерватории в 2018-2019 гг.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-6640.2018.2).

OBSERVATIONS OF SMALL FRAGMENTS OF SPACE DEBRIS AT THE TERSKOL OBSERVATORY IN 2018-2019

*Levkina P.A.¹, Bakhtigaraev N.S.¹, Rykhlova L.V.¹, Gorshkov A.P.³, Sergeev A.V.^{2,3},
Karpov N.V.^{2,3}, Chazov V.V.⁴*

¹Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
ayvazovskaya@inasan.ru,

²International Center for Astronomical, Medical and Ecological Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

³Terskol branch of the Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences,
Terskol, Russia

⁴Sternberg Astronomical Institute of Moscow State University, Moscow, Russia

The population of the small-sized space debris on geostationary region are studied using the telescope Zeiss-2000 of the Terskol observatory within the framework of the international program «Astronomy in the Elbrus region». During observations in photometric nights 4-5 previously not observed fragments from the 17th to the 21st magnitude are found. This paper presents the parameters of the orbits and physical characteristics of some small fragments detected during observations at the Terskol observatory in 2018-2019.

This work was supported by a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists (МК-6640.2018.2).

ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ОРБИТАЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОБЪЕКТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Левкина П.А., Чувашов И.Н.

Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

E-mail: ayvazovskaya@inasan.ru

В работе рассматривается орбитальная эволюция объектов космического мусора на длительных интервалах времени. Особенностью этих объектов является наличие у них большого отношения площади миделевого сечения к массе – коэффициента парусности. Из-за длительного воздействия светового давления орбитальные параметры таких объектов меняются достаточно быстро, значение эксцентриситета возрастает, и орбита из круговой превращается в вытянутую эллиптическую. Это может приводить к появлению столкновительных траекторий с действующими спутниками или столкновению с другими объектами космического мусора.

На данный момент для некоторых таких объектов собран большой наблюдательный материал, который позволяет получить не только орбиту, но и построить модель светового давления. Обработка наблюдений, полученных на длительных интервалах времени, выявляет динамику изменения орбитальных параметров объектов, вызванную

световым давлением. Анализ эволюции показывает, что со временем орбиты таких объектов начнут пересекать орбиты действующих спутников Земли.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-6640.2018.2).

LONG-TERM ORBITAL EVOLUTION OF SPACE DEBRIS OBJECTS

Levkina P.A., Chuvashov I.N.

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

E-mail: ayvazovskaya@inasan.ru

The paper considers the orbital evolution of space debris objects over long time intervals. A feature of these objects is the presence of the high area-to-mass ratio. Due to the prolonged exposure of light pressure, the orbital parameters of such objects change quite quickly, the value of the eccentricity increases, and the orbit from a circular one turns into an extracted elliptical. This can lead to collision trajectories with active satellites or collision with other space debris objects.

At the moment, a large observational material has been obtained for some of these objects, which allows us to obtain not only an orbit, but also to develop a model of light pressure. Processing of observations obtained over long time intervals reveals the dynamics of changes in the orbital parameters of objects caused by light pressure. An analysis of evolution shows that over time, the orbits of such objects will begin to cross the orbits of the active satellites of the Earth.

This work was supported by a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists (МК-6640.2018.2).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ БЛЕСКА ИСКУССТВЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Матвеева С.Н.

Лаборатория космической информатики НИУ МФТИ, Москва, Россия

matveeva.sn@phystech.edu

В данной работе рассматриваются проблемы численного моделирования кривых блеска космических объектов (как ИСЗ, так и космического мусора) в видимом спектре. Процесс моделирования разбивается на несколько стадий, для каждой из которых выбираются свои инструменты и решения. В качестве моделируемых объектов рассматриваются различные ИСЗ, как действующие, так и находящиеся в свободном движении. Анализируется проблематика проведения моделирования кривых блеска для объектов, принадлежащих различным орбитам. Проводится сравнение смоделированных и реальных данных кривых блеска.

In this paper, we consider the problems of numerical modeling of the light curves of space objects (both satellites and space debris) in the visible spectrum. The modeling process is divided into several stages, for each of which its own tools and solutions are selected. As simulated objects, various satellites are considered, both active and in free movement. The problems of modeling light curves for objects belonging to different orbits are analyzed. The simulated and real data of the light curves are compared.

ФРАКТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ПОТОКОВ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А. В. Мышев

Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ) – Обнинский институт атомной энергетики (ИАТЭ), Обнинск, Россия,

E-mail: mishev@iate.obninsk.ru

В работе рассматриваются новые подходы к построению моделей и логических схем алгоритмов и процедур информационных технологий обработки, анализа и классификации больших потоков астрономических данных об орбитах и траекториях малых тел. Методология построения таких моделей и схем основана на построении оценок критериев близости и связанности орбит и траекторий в пространстве возможных состояний с помощью соответствующего математического аппарата фрактальных размерностей. Логическая, алгоритмическая и содержательная сущности методов и технологий фрактальной парадигмы заключаются, во-первых, в обработке и анализе потока данных орбит и траекторий с тем, чтобы определить, образует ли он фрактальную структуру (если да, то необходимо определить центры фрактальной связанности потока и получить оценки индекса информационной связанности орбит или траекторий), во-вторых, в выделении монофрактальных структур в потоке и классификации их по признаку принадлежности к классам перколирующего фрактала или фрактального агрегата. Фрактальная парадигма в методологии разработки и реализации информационных технологий обработки, анализа и классификации больших потоков данных в отличие от традиционных методов и способов позволяет учитывать как свойства регулярности и нерегулярности структуры пространства состояний информационной шкалы данных потока, так и их динамическую и информационную связанность.

Рассматриваемые в работе логические схемы алгоритмов и процедур технологий обработки, анализа и классификации больших потоков данных построены на основе теории фрактальных размерностей пространственных и временных структур, алгоритмическая и содержательная сущность которых заключается в следующем. Во-первых, обработка потока данных состоит в том, чтобы определить: образует ли он фрактальную структуру? Если да, то определить центры фрактальной связанности потока данных и получить оценки индекса информационной связанности. Во-вторых, алгоритмы и процедуры технологий анализа и классификации обработанного потока позволяют выделить монофрактальные структуры, если поток образует мультифрактал, и классифицировать их по признаку принадлежности к классам перколирующего фрактала или фрактального агрегата, а также оценить меру расхождения между геометрическими и информационными фрактальными размерностями, как индикатора единства количественных и качественных характеристик потока.

FRactal Methods and Technologies for Processing and Analyzing Large Flows of Astronomical Data

A.V. Myshev

National Research Nuclear University MEPhI (IA TE), Obninsk, Russia,

E-mail: mishev@iate.obninsk.ru

In the paper the fractal paradigm of constructing models and logical schemes of algorithms and procedures for information processing, analysis and classification of large flows of astronomical data on the orbits and trajectories of small bodies is considered. The methodology for constructing such models and schemes is based on the construction of estimates of proximity and connectivity criteria for orbits and trajectories in the space of possible states using the corresponding mathematical apparatus of fractal dimensions. The logical, algorithmic and substantial essence of the fractal paradigm is as follows. First, the processing and analysis of the

data flow of orbits and trajectories is to determine whether it forms a fractal structure? If yes, then determine the centers of fractal connectivity of the flow and obtain estimates of the index of information connectivity of orbits or trajectories. Secondly, isolate the monofractal structures in the flow and classify them according to the attribute of belonging to the classes of a percolating fractal or a fractal aggregate.

БЫСТРАЯ ФОТОМЕТРИЯ КО НА ЦЕЙСС-600.

Плахута А.С., Каткова Е.В., Бондарь С.Ф., Орехова Н.В., Иванов Е.А., Граужанина А.О.

НПК СПП СОН «Архыз

E-mail: zeiss600@yandex.ru

В 2019 году на телескопе Цейсс-600 СОН «Архыз» была реализована возможность быстрой фотометрии высокоорбитальных объектов, имеющих блеск до 15 mag. Фотометрирование производится параллельно с получением угловых координат. Временное разрешение 0.128 секунды позволяет выявлять кратковременные изменения блеска у космических объектов.

В докладе представлены данные о фотометрических характеристиках спутников серий DSP и Canyon, а так же вращающихся объектов космического мусора. Приводится информация о динамике фотометрического периода аварийного КА Intelsat-29e.

FAST PHOTOMETRY OF ARTIFICIAL SATELLITES ON ZEISS-600

Plakhuta A.S., Katkova E.V., Bondar S.F., Orekhova N.V., Ivanov E.A., Grauzhanina A.O.

OJS RPC PSI, OOS «Arkhyz»

E-mail: zeiss600@yandex.ru

In 2019, a possibility to perform the fast photometry of objects with visible magnitudes up to 15 mag traveling in High Earth Orbit, have been introduced using Zeiss-600 instrument belonging to Arkhyz Optical Observation Station. The photometric measurements of the target are carried out in parallel with its angular coordinates' acquisition. The temporal resolution of 0.128 seconds allows to capture short duration variations in the visible magnitude of the target space object.

The report presents obtained photometric profile data on DSP and Canyon series satellites, as well as on tumbling space garbage fragments. There is also an information on the time course of the photometric period of Intelsat-29e spacecraft, which had suffered a malfunction.

ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ И ЛУНЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Н. А. Попандопуло, А. Г. Александрова, Т. В. Бордовицына

НИ ТГУ, г. Томск, Россия

E-mail: nikas.popandopulos@gmail.com, aleksann@sibmail.com, tvbord@sibmail.com

Представлено описание разработанных в НИПММ НИТГУ численных моделей движения искусственных спутников Земли (ИСЗ) и Луны (ИСЛ) и показаны возможности их использования в решении задач спутниковой динамики. Краткое описание последних версий алгоритмов и программ, предназначенных для исследования движения ИСЗ, дано в (Александрова, Бордовицына, Чувашов, 2017). В представляемую здесь версию программы внесено дополнение, которое позволяет одновременно с численным интегрированием

движения в прямоугольных координатах вычислять скорости изменения долготы восходящего узла и долготы перицентра от узла.

Что касается численной модели движения ИСЛ, то это ее первое представление. Программа учитывает возмущения от селено потенциала, Земли и Солнца. В программу внесена возможность вычислять скорости изменения указанных выше долгот. Эти знания необходимы при исследовании вековых резонансов в динамике ИСЗ и ИСЛ.

Обсуждаются примеры применения моделей в задачах динамики ИСЗ и ИСЛ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 19-72-10022.

NUMERICAL MODELS OF MOTION OF ARTIFICIAL SATELLITES OF THE EARTH AND THE MOON AND OPPORTUNITIES FOR THEIR USE

Popandopulo N. A., Alexandrova A. G., Bordovitsyna T. V.

TSU, Tomsk, Russia

E-mail: nikas.popandopulos@gmail.com, aleksann@sibmail.com, tvbord@sibmail.com

A description of the numerical models of the motion of artificial Earth satellites (AES) and of artificial lunar satellites (ALS) developed at the Scientific Research Institute of Applied Mathematics and Mechanics of TSU is given and the possibilities of their use in solving satellite dynamics problems are shown. A brief description of the latest versions of algorithms and programs designed to study the AES motion is given in (Alexandrova, Bordovitsyna, Chuvashov, 2017). An addition is made to the version of the program presented here, which allows simultaneously with the numerical integration of the movement in rectangular coordinates to calculate the rate of change of the longitude of the ascending node and the longitude of the pericenter from the node.

As for the numerical model of the movement of the ALS, this is its first presentation. The program takes into account perturbations from the lunar potential, the Earth, and the Sun. The program includes the calculation of the rate of change of longitudes indicated above. This knowledge is important in the study of secular resonances in the dynamics of the AES and the ALS.

Examples of the application of both models in various problems of the dynamics of the AES and the ALS are discussed.

This work was supported by the Russian Science Foundation (Scientific Project № 19-72-10022).

АНАЛИЗ НЕКООРДИНАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОКОЛОЗЕМНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ НА ДЛИТЕЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛАХ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИЗНАКОВ СОСТОЯНИЯ ЭТИХ ОБЪЕКТОВ

Саква Н. В.

Акционерное Общество "Астрономический Научный Центр", Москва, Россия

E-mail: nick@sakva.ru

В ходе ежедневного контроля околоземного космического пространства наземными телескопами производятся тысячи измерений координат космических объектов. Помимо координат эти измерения включают яркости наблюдаемых объектов, хотя определение яркости осуществляется с не слишком высокой точностью. Показано, что на основе обработки массивов данных фотометрической информации за длительный период (2013-2019 годы), полученных в ходе координатных измерений (с невысокой точностью определения яркости) можно оценить ряд параметров околоземных космических объектов. Предложены методы для анализа такой информации. Предложенные методы

были использованы для анализа как действующих, так и выведенных из эксплуатации космических аппаратов, а также космического мусора. При этом учитывается освещение объектов прямым солнечным излучением и светом, отраженным от Земли. Рассмотрено влияние эффектов зеркальности, отражения уголковыми отражателями и крупногабаритными решетчатыми конструкциями.

С помощью этих методов в ряде случаев удастся оценить размеры, оптические характеристики покрытий, характер стабилизации, ориентацию и кинематику наблюдаемых объектов и их крупных составляющих частей (антенн, панелей солнечных батарей и т.п.). Эти данные могут быть востребованы, например, при аварийных и нештатных ситуациях с космическими аппаратами. Также предложенные подходы могут быть использованы для классификации космических объектов в автоматическом и/или автоматизированном режиме при создании каталога некоординатных свойств наблюдаемых космических объектов.

NEAR-EARTH SPACE OBJECTS NON-COORDINATE LONG-TERM DATA ANALYSIS FOR ESTIMATION OF OBJECTS PROPERTIES AND CONDITIONS

Sakva Nikolay

Astronomical Research Center, Moscow, Russia. E-mail: nick@sakva.ru

Daily sky control provides a lot of measurements of space objects positions. Object brightness also measured though with low precision. It is possible to estimate some parameters of near-Earth space objects with analysis of large long-term (2013-2018) data arrays obtained while coordinate (low brightness precision) measurements. Methods for analysis of this information are proposed. Direct solar light and solar light reflected from Earth are considered. Reflection effects of corner reflectors and large lattice antennas are described.

The proposed methods were used for analysis of photometric data operational and decommissioned satellites and space debris. Estimation of dimensions, optical characteristics, stabilization, attitude and cinematics of the observed objects and their parts (antennas, solar panels, etc.) is possible with the proposed methods. These data are important while failures and accidents with “non-cooperative” space vehicles. Also the proposed approaches may be used for classification of observed space objects in an automated mode to create a catalog of non-coordinate characteristics of observed space objects.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТАЛОННЫХ СПУТНИКОВ

Соколов И. С.

Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), ПАО «МАК «Вымпел»

E-mail: vansokol@mail.ru

Высокоточные измерения движения космических объектов необходимы для решения многих научных и прикладных задач: исследования моделей влияния атмосферы на торможение спутников и их совершенствование, повышение точности работы навигационных спутниковых систем, предупреждения с высокой точностью опасных сближений космических объектов и других.

Оптические телескопы обладают принципиальной возможностью получать угловые измерения положений космических объектов с высокой точностью, однако иногда возникают систематические и аномальные ошибки. Для повышения достоверности оптических измерений необходим регулярный контроль их качества. Контроль случайной составляющей ошибки и выявление аномальных измерений можно проводить автономно,

а систематическая составляющая ошибок не может контролироваться без привлечения внешних данных.

Таковыми данными являются лазерные измерения дальности международной лазерной сети ILRS, имеющие сантиметровую точность. Для их оперативного использования удалось разработать и программно реализовать алгоритм высокоточного оценивания параметров орбит эталонных спутников по этим данным, опираясь на проведённый количественный анализ физических явлений, вызывающих погрешность модели движения. Разработанный алгоритм обеспечивает прогноз движения объектов на низких орбитах на времена порядка суток с погрешностью не более 1 метра (порядка размера ИСЗ).

RESEARCH OF THE ACCURACY OF MEASUREMENTS OF OPTICAL TELESCOPES USING REFERENCE SATELLITES

Sokolov Ivan Sergeevich

Moscow Institute of Physics and Technology, OJSC «МАК «Вимпел»

E-mail: vansokol@mail.ru

Measurements with high accuracy of the motion of space objects are necessary to solve many scientific and applied problems: researches and improvement of the models of the atmospheric influence on the deceleration of satellites, and enhancement of the accuracy of navigation satellite systems, warnings with high accuracy of dangerous proximity of space objects and others.

Optical telescopes have the fundamental ability to obtain angular measurements of the positions of space objects with high accuracy, but sometimes systematic and anomalous errors occur. To increase the reliability of optical measurements regular monitoring of their quality is needed. The control of the random error component and the detection of anomalous measurements can be carried out autonomously, and the systematic error component cannot be controlled without external data.

Such data are laser range measurements of the International Laser Ranging Service (ILRS), which has centimeter accuracy. It was possible to develop and programmatically implement an algorithm for high-precision estimation of the parameters of the orbits of reference satellites with these data, based on a quantitative analysis of the physical phenomena that cause errors in the motion model. The developed algorithm provides a forecast of the movement of objects in low orbits for times of the order of a day with an error of no more than 1 meter (of the order of the satellite's size).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТЕЛЕСКОПАМИ ПАО "МАК "ВЫМПЕЛ" В 2016-2019 ГОДАХ И МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВШИЕ ЕЁ ПОВЫШЕНИЕ

З.Н. Хуторовский¹, А.П. Лукьянов^{1,2}, В.Д. Шилин¹, А.Е. Колесса^{1,2}, М.Ц. Шпитальник¹, К.В. Сорокин¹

¹ПАО «МАК «Вимпел», ² Московский физико-технический институт (государственный университет)

E-mail: kikkolo@mail.ru

В 2016-2019 годах гражданские измерительные оптические средства различной ведомственной принадлежности, и ПАО «МАК «Вимпел» в том числе, привлекались системой контроля космического пространства (СККП) для решения задачи поддержания каталога КО. Характеристиками качества решения задачи поддержания каталога являются полнота, точность и оперативность. Задачей оптических средств является поддержание этих характеристик на максимально возможном уровне.

В докладе представлены и обсуждаются результаты анализа, включающие оценки эффективности оптических средств различной ведомственной принадлежности. Проводится анализ информационного вклада различных оптических средств в решение конкретных задач СККП и их сопоставление с эффективностью оптических средств ПАО «МАК «Вымпел». Обсуждаются мероприятия, обеспечивающие ее повышение.

ANALYSIS OF CONTRIBUTION OF OPTICAL FACILITIES IN THE WORK OF THE SPACE SURVEILLANCE SYSTEM IN 2016-2017

Z.N. Khutorovsky¹, A.P. Lukyanov^{1, 2}, V.D. Shilin¹, A.E. Kolessa^{1, 2}, M.C. Shpitalnik¹, K.V. Sorokin¹

¹ OJSC “MAK “Vimpel”, ² Moscow Institute of Physics and Technology

E-mail: kikkolo@mail.ru

In 2016-2019, civil measuring optical instruments of various departmental affiliation, including OJSC “MAK “Vimpel”, were involved in solving task of the Space Monitoring System (SMS) - maintaining catalog of space objects. Characteristics of quality of solving the task of maintaining the catalog are completeness, accuracy and efficiency. The task of contributing optical facilities is to maintain these characteristics at the highest possible level.

The report presents and discusses the results of the analysis, including performance evaluations of optical instruments of various departmental affiliation. An analysis of the information contribution is carried out. It includes estimation of information contribution of various optical instruments to the solution of specific problems of the SMS, and its comparison with the contribution of OJSC “MAK “Vimpel” instruments. Discussed activities to ensure its increase.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОРБИТАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО СПЕКТРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Шеменев А.А., Родин А.В.

МФТИ, Москва, Россия

E-mail: shemeneval@gmail.com

В данной работе рассматривается задача восстановления параметров космического объекта по его спектральным и фотометрическим характеристикам. Большое внимание уделяется определению материала поверхности объекта с помощью анализа спектральной информации. Для этого ставится задача создания спектральной библиотеки широко используемых в космической промышленности материалов и синтеза фотометрической системы, оптимальной для определения материала. Библиотека получена с помощью спектрорадиометра ASD FieldSpec® 3 и специально созданной для этого установкой. Проведен анализ спектров и фазовых характеристик образцов. Методом главных компонент удалось понизить размерность исходного признакового пространства и разделить спектры различных материалов в новом пространстве. Аналогичный результат получен с помощью кластерного анализа. Была сформулирована и численно решена задача нахождения оптимальных параметров фотометрической системы. Итогом является алгоритм определения параметров фотометрической системы и таблица результатов работы этого алгоритма для систем из 2, 3 и 5 световых фильтров.

DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF ORBITAL OBJECTS BY SPECTRAL INFORMATION

Shemenyev A.A. Rodin A.V.

MIPT, Moscow, Russia

E-mail: shemenval@gmail.com

In this paper we consider the problem of reconstructing the space object parameters by its spectral and photometric characteristics. Much attention is paid to determining the surface material of an object by analyzing spectral information. For this, the task is to create a spectral library of materials widely used in the space industry and to synthesize a photometric system that is optimal for determining the material. The library was obtained using an ASD FieldSpec® 3 spectroradiometer and a specially designed setup for this. An analysis of the spectra and phase characteristics of the samples was carried out. Principal component analysis could reduce the dimension of the original feature space and separate the spectra of different materials in the new feature space. A similar result was obtained using cluster analysis. The problem of finding the optimal parameters of the photometric system was formulated and numerically solved. The result is an algorithm for determining the parameters of the photometric system and a table of the results of this algorithm for systems of 2, 3 and 5 light filters.

ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА И МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В ОБСЕРВАТОРИИ ISON-КАСТЕЛЬГРАНДЕ

Шмальц Сергей Евгеньевич¹, Молотов Игорь Евгеньевич², Воропаев Виктор Анатольевич³, Грациани Филиппо⁴

¹ ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, Миусская пл. 4, Москва, 125047, Россия, sergiuspro77@gmail.com

² ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, Миусская пл. 4, Москва, 125047, Россия, im62@mail.ru

³ ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, Миусская пл. 4, Москва, 125047, Россия, voropaev@keldysh.ru ⁴ GAUSS S.r.l., Via Sambuca Pistoiese 70, Roma, 00138, Италия, filgraziani@gmail.com

С октября 2017 года в рамках проекта CastelGAUSS – сотрудничество ИПМ РАН, итальянской частной компании GAUSS S.r.l. и коммуны Кастельгранде – введена в эксплуатацию на регулярной основе обсерватория ISON-Кастельгранде в южной Италии. В июне 2018 года обсерватория получила код L28 Центра малых планет (MPC).

Основными направлениями работы обсерватории являются оптические наблюдения искусственных спутников Земли и космического мусора и малых тел Солнечной системы. Проводятся астрометрические и фотометрические наблюдения.

Представлены общие результаты работы, краткосрочные фотометрические характеристики верхних ступеней Falcon 9 R/B и Atlas V Centaur R/B, пост-аварийные фотометрические наблюдения КО ГСО Intelsat 29E, а также метод фотометрии быстровращающихся объектов без использования ПЗС-камеры быстрого считывания.

OPTICAL OBSERVATIONS OF SPACE DEBRIS AND MINOR BODIES OF THE SOLAR SYSTEM AT THE ISON-CASTELGRANDE OBSERVATORY

Schmalz Sergei¹, Molotov Igor², Voropaev Viktor³, Graziani Filippo⁴

¹ KIAM RAS, Miusskaya sq. 4, Moscow, 125047, Russia, sergiuspro77@gmail.com

² KIAM RAS, Miusskaya sq. 4, Moscow, 125047, Russia, im62@mail.ru

³ KIAM RAS, Miusskaya sq. 4, Moscow, 125047, Russia, voropaev@keldysh.ru

⁴ GAUSS S.r.l., Via Sambuca Pistoiese 70, Roma, 00138, Italy, filgraziani@gmail.com

Since October 2017, the ISON-Castelgrande Observatory had started its regular work in South Italy within the scope of the CastelGAUSS Project – a collaboration of KIAM RAS, a private Italian company GAUSS S.r.l. and the comune of Castelgrande. In June 2018 the observatory was assigned the code L28 by the Minor Planet Center (MPC).

Primary fields of the work at the observatory include optical observations of artificial satellites and space debris and of minor bodies of the Solar system. Both astrometric and photometric observations are carried out.

Presented are general results of the work, short-term photometric characteristics of upper stages Falcon 9 R/B and Atlas V Centaur R/B, post-anomaly photometric observations of the GEO satellite Intelsat 29E, as well as a photometry method of fast rotating objects without usage of a fast read-out CCD camera.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПАДЕНИЯ КА TIANGONG-1 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРЫ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Юрасов В.С., Назаренко А.И.

Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения», Москва, Россия

E-mail: vyurasov@mail.ru

Приводятся сравнительные результаты долгосрочного прогнозирования времени существования КА Tiangong-1, полученные с использованием различных методов прогнозирования и моделей атмосферы. В качестве источника орбитальной информации для расчетов использовались TLE данные с сайта JSpOC space-track.org. Эти орбиты рассматривались в качестве измерений при определении сглаженных орбит и соответствующих баллистических коэффициентов, используемых в дальнейшем в качестве начальных условий для расчета времени и места падения КА.

Интегрирование уравнений движения КА осуществлялось численным методом Эверхарта с автоматическим выбором шага интегрирования и универсальным численно-аналитическим методом. Для оценки влияния моделей плотности атмосферы на результаты расчетов использовались три динамические модели: ГОСТ-1984, ГОСТ-2004 и NRLMSIS-00. В этих моделях входными параметрами для расчета плотности атмосферы являются индексы солнечной активности $F_{10.7}$ и геомагнитной возмущенности $K_p(A_p)$. В качестве источника этих гелиогеомагнитных данных был выбран web-сайт celestrak.com.

Расчеты по КА Tiangong-1 проводились, начиная с пятимесячного интервала до его падения, в режиме времени близком к реальному. Результаты расчетов публиковались с определенной периодичностью в бюллетенях в Интернете и рассылались по электронной почте.

REENTRY TIME EVALUATION FOR TIANGONG-1 SPACECRAFT USING DIFFERENT ATMOSPHERE MODELS AND PREDICTION METHODS

Yurasov V.S., Nazarenko A.I.

Stock Company Research-and-Production Corporation

“Precision Systems and Instruments”, Moscow, Russia

E-mail: vyurasov@mail.ru

The results of the long-term reentry prediction for Tiangong-1 spacecraft are presented in this paper. These results were obtained using different atmosphere models and satellite prediction methods. JSpOC's space-track.org site was used as the source of TLE orbital data. These orbits were considered as the measurements for determination of smoothed orbits and appropriate ballistic coefficients that were used as initial data for reentry time calculation.

The satellite motion predictions were produced using the Everhart numerical method and universal semi-analytical method. Three dynamic atmospheric models such as GOST-84, GOST-2004 and NRLMSIS-00 were used to estimate their influence on the results. $F_{10.7}$ solar activity and $K_p(A_p)$ geomagnetic indices are considered as input parameters for these models. Celestrak.com web-site was used as the source for these indices.

Reentry predictions for Tiangong-1 spacecraft were executed in the near real-time mode starting with five-month interval before its decay. The results have been published in the Internet bulletins and posted via e-mail with certain periodicity.

СЕКЦИЯ 5. КОСМИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ

ASTROPHOTOGRAPHY AND SKY SURVEYS

R. Hudec (1,2,3)

(1) Czech Technical University in Prague, FEL, Technicka 2, 160 00 Praha 6, Czech Republic (hudecren@fel.cvut.cz)

(2) Astronomical Institute AV CR, CZ-251 65 Ondrejov, Czech Republic

(3) Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

In this contribution I describe the current status of the efforts to digitize the archives of astronomical photographic plates and negatives worldwide in order to allow effective data mining and scientific analyses in these databases for the first time.

I have visited and investigated numerous (nearly 70) worlds photographic astronomical archives with glass plates (and in smaller extend plastic negatives). My recent estimate is that there are more than 10 million astronomical negatives (on glass and/or plastic substrates) worldwide (Hudec, 2018).

Albeit stellar fields represent the dominant fraction of these databases, there are also numerous collections with images of Sun, planets, and other solar system bodies.

The digital historical astronomical data represents unique and valuable addition to the recent (and future) sky surveys performed by modern methods. Most important is the extension of the time coverage to the history, as with astronomical plates one can easily achieve the time coverage of 100 or even more years, i.e. significantly more than modern surveys based on electronics receptors.

There are two recent essential and major plate scanning projects, both accompanied by automated data analyses pipelines, namely the DASCH in the USA (Harvard plates, <http://dasch.rc.fas.harvard.edu/project.php>, current status 361 000 digitized plates), and APPLAUSE in Germany (Bamberg, Hamburg, and Potsdam plates, in total 85 000, <https://www.plate-archive.org/applause/>). Also the Sonneberg plate collection (250 000 plates) was fully digitized. In addition to that, about 50 000 plates from different observatories in Europe, USA, Mexico, and China with various targets were digitized by my team with transportable device based on digital camera.

I have found that archives with photographic Moon images are very rare as most of collections focus on stars, Sun, and planets. I note that major photographic plate collection with Moon images is located at the Engelhardt astronomical observatory (Nefedyev et al., 2016).

[1] R. Hudec, Astrophysics with digitized astronomical plate archives *Astronomische Nachrichten*, Volume 339, Issue 5, pp. 408-411, 2018

[2] Y.A.Nefedyev, N.Y.Demina, A.O.Andreev, Ground-based and space photographs of the Moon: production, reduction, storage. *Proceedings ASTROPLATE2016*, Prague, in press, 2016.

СОВРЕМЕННЫЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КАЗАНСКОЙ АСТРОНОМИИ

Бикмаев И.Ф.

Казанский федеральный университет, Казань, Россия,

E-mail: ibikmaev@yandex.ru

Экспериментальная база казанской астрономии размещена на нескольких наблюдательных площадках. В частности, на территории загородной Астрономической Обсерватории им. Энгельгардта в 2013 году был построен Планетарий КФУ, оснащенный телескопами с диаметрами зеркал от 10 до 50 см. Еще в 1974 году на Северном Кавказе (близ 6-м телескопа БТА Специальной астрофизической обсерватории РАН) была создана Северо-Кавказская астрономическая станция Казанского университета. Рядом со SKAS и БТА совместно установлена система MiniMegaTortorra, состоящая из 9-ти небольших телескопов с общим полем зрения 900 квадратных градусов, предназначенная для регистрации быстропротекающих процессов в ближнем и дальнем космосе. В 1995-2000 гг. в горах на юге Турции на территории Национальной обсерватории ТЮБИТАК был установлен телескоп Казанского университета с диаметром главного зеркала 150 см. Он оснащен современным научным оборудованием - благодаря включению его в международный проект РТТ-150 с участием Казанского университета, Академии наук РТ, Института космических исследований РАН, Национальной обсерватории ТЮБИТАК. С помощью телескопа РТТ-150 у Казанского университета появилась возможность участвовать в программах по наземной поддержке космических орбитальных обсерваторий (INTEGRAL, SWIFT, Chandra, Planck). 13-го июля 2019 года с космодрома Байконур была запущена российская орбитальная обсерватория (с участием Германии) "Спектр-Рентген-Гамма". С помощью двух рентгеновских телескопов - eRosita (Германия) и ART-XC(Россия), эта космическая обсерватория сможет обнаружить в ближайшие годы огромное количество новых рентгеновских источников во Вселенной - аккрецирующих нейтронных звезд, сверхмассивных черных дыр, массивных скоплений галактик. С помощью Российско-Турецкого телескопа РТТ-150 астрономы КФУ будут выполнять работу по оптическому отождествлению и исследованию новых рентгеновских источников, обнаруживаемых СРГ.

MODERN OBSERVATIONAL FACILITIES OF THE KAZAN ASTRONOMY

Bikmaev I. F.

Kazan Federal University, Kazan, Russia,

E-mail: ibikmaev@yandex.ru

The experimental base of the Kazan astronomy hosted by multiple observational sites. In particular, on the territory of the Engelhardt Astronomical Observatory the Planetarium of Kazan Federal University was built in 2013, equipped with telescopes with diameters of mirrors from 10 cm to 50 cm. Back in 1974, the North Caucasian astronomical station of Kazan University was established in the North Caucasus (near the 6-m BTA telescope of the Special astrophysical Observatory of the RAS). Near to SKAS and BTA "MiniMegaTortorra" telescopic system is installed, consisting of 9 small telescopes with a total field of view of 900 square degrees, designed for detection of fast processes in the near and distant space. In 1995-2000, an optical telescope of Kazan University with a diameter of the main mirror of 150 cm was installed in the mountains in the South of Turkey on the territory of the TUBITAK National Observatory. Telescope is equipped with modern research equipment and being included in the international project RTT-150 with the participations of Kazan University, the Tatarstan Academy of Sciences, Space research Institute of Russian Academy of Sciences, TUBITAK National Observatory. With the help of the RTT-150 telescope Kazan University has an

opportunity to participate in programs for ground support of space orbital observatories (INTEGRAL, SWIFT, Chandra, Planck).

On July 13, 2019, the Russian orbital Observatory (with the participation of Germany) "Spectrum-X-ray-Gamma" (SRG) was launched from the Baikonur cosmodrome. With the help of two X-ray telescopes - eRosita (Germany) and ART-XC (Russia), this space Observatory will be able to detect in the coming years a huge number of new X-ray sources in the Universe - accreting neutron stars, supermassive black holes, massive clusters of galaxies. Using the Russian-Turkish RTT-150 telescope, KFU astronomers will carry out works on optical identifications and investigations of the new X-ray sources discovered by SRG satellite.

ФИРМА ТРЫНДИНЫХ В ИСТОРИИ РОССИЙСКОЙ АСТРОНОМИИ

С.Г. Морозова, Е.Н. Трындин

Политехнический музей, Москва, Россия

E-mail: entryndin@polytech.one

Представлена история и деятельность семейной фирмы Трындиных в Москве являющаяся выдающимся примером участия предпринимателей в развитии и распространении техники для астрофизических исследований, в продвижении астрономических знаний в России.

Основание фирмы относится к концу XVIII в. К 1820 г. фирма наладила производство простейших астрономических приборов. К середине XIX в. фирма Трындиных стала крупным оптическим предприятием в Москве и участвовала в большинстве российских выставок. С 80-х годов XIX в. среди продаваемых фирмой астрономических инструментов – астролябий, солнечных часов, секстантов, октантов и т.п. появляются телескопы. Фирма тесно сотрудничала с астрономами В.К. Цераским и П.К. Штернбергом, под руководством которых было разработано несколько конструкций штативов для телескопов и освоено их производство. В 1885 г. в здании фирмы была оборудована общедоступная астрономическая обсерватория, переданная в 1909 г. в безвозмездное пользование Московскому кружку любителей астрономии (МКЛА). После революции обсерватория до 1998 г. принадлежала Московскому государственному педагогическому институту (МГПИ).

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ ХЯКУТАКЭ (C/1996 B2 HYAKUTAKE) В ЗВЕНИГОРОДСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

М.Д. Сизова, С.В. Верецагин, Б.М. Шустов, Н.В. Чупина, А.П. Еришова, В.П. Осипенко
ИНАСАН

Представлены ранее неопубликованные результаты фотографических наблюдений кометы Хякутакэ (C/1996 B2). Наблюдения проведены на астрографе Цейсс-400 Звенигородской обсерватории Института астрономии РАН (ИНАСАН). Получены 28 изображений за период с 14.03.1996 по 15.04.1996. Оцифрованные изображения находятся в открытом доступе. На многих изображениях хорошо различимы мелкие детали хвоста и комы кометы, причем отмечаются проявления газодинамической активности кометы (возмущения плотности, отрыв фрагмента и т.д.). Сделаны оценки размеров кометы, скорости истечения вещества из ядра (комы), размеров пылевых частиц и других параметров. Размеры изображения (хвоста) кометы на снимке 09.04.1996 достигают 5° (на пластинке - 18 см), что соответствует длине хвоста кометы 55.3 млн. км. Видимый диаметр комы на 23:42:00 UT 25.03.1996 составил 54 тыс. км. Скорость истечения вещества комы на начальном этапе появления хвоста составила не менее 151 м/с, что согласуется с моделями пыли размерами в диапазоне 1 мкм – 1 мм. На более поздней стадии (с 9 на 10 апреля 1996 г) хорошо заметный газовый фрагмент хвоста мог двигаться со скоростью в несколько десятков км/с.

О РОЛИ ДИЛЕТАНТОВ В РАЗВИТИИ НАУКИ (ОТ ГЕРШЕЛЯ ДО ФРЕДЕРИКСА)

Сонин Геннадий Владимирович, Петрова Римма Даниловна

Казанский Федеральный университет. Геологический музей

E-mail: g_sonin@mail.ru; Rimma.Petrova@kpfu.ru

Выпускник Казанского Императорского университета 1913 г барон Фредерикс был незаурядным человеком. Он был не только специалистом в стратиграфии и палеонтологии верхнего палеозоя, но и открыл надвиги и шарьяжные структуры альпийского типа на Урале. Оболочки в недрах Земли, открытые сейсмологами, он рассматривал как подтверждение гипотезы всеобщего распада первоэлемента Pt - протокосмия, который сохранился в ядре Земли и рождает не только известные урановый, актино-урановый и радиевый ряды, но и все прочие элементы таблицы Менделеева.

Его публикации 1924-28 гг. поддерживались учеными, и гипотеза вошла в учебники геологии (Д.И.Мушкетов, 1934) как начало новой эпохи в энергетике Земли и планет. За рубежом аналогичную идею «первоатома» аббат Жорж Леметр предложил в 1927-31 гг., и отрицание ее А.Эйнштейном проигнорировал.

Георгий Гамов вначале склонялся к такой же мысли, но высокие температуры Большого взрыва не обеспечивают сохранность ядер тяжелее гелия и лития. Так идея всеобщего распада материи начала XX в. не оправдалась и по теории $\alpha\beta\gamma$ таблица Менделеева творится путем термоядерного синтеза из водорода в недрах звезд, а тяжелые ядра трансжелезных элементов путем неравновесного синтеза в сверхновых.

Поворот в космогонии от идеи всеобщего распада к реакциям синтеза и неприемлемая для советских геологов теория тектоники Урала, обошлись Фредериксу и Мушкетову слишком дорого, в 1938г их обвинили в заговоре и расстреляли как врагов народа.

Спустя много лет предсказания Фредерикса с плутониевым рядом оправдались. В Дубне был получен и предполагаемый им эка-протокосмий - сверхтяжелый элемент Оганесон с атомным весом 294 со свойствами инертного газа (кандидат на темную материю). Геологические съемки 1:500000 масштаба и сверхглубокое бурение подтвердили существование надвигов Урала на Русскую платформу (Зилаирский синклинорий, Уфимское плато и Полюдов кряж). На примере музыканта Гершеля, писателя Э.А. По, геолога Фредерикса, аббата Леметра и «дозвездного вещества» Амбарцумяна мы обсуждаем роль дилетантов в развитии космогонии Вселенной.

ON THE ROLE OF AMATEURS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCE (FROM HERSCHEL TO FREDERICKS)

A graduate of the Kazan Imperial University in 1913, Baron Fredericks was an outstanding man. He was not only an expert in the paleontology and stratigraphy of the upper Paleozoic, but found the latter thrusts and structure of Alpine in the Urals. Shells in the bowels of the Earth, discovered by seismologists, he considered as confirmation of the hypothesis of the universal decay of the primary element Pt - protocism, which is preserved in the earth's core and gives rise not only to the known uranium, actino-uranium and radium series, but also all other elements of the periodic table.

His publications of 1924-28 were supported by scientists, and the hypothesis was included in the textbooks of Geology (D. I. Musketov, 1934) as the beginning of a new era in the energy of the Earth and planets. Abroad, a similar idea of "proatom" Abbe Georges Lemaitre proposed in the years 1927-31, and the denial of her of A. Einstein ignored.

George Gamow initially inclined to the same idea, but the high temperatures of the Big Bang do not ensure the safety of nuclei heavier than helium and lithium. So the idea of universal decay of matter of the early twentieth century did not materialize and according to the theory of $\alpha\beta\gamma$ periodic table going through thermonuclear fusion of hydrogen in the interiors of stars and heavy nuclei transuranic elements by non-equilibrium synthesis in supernovae.

Turn in the cosmogony from the idea of universal decay to the synthesis reactions and unacceptable to Soviet geologists, the theory of tectonics of the Urals, has managed Fredericks and Mushketova too expensive, in 1938, they were accused of conspiracy and shot as enemies of the people.

After many years of predictions of Fredericks with plutonium close to justified. In Dubna has been received and its ECA-protokoli - superheavy element Ohanneson with an atomic weight of 294 with the properties of an inert gas (a candidate for dark matter). Geological surveys of 1:50,000 scale and ultra-deep drilling confirmed the existence of the Ural's thrusts on the Russian platform (Zilair Synclinorium, the Ufa plateau and The Poludov ridge). On the example of the musician Herschel, writer E. A. PoE, geologist Fredericks, Abbot Lemaitre and "starry substance" of Ambartsumyan we discuss the role of Amateurs in the development of the cosmogony of the Universe.

БАССЕЙН "ЮЖНЫЙ ПОЛЮС - ЭЙТКЕН" ОТ ПЕРВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ («ЗОНД-6», 1968) ДО ПОСАДКИ ПЕРВОГО ЛУНОХОДА («ЧАНЬЭ-4», 2019)

Шпекин М.И.

Казанский федеральный университет

E-mail: MichaelS1@yandex.ru

В докладе рассмотрена хронология изучения бассейна "Южный Полюс - Эйткен" за 50 лет прошедших с его открытия до наших дней. Автору доклада довелось непосредственно участвовать в исследовании снимков, измерения которых привели к открытию гигантской низменности на обратной стороне Луны. Этой работой руководил профессор Борис Николаевич Родионов, который вместе со своими коллегами еще будучи преподавателем МИИГАиК разработал схему фотографирования Луны с борта космических кораблей серии «Зонд», а также подготовил аппаратуру для орбитальной съемки. Идея посмотреть на Луну «в профиль» оказалась весьма плодотворной, так как именно такой способ орбитальной съемки, когда обратная сторона Луны видна в сечениях перпендикулярных видимым с Земли, позволил открыть ранее неизвестную обширную низменность, названную авторами «Низменность Юго-Западная». Дальнейшее изучение обнаруженной низменности было связано с лазерным альтиметром на борту «Аполлона-15», а также анализом фотоснимков и карт Луны, созданных до полета «Зонда-6». В результате ученые пришли к выводу, что низменность «Юго-Западная» представляет собой лишь центральную часть большого ударного многокольцевого бассейна на обратной стороне Луны, а сам бассейн получил современное название "Южный Полюс - Эйткен". К сожалению, об авторах открытия как-то быстро забыли. Так, например, в статье Википедии, посвященной бассейну имена авторов открытия низменности вообще не упоминаются.

Вспомнить об истории открытия бассейна интересно именно сегодня, когда по его дну движется исследовательский управляемый с Земли китайский «Луноход» «Чаньэ-4». Впервые в истории лунных исследований космический аппарат успешно прилунился на обратной стороне и приступил к выполнению научной программы. Успешная посадка на дно бассейна сопровождалась созданием так называемого «Сорочьего моста», который через дальнюю точку Лагранжа связал обратную сторону Луны с Землей. Подобный мост создан впервые в практике космических исследований и открывает новые перспективы в изучении Луны.

The report reviewed the chronology of the study of the basin "South Pole - Aitken" for 50 years past from its discovery to the present day. The author of the report had the opportunity to directly participate in the study of images, the measurements of which led to the discovery of a giant lowland on the far side of the Moon. This work was supervised by Professor Boris Nikolayevich

Rodionov, who, together with his colleagues while still a teacher at MIIGAiK, developed a scheme for photographing the Moon from the spacecraft of the Zond series, and also prepared equipment for orbital imaging. The idea of looking at the Moon “in profile” proved to be very fruitful, since it was this orbital survey, when the reverse side of the Moon is visible in sections perpendicular to visible from Earth, allowed to open a previously unknown vast lowland called by the authors “South-Western Lowland”. Further study of the detected lowland was associated with a laser altimeter onboard the Apollo 15, as well as an analysis of photographs and maps of the Moon created before Zonda-6 flight. As a result, scientists came to the conclusion that the South-Western lowland is only the central part of a large impact multi-ring basin on the far side of the Moon, and the basin itself has received the modern name South Pole-Aitken. Unfortunately, the authors of the discovery were somehow quickly forgotten. For example, in the Wikipedia article devoted to the basin, the names of the authors of the discoveries of the lowland are not mentioned at all.

It is interesting to recall the history of the discovery of the basin precisely today, when the Chinese “Lunokhod” “Chang'e-4”, which is controlled from Earth, moves along its bottom. For the first time in the history of lunar research, the spacecraft successfully descended on the far side and began to carry out a scientific program. A successful landing at the bottom of the basin was accompanied by the creation of the so-called “Magpie bridge”, which connected the far side of the Moon to the Earth via the far Lagrange point. This bridge was created for the first time in the practice of space research and opens up new perspectives in the study of the Moon.