

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт астрономии Российской академии наук

Международный центр астрономических
и медико-экологических исследований
Национальной академии наук Украины

IX Международная конференция
Околосземная астрономия

ТЕЗИСЫ

Терскол
31 августа – 5 сентября
2015 г.

Печатается по решению
организационного комитета
конференции при поддержке
гранта РФФИ № 15-02-20646 г.

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

Institute of Astronomy
of the Russian
Academy of Sciences

IX International conference

Near-Earth Astronomy

ABSTRACT BOOK

Terskol
August 31 – September 5
2015

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Малые тела Солнечной системы	6
Секция 2. Астероидно-кометная опасность	66
Секция 3. ИСЗ и космический мусор	82
Секция 4. Средства и методы изучения малых тел Солнечной системы	106

CONTENTS

Section 1. Small bodies of the Solar System	6
Section 2. Asteroid and comet impact hazard	66
Section 3. Artificial satellites of the Earth and space debris	82
Section 4. Means and methods for the study of small bodies in the Solar system	106

АСТРОНОМИЯ В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ

В.К. Тарадий¹, Л.В. Рыхлова²

¹МЦ АМЭИ, ²ИНАСАН

E-mail: rykhlova@inasan.ru

В докладе отражены основные этапы развития астрономических исследований в Приэльбрусье.

Несколько летних поисковых экспедиций на Эльбрус сотрудников Института физиологии им. А.А. Богомольца АН Украины привели к строительству сначала корпуса лаборатории космической физиологии, а затем в 1972 году – стационарной Эльбрусской медико-биологической станции (ЭМБС) с уникальной термобарокамерой. Биологи освоили Ледовую базу на высоте 3750 м. В эти же годы Экспедиция Голосеевской астрономической обсерватории АН Украины по поиску места для астрономической обсерватории в Приэльбрусье остановила свой выбор на пике Терскол (высота 3100 м).

В 1992 году на базе этих двух научных направлений был создан Международный Центр астрономических и медико-экологических исследований при Президиумах НАН Украины, Российской АН и Правительства Кабардино-Балкарской республики (МЦ АМЭИ).

Сейчас это самая высокогорная обсерватория в Европе, оснащенная несколькими телескопами, включая 2-метровый зеркальный телескоп фирмы «Карл Цейсс Йена». Регулярные астрономические наблюдения начались с 1996 года, когда были выполнены международные программы синхронных наблюдений вспыхивающих звезд с участием ученых Украины, России, Болгарии, Греции, Израйля. С 1999 года МЦ АМЭИ и ИНАСАН работали по Российской Федеральной программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники», затем по программе «Астрономические исследования в Приэльбрусье», а затем «Астрономия в Приэльбрусье» 2010-2014 гг. и «Астрономия в Приэльбрусье» 2015-2019 гг. Представлены основные научные результаты.

ASTRONOMY AT THE ELBRUS REGION

V.K. Taradij¹, L.V. Rykhlova²

¹ICAMER, ²INASAN

E-mail: rykhlova@inasan.ru

In our report we outline the evolution of the astronomical research in the Elbrus region.

The first to take advantage of this high-altitude location was the A.A. Bogomolets Institute of Physiology at the Ukrainian Academy of Sciences. Having surveyed the whole mountain, it built upon its southern slope a Space Physiology Laboratory. Initially it functioned only during the summers. In 1972 it was expanded and made permanent. Thence called the Elbrus Biomedical Station, it had at its disposal a unique thermovacuum chamber. Biologists also established a Glacial Base at 3750 m altitude. At the same time the Goloseevo Astronomical Observatory at the Ukrainian Academy of Sciences perched its newest tower on the neighbouring 3100 m Terskol peak.

In 1992 these two scientific establishments had been amalgamated into the International Centre for Astronomic, Medical & Ecological Research (ICAMER), run jointly by the Ukrainian and Russian National Academies of Sciences under the auspices of the Government of the Kabardino-Balkaria Republic.

Today it's Europe's highest astronomical facility, endowed with a whole range of telescopes, including a 2-m Zeiss reflector. Regular observations have been going on up there since 1996, when an international team of astronomers from Ukraine, Russia, Bulgaria, Greece and Israel conducted a simultaneous survey of the bursters. Since 1999 ICAMER and INASAN have jointly been participating in the Russian 'Priority Scientific Studies & Technological Development' Federal Program. In 2014 we've launched our own program of astronomic studies in the Elbrus region, extended now beyond 2019. Our main scientific findings are published.

МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Small Bodies of the Solar System

МИГРАЦИЯ МАЛЫХ ТЕЛ И ПЫЛИ К ПЛАНЕТАМ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

С.И. Ипатов^{1,2}, М.Я. Маров¹

¹ГЕОХИ имени В.И. Вернадского РАН, ²ИКИ РАН
E-mail: siipatov@hotmail.com, marovmail@yandex.ru

Проведенные нами исследования миграции малых тел и пыли из различных областей Солнечной системы к планетам земной группы основаны на результатах численного моделирования эволюции орбит десятков тысяч малых тел и пылевых частиц под гравитационным влиянием всех планет. Для пылевых частиц, кроме гравитационного влияния планет и Солнца, учитывались также эффект Пойтинга-Робертсона, радиационное давление и давление солнечного ветра. Исследовалась миграция объектов, пересекающих орбиту Юпитера, и ряда астероидов и транснептуновых объектов. Рассмотрена также миграция пылевых частиц, эжектированных различными астероидами, кометами и транснептуновыми телами. При интегрировании использовался метод Булирша-Штера или симплектический метод. Элементы орбит тел и частиц за время их динамической жизни, полученные в расчетах, были использованы для вычисления вероятности их столкновений с Землей и другими планетами земной группы. Наиболее важным следствием проведенных расчетов является вывод о возможности доставки большого количества воды и летучих за счет миграции малых тел и пыли во внутренние области Солнечной системы, что позволяет скомпенсировать их дефицит вследствие формирования при относительно высоких температурах внутри снеговой линии. Общая масса воды, доставленной из зоны питания планет-гигантов к Земле, могла быть порядка массы воды в земных океанах. При этом отношение массы воды, доставленной кометами семейства Юпитера и кометами Галлеевского типа к планете, к массе планеты могло быть больше для Меркурия, Венеры и Марса, чем для Земли. Расчеты привели также к выводу, что небольшая часть объектов, пересекающих орбиту Юпитера, может переходить на орбиты, типичные для объектов, сближающихся с Землей, или для астероидов Главного пояса.

MIGRATION OF SMALL BODIES AND DUST TO THE TERRESTRIAL PLANETS

S.I. Ipatov^{1,2}, M.Ya. Marov¹

¹Vernadsky Institute, ²Space Research Institute
E-mail: siipatov@hotmail.com, marovmail@yandex.ru

Our studies of migration of small bodies and dust from different regions of the Solar system to the terrestrial planets were based on computer simulations of the orbital evolution of several tens of thousands of small bodies and dust particles under the gravitational influence of all planets. For dust particles, besides gravitational influence of planets and the Sun, we took into account the Poynting-Robertson effect, radiation pressure, and solar wind. We studied migration of Jupiter-crossing objects, asteroids, trans-Neptunian objects, and particles ejected by asteroids, comets, and trans-

Neptunian objects. The Bulirsh-Stoer method or symplectic method were used for integration. Orbital elements of bodies and particles during their dynamical lifetimes obtained in the calculations were used for calculations of probabilities of their collisions with the Earth and other terrestrial planets. The main result of the calculations is the conclusion on the delivery of a large amount of water and volatiles to the inner regions of the Solar system due to migration of small bodies and dust. The migration could compensate their deficit caused by formation at high temperature inside the snow line. The total mass of water delivered to the Earth from the feeding zones of the giant planets could be about the mass of water in the Earth's oceans. The ratio of the mass of the water delivered by Halley-type comets and Jupiter-family comets to a planet to the mass of the planet could be greater for Mercury, Venus and Mars than for Earth. Computer simulation also showed that a small fraction of Jupiter-crossing objects can get orbits typical for Earth-crossing objects and the main belt asteroids.

ХАРАКТЕРИСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

В.С. Уральская

ГАИШ МГУ

E-mail: ural@sai.msu.ru

Существование интеграла Якоби в ограниченной круговой задаче трех тел позволило Хиллу построить поверхности нулевой скорости, с помощью которых устанавливается устойчивость движения по Хиллу. В ограниченной некруговой задаче трех тел с помощью интегрального инвариантного соотношения, так называемого квазиинтеграла Якоби, содержащего одну неизвестную функцию, можно построить видоизменяющиеся со временем области возможности движения и ограничивающие их поверхности минимальной энергии. В общей задаче трех тел существует аналог поверхностей Хилла, построенных с помощью неравенства Зундмана. Поверхности Зундмана определяют области возможности движений и позволяют исследовать устойчивость по Зундману. В отличие от устойчивости по Хиллу устойчивость по Зундману зависит от массы спутника. При нулевом значении массы спутника устойчивость по Зундману преобразуется в устойчивость по Хиллу.

Исследована устойчивость движения по Хиллу и по Зундману всех спутников планет и построены поверхности минимальной энергии для эллиптической задачи трех тел и поверхности Зундмана для общей задачи трех тел, ограничивающие области возможности движения и определяющие устойчивость движения.

THE STABILITY OF THE MOTION OF PLANET SATELLITES

V.S. Uralskaya

Sternberg Astronomical Institute, Moscow University

E-mail: ural@sai.msu.ru

Existence of Jacobi integral in a restricted circular problem of three bodies allowed to construct Hill surfaces of zero velocity by means of the Hill stability of the motion is established. In a restricted noncircular three-body problem by means of an integral invariant relation, a so-called Jacobi quasi-integral, containing one unknown function, the regions of possible motion changing over time and surfaces of the minimum energy limiting them are constructed. In the general three-body problem there is an analog of Hill surfaces constructed by means of Sundman inequality. Sundman surfaces define the regions of possibility of motion and allow to investigate Sundman stability. Unlike Hill stability the Sundman stability depends on the satellite masses. At zero value of satellite mass Sundman stability will be transformed to Hill stability.

Hill and Sundman stability of the motion of all satellites of planets is investigated. The surfaces of the minimum energy for an elliptic three-body problem and Sundman surface for the general three-body problem limiting regions of possibility of the motion and defining the stability are constructed.

РОЛЬ СБЛИЖЕНИЙ С СОЛНЦЕМ В ЭВОЛЮЦИИ ОКОЛОЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.В. Емельяненко

ИНАСАН

E-mail: vvemel@inasan.ru

Исследование динамической эволюции околоземных объектов показывает, что эти тела часто достигают орбит с малыми перигелийными расстояниями. В частности, около 70 процентов околоземных объектов испытывают соударения с Солнцем в процессе эволюции. Очень сильные приливные эффекты, тепловые напряжения и взаимодействие с солнечной атмосферой должны приводить к модификации поверхности и разрушению околосолнечных объектов. В докладе планируется обсудить имеющиеся наблюдательные свидетельства прохождения околоземных объектов вблизи Солнца в прошлом. В частности, будет показано, что космический возраст и время сближения с Солнцем по результатам динамических исследований очень хорошо согласуются для объектов, у которых эти данные определены с высокой степенью точности (например, метеориты Челябинск и Новато, астероид Итокава).

THE ROLE OF ENCOUNTERS WITH THE SUN IN THE EVOLUTION OF NEAR-EARTH OBJECTS

V.V. Emel'yanenko

INASAN

E-mail: vvemel@inasan.ru

Dynamical investigations show that near-Earth objects evolve frequently to orbits with small perihelion distances. In particular, about 70 percent of near-Earth objects collide with the Sun during their orbital evolution. The solar tide, thermal stresses and interaction with the solar atmosphere should lead to surface modification and disruption of bodies near the Sun. In this paper, we plan to discuss available observational evidence of the near-Earth object passages near the Sun in the past. In particular, it will be shown that the cosmic ray exposure age and the time of encounters with the Sun according to dynamical investigations are very consistent in the case of objects for which these data are well determined (e.g., meteorites Chelyabinsk and Novato, asteroid Itokawa).

СУММАРНАЯ МАССА ТРОЯНЦЕВ ЮПИТЕРА, ОПРЕДЕЛЕННАЯ СТАТИСТИЧЕСКИМ И ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ

Т.А. Виноградова, Ю.А. Чернетенко

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: vta@ipa.nw.ru; cya@ipa.nw.ru

С использованием всех имеющихся физических характеристик астероидов-троянец Юпитера статистическим способом получена оценка их общей массы, равная $(0.30 \pm 0.19) \times 10^{-10} M_{\text{Sun}}$. При этом масса астероидов в группе L4 равна $(0.19 \pm 0.11) \times 10^{-10} M_{\text{Sun}}$, масса астероидов в группе L5 – $(0.11 \pm 0.07) \times 10^{-10} M_{\text{Sun}}$. Полученные статистические оценки включают скрытую массу еще не открытых астероидов, которая составляет 7% от их общей массы. Количество троянцев с диаметрами больше 1 км оценено, как $N = 6 \times 10^5$. Определено, что отношение N_{L4}/N_{L5} не является постоянным: оно уменьшается с увеличением размера астероидов или с уменьшением абсолютной звездной величины H . Для астероидов, имеющих диаметры $D > 30$ км, эта величина составляет 1.3. Выполнена оценка влияния гравитационных возмущений от троянцев на движение астероидов группы Гильды и кентавров.

Для динамической оценки общей массы троянцев подходящих возмущаемых астероидов-нетроянцев не оказалось – все они очень далеко и возмущения троянцев на их движение незначительны. Поэтому при оценке общей массы троянцев динамическим способом можно

использовать только сами астероиды-тройяны, которые совершают сложные движения внутри соответствующих областей L4 и L5. При оценке массы динамическим способом считалось, что массы всех тройянов равномерно распылены по объему двух шаров с радиусами 1 а.е. (примерные размеры областей движения тройянов). В уравнения движения астероидов-тройянов, рассматриваемых как тестовые частицы, добавлялась сила притяжения, пропорциональная массе части шара, радиус которого определялся расстоянием от астероида до центра шара. Общие массы шаров находились варьированием по минимальному значению СКО наблюдений возмущаемых астероидов-тройянов. Значения масс, дающие наименьшие СКО для наблюдений возмущаемых астероидов, оказались близкими к оценкам масс, полученным нами статистическим способом.

TOTAL MASS OF JUPITER TROJANS AS OBTAINED BY STATISTICAL AND DYNAMICAL METHODS

T.A. Vinogradova, Yu.A. Chernetenko

IAA RAS

E-mail: vta@ipa.nw.ru, cya@ipa.nw.ru

Total mass of Jupiter Trojans was evaluated using all available physical characteristics of these small bodies. The mass of asteroids in L4 group is equal to $(0.19 \pm 0.11) \times 10^{-10} M_{\text{Sun}}$, in L5 group is equal to $(0.11 \pm 0.07) \times 10^{-10} M_{\text{Sun}}$. These statistical estimations included also hidden mass of still unknown asteroids and which was estimated as 7% of the total mass. The number of asteroids with diameters > 1 km, N , was evaluated as 6×10^5 . Ratio N_{L4}/N_{L5} depends on size of asteroids and for diameters > 30 km N_{L4}/N_{L5} is equal to 1.3. It was estimated influence of gravitational perturbations of total trojans mass on the motion of asteroids of Hilda group and centaurs.

It was proved that there are no suitable perturbed main belt asteroids for determination of total trojans mass by dynamical method. Therefore one can use for this task only trojans which move by the complicate manner inside corresponding regions L4 and L5. These regions were considered as homogeneous balls with radius of 1AU. In equations of motion of asteroids we added attraction force being proportional to the mass of the part of corresponding ball. This part was determined by distance from asteroid to the centre of ball. Total mass of trojans were determined by the smallest values of observation residuals of perturbed asteroids.

ДИНАМИКА «ПРЫГАЮЩИХ» ТРОЯНЦЕВ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ

В.В. Сидоренко

Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

E-mail: vvsidorenko@list.ru

Численно интегрируя уравнения движения, К. Tsiganis, R. Dvorak, R. и E. Pilat-Lohinger обнаружили, что астероид-тройянец (1868) Thersites в будущем может переместиться с орбиты, охватывающей «ведущую» точку либрации L4, на орбиту, охватывающую «отстающую» точку либрации L5. Численное интегрирование также свидетельствует о наличии переходов между колебаниями в окрестности точек либрации L4 и L5 у астероида 2010 TK7 - первого астероида-тройянца Земли (Connors et al., 2011). К. Tsiganis, R. Dvorak, и E. Pilat-Lohinger предложили называть подобные астероиды «прыгающими» тройянами.

Современная теория резонансных эффектов позволяет достаточно подробно изучить переходы между разными резонансными режимами движения. Мы представим результаты полуаналитического исследования «прыжков» между треугольными точками либрации, проведенного в рамках плоской ограниченной эллиптической задачи трех тел «звезда-планета-астероид».

Работа выполнена в рамках Программы 9 фундаментальных исследований Президиума РАН.

DYNAMICS OF "JUMPING" TROJANS: PERTURBATIVE TREATMENT

V.V. Sidorenko

Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS

E-mail: vvsidorenko@list.ru

The term «jumping» Trojan was introduced by Tsiganis et al. (2000) in their studies of long-term dynamics exhibited by the asteroid (1868) Thersites: as it turned out, this asteroid may pass from the librations around L4 to the librations around L5. One more example of a «jumping» Trojan was found by Connors et al. (2011): librations of the asteroid 2010 TK7 around Earth's libration point L4 preceded by its librations around L5. We explore the dynamics of «jumping» Trojans under the scope of the restricted planar elliptical three-body problem. Via double numerical averaging, we construct evolutionary equations which allow to analyze the details of the transition from one regime of the orbital motion to another.

This work was supported by the Presidium of the Russian Academy of Sciences under the scope of the Program 9 «Fundamental problems of Solar system investigations».

СЕМЕЙСТВА АСТЕРОИДОВ ВО ВНУТРЕННЕЙ ОБЛАСТИ ГЛАВНОГО ПОЯСА АСТЕРОИДОВ

Т.А. Виноградова

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: vta@ipa.nw.ru

Для всех астероидов с надежными орбитами, принадлежащих внутренней области Главного пояса астероидов (2.1 а.е. – 2.5 а.е.), эмпирическим методом вычислены собственные элементы. Эмпирический метод основан на использовании наблюдаемого распределения оскулирующих элементов орбит астероидов. На основе имеющейся зависимости наклонов орбит от долготы восходящего узла и эксцентриситетов от долготы перицентра были вычислены вынужденные элементы для разных значений большой полуоси. Собственные элементы были вычислены в результате исключения вынужденной составляющей из оскулирующих элементов с помощью простых формул преобразования координат. Для идентификации семейств был разработан и применен метод, использующий критерий расстояния между точками в трехмерном пространстве собственных элементов, аналогичный методу иерархического кластерного анализа. Поиск семейств был произведен многократно с разными значениями критического расстояния. В результате последующего иерархического анализа были выделены 12 семейств. Для найденных семейств определены численность, интервалы собственных элементов, таксономический состав и другие характеристики. Определение таксономического состава всех найденных семейств является важным достижением. Это позволило, например, однозначно выделить внутри семейства (135) Hertha два подсемейства разного таксономического типа: семейство (878) Mildred на 90% состоит из астероидов спектрального класса S, а семейство (1183) Juttana из астероидов класса C.

ASTEROID FAMILIES IN THE INNER PART OF THE MAIN BELT

T.A. Vinogradova

IAA RAS

E-mail: vta@ipa.nw.ru

Proper elements of the asteroid orbits in the inner part of the main belt (2.1 a.u.-2.5 a.u.) were calculated by the empirical method. The method uses distributions of osculating orbital elements, such as a longitude of the ascending node, inclination and a longitude of the perihelion, eccentricity. These distributions make it possible to obtain forced elements for different values of the semi-major axis. The proper elements were calculated by exception of the forced elements from the osculating ones using the coordinate transformation formula. An approach similar to the hierarchical clustering method was used for identification of the families. Using this technique, 12 robust asteroid families were identified in this region. For these families different characteristics were determined, such as a number of asteroids included, intervals of the proper elements, taxonomic types and others. The determination of the taxonomic composition of the families is very important. Thereby two sub-families of different taxonomic types were identified within the family of (135) Hertha: (878) Mildred and (1183) Jutta. 90% of the asteroids in the first family belong to the spectral class S, where as 90% of the asteroids in the second one belong to the class C.

БОЛИДЫ σ -КАПРИКОРНИД И ИХ СВЯЗЬ С АСЗ

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

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан

E-mail: umed-1982@mail.ru

В период 2010-11 гг. болидной сетью Таджикистана были сфотографированы три болида, принадлежащие потоку σ -Каприкорниды. С учетом наблюдений еще шести болидов этого потока в Канаде и США, определены координаты среднего радианта и период активности, а также среднесуточное смещение радианта потока. Согласно *PE* критерию объемные плотности девяти исследуемых болидообразующих метеороидов заключены в пределах от 0.2 до 3.5 г·см⁻³, что свидетельствует о неоднородном составе кометы-прародительницы болидного потока σ -Каприкорнид. При поиске родительского объекта потока выявлены астероиды, сближающиеся с Землей (АСЗ), 2008 ВО16, 2011 ЕС41 и 2013 СТ36, которые движутся по кометоподобным орбитам согласно критерию Тиссерана, а также имеют очень схожие орбиты согласно критерию Саутворта и Хокинса. Исследование эволюции их орбит показало, что они являются четырехкратными пересекателями орбиты Земли. Если АСЗ имеют развитые метеороидные рои, то эти рои могут породить четыре метеорных потока. Нами вычислены теоретические параметры предсказанных потоков, которые отождествлены с наблюдаемыми ночными σ -Каприкорнидами и χ -Сагиттаридами, а также дневными χ -Каприкорнидами и Каприкорниды-Сагиттаридами. Кометоподобная орбита и связь с одним и тем же метеороидным роем, порождающим четыре активных потока, позволяют сделать вывод об общей кометной природе АСЗ 2008 ВО16, 2011 ЕС41 и 2013 СТ36. Ранее исследование АСЗ (2101) Адонис и 1995 CS, который является потенциально-опасным астероидом, показало, что эти объекты также связаны с этим же метеороидным роем, и являются угасшими ядрами комет. Можно заключить, что 2008 ВО16, 2011 ЕС41 и 2013 СТ36 являются либо крупноразмерными осколками Адониса, либо все пять тел являются фрагментами более крупного кометного тела, разрушившегося несколько десятков тысяч лет назад. Можно ожидать существование таких же фрагментов этого семейства среди ежегодно открываемых многочисленных новых астероидов.

THE σ -CAPRICORNIDS FIREBALLS AND THEIR ASSOCIATION WITH NEAS

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

Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

E-mail: umed-1982@mail.ru

During 2010-2011 years three fireballs were photographed by the Tajikistan fireball network, belonging to the σ -Capricornids meteor shower. Taking into account the observations else six fireballs of this shower in the Canada and USA, the mean radiant coordinates, the period of activity, as well as the mean daily radiant drift of the shower were determined. Further to the *PE* criterion, the values of bulk density of the nine fireball-producing meteoroids are in the range $0.2-3.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ that suggests a non-homogeneous compound of the comet-progenitor of the shower. The Near Earth Asteroids (NEAs) 2008 BO16, 2011 EC41, and 2013 CT36 have very similar orbits according to the Southworth and Hawkins criterion, and their orbits are classed as comet-like by the Tisserand parameter. The orbital evolution investigation shows, that during one cycle of variations of the argument of perihelion, the asteroids cross the Earth's orbit four times. Consequently, a developed meteoroid stream, possible associated with them, might produce four meteor showers. Theoretical parameters of the predicted showers were calculated and identified with the observable nighttime σ -Capricornids and χ -Sagittarids, and daytime χ -Capricornids and Capricornids-Sagittarids meteor showers. The similar and comet-like orbits and association with the same meteoroid stream producing four active showers are strong indications that these asteroids have a common cometary origin. Earlier the NEAs (2101) Adonis and 1995 CS, which is potentially hazardous asteroid (PHA), were recognized as dormant comets because of their link with the same meteoroid stream. So, a conclusion was made, that either the considered NEAs are large sized splinters of the Adonis, or all five objects are fragments of a larger comet that was the parent body of the σ -Capricornids meteoroid stream, and whose break-up occurred several tens of thousands years ago.

О ФОРМЕ ЯДРА КОМЕТЫ 67P/ЧУРЮМОВА-ГЕРАСИМЕНКО

Д.Е. Вавилов, Ю.Д. Медведев

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: dj_vil@bk.ru; medvedev@ipa.nw.ru

Ядро кометы 67P/Чурюмова-Герасименко представляет собой тело вытянутой формы с глубокой бороздой примерно посередине. На поверхности ядра наблюдаются достаточно активные процессы сублимации вещества. Ретроспективная эволюция орбиты кометы позволяет предположить, что ее орбита, до сближения с Юпитером в 1959 г., располагалась между орбитами Марса и Юпитера. Поэтому сублимация водяного льда с поверхности ядра кометы могла происходить только в хорошо освещенных областях, т.е. с участков поверхности, которые почти перпендикулярны направлению солнечных лучей. Тогда образование борозды можно объяснить сублимацией вещества с ядра, ось вращения которого перпендикулярна плоскости орбиты. В этом случае сублимация происходит только с экваториальных областей кометы, что приводит к образованию гантелеобразной формы ядра или даже оврага примерно посередине ядра кометы. Другим примером проявления этого процесса, вероятно, является ядро кометы 103 P/ Хартли 2, имеющее гантелеобразную форму.

Для моделирования изменения формы выведены соответствующие уравнения в частных производных и проведены вычисления.

ON THE NUCLEUS SHAPE OF COMET 67P/ CHURYUMOV-GERASIMENKO

Yu.D. Medvedev, D.E. Vavilov

IAA RAS

E-mail: dj_vil@bk.ru; medvedev@ipa.nw.ru

The nucleus of comet 67P / Churyumov-Gerasimenko is an elongated body with a deep groove around the middle. There are active processes of matter sublimation on the nuclear surface. Retrospective evolution of the comet's orbit shows that there is a possibility that its orbit was of Mars and Jupiter before its approach to Jupiter in 1959. Therefore the sublimation of water ice from the surface of the comet's nucleus could only take place in well-lit areas, i.e. with surface areas which are almost perpendicular to the direction of solar rays. Then groove formation can be explained by sublimation substance from the nucleus, the axis of rotation of which is perpendicular to the orbital plane. In this case, sublimation occurs only from the equatorial regions of the comet, which leads to the formation of dumbbell shaped nucleus or groove in the middle of the nucleus. Another example of this process is likely to be the nucleus of comet 103 P / Hartley 2, having dumbbell shape.

To simulate changes of the shape the partial differential equations have been derived.

К ВОПРОСУ ОБ ЭВОЛЮЦИОННОМ ДВИЖЕНИИ КОМЕТЫ 17/P ХОЛМСА НА ДЛИТЕЛЬНОМ ВРЕМЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ

Н.В. Куликова, В.И. Тищенко

ИАТЭ НИЯУ МИФИ

E-mail: nelvaku@yandex.ru, tvitvi@bk.ru

Анализируются результаты, полученные с помощью компьютерной технологии, осуществляющей моделирование процесса вероятностной дезинтеграции небесного объекта (в данном случае кометы 17/P Холмса) и дальнейшее эволюционное движение как самой кометы, так и возможного образовавшегося метеороидного роя. Расчётный период охватывает весь известный жизненный цикл кометы с момента первого наблюдения до настоящего времени и далее на перспективу в три столетия. Моделирование осуществляется в любой точке кометной орбиты для каждого возвращения кометы. Величины значений скоростей выброса варьируются в пределах данных наблюдения. Сравнение результатов моделирования с данными наблюдений кометы в 2007–2014 гг. показывает хорошее согласие используемой модели расчёта с реальностью явлений. Странности, проявившиеся в движении кометы по орбите после прохождения ею перигелия и отмеченные многими наблюдателями в 2014 году вполне объяснимы мощным выбросом вещества из ядра кометы со скоростями свыше 100 м/с при её движении к Сатурну и последовавшим воздействием этого процесса на кратковременное изменение регулярности движения с дальнейшим его восстановлением. Как показывают результаты перспективного моделирования, подобные явления для данного объекта не уникальны. Они повторяются через определенное количество возвращений, вследствие чего изменяется местоположение кометы в пространстве и дата прохождения перигелия. Этот временной интервал имеет период около шестидесяти лет и возникает при вполне определенном взаиморасположении в пространстве трех тел: Сатурна - кометы Холмса - Юпитера.

ON THE EVOLUTIONARY MOVEMENT OF COMET 17/P HOLMES WITHIN LONG TIME INTERVAL

N.V. Kulikova, V.I. Tischenko

IATE NRNU MEPhI

E-mail: nelvaku@yandex.ru, tvitvi@bk.ru

Analyzed are the results obtained by a computer technology which allows one to simulate the probabilistic disintegration of a celestial object (in this context comet 17/P Holmes) and further evolutionary movement of the comet itself as well as the expected formed swarm of meteoroids. The calculation period covers the whole known comet lifecycle from its first observation until now and in three centuries perspective. Simulation is performed at any orbit point for each return of the comet. The ejection rate values vary within the observational data. The compared simulation results and observations of the comet in 2007-2014 demonstrate a good agreement between calculations and actual phenomena. Strange nesses appeared in the orbital comet movement after its perihelion passage and noted by many observers in 2014 are easily explained by a major ejection of matter from the cometary nucleus at the rates above 100 m/c in its movement to Saturn and the following impact of this process on a short-term change in movement regularity with its future recovery. Long-range simulation results show that such phenomena are not unique for this object. They recur in a certain quantity of returns, in the consequence of which the comet location in space and the date of perihelion passage change. This time interval is about 60 years and occurs at a well-defined mutual spatial arrangement of three bodies: Saturn – comet Holmes - Jupiter.

ХИМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЯДЕР И АТМОСФЕР КОМЕТ: СРАВНЕНИЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ МИССИИ ESA ROSETTA

В.И. Шематович

ИНАСАН

E-mail: shematov@inasan.ru

Одной из активно изучаемых (посредством как космических миссий, так и наземных средств наблюдений) групп ледяных небесных тел являются кометы, представляющие 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 обсуждается взаимосвязь между астрохимией межзвездной и протопланетной среды и химическими процессами на ледяных поверхностях ядер и в комах комет. Исследования астрохимии кометных атмосфер тесно связаны с проводящимися в настоящее время космическими проектами по исследованию малых тел (КА ESA Rosetta – сближение с кометой 67/P С-G (Чурюмова-Герасименко) в 2014-2015 гг. и посадка модуля Philae на поверхность ядра; КА NASA Dawn – ожидаемое в 2015 г. сближение с малой планетой Церера, и др.), а также планируемыми проектами по изучению комет и астероидов.

Также будет дан обзор первых результатов миссии ESA Rosetta к комете 67/P С-G. Ожидаемые результаты этой миссии должны дать ключ к пониманию как механизмов формирования комет как одних из самых ранних и сохранившихся почти в первозданном виде тел Солнечной системы, так и особенностей истории планеты Земля. Например, о происхождении воды на нашей планете – кометное происхождение, астероидное или, напротив, изначально планетное? Более того, на орбитальном и спускаемом аппаратах миссии Rosetta установлены приборы для поиска органических молекул, нуклеотидов и аминокислот, являющихся строительными блоками известной нам формы жизни.

THE CHEMICAL DIVERSITY OF THE COMET'S NUCLEI AND ATMOSPHERES: COMPARISON WITH THE RESULTS OF ESA ROSETTA MISSION

V.I. Shematovich

INASAN

E-mail: shematov@inasan.ru

One of the most actively studied (through both space missions and ground-based observations) family of the icy celestial bodies are comets, which represent a relatively small-size celestial bodies formed in the early 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 relationship between the astrochemistry of the interstellar and protoplanetary medium and chemical processes on the icy nuclei surfaces and in the cometary comae is discussed in the report. Studies of the astrochemistry of cometary atmospheres are closely associated with the current space research missions to small celestial bodies (ESA Rosetta spacecraft approaching with the comet 67/P C-G (Churyumov-Gerasimenko), and NASA Dawn spacecraft approaching with the minor planet Ceres, et al.), as well as planned space missions to study the comets and asteroids.

There will also be an overview of the first results of ESA Rosetta mission to comet 67/P C-G. Expected results of this mission should provide the keys to understand both the mechanisms of comet formation as one 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? Moreover, the scientific payload of both Rosetta orbiter and lander includes the instruments aimed to search in the cometary environment the organic molecules, nucleotides, and amino acids which are the building blocks of the known form of life.

АСТРОМЕТРИЧЕСКИЕ БАЗИСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

А.В. Девяткин

ГАО РАН

E-mail: adev@gao.spb.ru

Рассматриваются вопросы использования наземных и космических базисных наблюдений тел Солнечной системы. Базисные наблюдения дают возможность получать расстояния для наблюдаемых объектов и в совокупности с координатными наблюдениями позволяют с большей точностью определять элементы их орбит. Приводятся некоторые результаты базисных наблюдений АСЗ и модельные расчеты для случая наблюдений в космосе.

ASTROMETRIC BASIS OBSERVATIONS OF SOLAR SYSTEM BODIES

A.V. Devyatkin

MAO RAS

E-mail: adev@gao.spb.ru

The issues of utilization of ground and space basis observations of solar system bodies are considered. Basis observations provide an opportunity to obtain distances for the observed objects and together with coordinate observations allow one to define more precisely their orbital elements. Some results of the basis observations of NEAs and model calculations in case of observations in space are given.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЁЙ

**А.В. Девяткин, Д.Л. Горшанов, В.Н. Львов, С.Д. Цекмейстер, Е.А. Башакова,
В.В. Куприянов, Н. Петрова, А.А. Мартюшева, В.Ю. Слесаренко,
К.Н. Наумов, А.В. Иванов, И.А. Сокова, Е.Н. Соков, С.В. Зиновьев,
С.В. Карашевич, А.Ю. Ляшенко, С.А. Русов**

ГАО РАН

E-mail: adev@gao.spb.ru

Приводятся результаты исследований астероидов, сближающихся с Землёй, по астрометрическим и фотометрическим наблюдениям, полученных на телескопах ГАО РАН и телескопах других обсерваторий. На основе наблюдательных данных для астероидов (99942) Apophis, 2005 YU55, 2006 DP14, 2010 XZ67, 2013 TV135, 251346, 285263, (367943) Duende и др. проведено улучшение орбит, исследована эволюция их орбит, определены их фотометрические характеристики. Для объектов 2014 HQ124 и (357439) 2004 BL86 проведены базисные астрометрические наблюдения (метод триангуляции) с целью повышения точности определения элементов их орбит.

INVESTIGATIONS OF NEAR EARTH OBJECTS

**A.V. Devyatkin, D.L. Gorshanov, V.N. L'vov, S.D. Tsekmeister,
E.A. Bashakova, V.V. Kouprianov, S.N. Petrova, A.A. Martyusheva, V.Yu. Slesarenko,
K.N. Naumov, A.V. Ivanov, I.A. Sokova, E.N. Sokov, S.V. Zinoviev, S.V. Karashevich,
A.Yu. Lyashenko, S.A. Rusov**

MAO RAS

E-mail: adev@gao.spb.ru

The results of investigations of near Earth objects on the base of astrometrical and photometrical observations with telescopes of Pulkovo observatory and other observatories are shown. Observations of (99942) Apophis, 2005 YU55, 2006 DP14, 2010 XZ67, 2013 TV135, 251346, 285263, (367943) Duende and other asteroids were carried out. Enhancement of their orbits was made, evolution of the orbits was investigated, photometrical characteristics were determined on the base of the observations. Triangulation observations of 2014 HQ124 and (357439) 2004 BL86 asteroids were carried out in order to improve accuracy of their orbital elements.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗБРАННЫХ АСТЕРОИДОВ В 2014 ГОДУ В СИМЕИЗСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Е.С. Баканас¹, С.И. Барабанов¹, С.В. Крючков¹, И.В. Николенко²

¹ИНАСАН, ²КрАО

E-mail: alena@inasan.ru

В рамках программы исследования физических характеристик астероидов, сближающихся с Землей, в 2014 году в Симеизе проводились наблюдения избранных астероидов. Для астероидов 387733 (2003 GS), 87309 (2000 QR), 32575, 285944, 313591, 97679 построены фотометрические кривые, определены или уточнены периоды вращения, спектральный класс и диаметр; для астероидов 68267, 175114, 15554, 8355 дана оценка спектрального класса и диаметра.

PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF SOME ASTEROIDS IN SIMEIZ IN 2014

E.S. Bakanas¹, S.I. Barabanov¹, S.V. Kryuchkov¹, I.V. Nikolenko²

¹INASAN, ²Crimean astrophysical observatory

E-mail: alena@inasan.ru

Under the program of research of physical properties of asteroids approaching the Earth in 2014 using the telescope Zeiss-1000 (Scientific research Institute “Crimean Astrophysical Observatory”) photometric observations of some asteroids were realized. For the 387733 (2003 GS), 87309 (2000 QP), 32575, 285944, 313591, 97679 light curves let us to evaluate the period of rotation of the asteroid. For the 68267, 175114, 15554, 8355 the taxonomic class of asteroids and their diameters were obtained.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ОБЗОРНЫХ ЭФЕМЕРИД ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ АСЗ

П.В. Скрипниченко¹, Т.Ю. Галушина²

¹Уральский федеральный университет, ²Томский государственный университет

E-mail: savl-silverheart@rambler.ru, volna@sibmail.com

В ряде случаев для осуществления наблюдений малых тел Солнечной системы необходимо построение эфемерид в виде проекции вероятностной области исследуемого объекта на небесную сферу (обзорные эфемериды). В данной работе для построения обзорных эфемерид предлагается следующая методика:

– оценка нелинейности задачи построения доверительных областей на заданном интервале времени для всех АСЗ;

– построение доверительных областей линейным методом с использованием изохронных производных на момент избранной оппозиции для объектов со слабой нелинейностью;

– построение доверительной области нелинейным методом путем отображения ансамбля тестовых частиц на момент избранной оппозиции для оставшихся АСЗ.

Проведенное исследование позволило разделить АСЗ на три группы:

– объекты, для которых размеры доверительной области пренебрежимо малы;

– объекты, для которых размеры доверительной области оказались выше определенного критического значения, такого, что проведение наблюдений по эфемеридам нецелесообразно (потенциально потерянные объекты);

– оставшиеся АСЗ, для которых построение и использование обзорных эфемерид приемлемо.

В работе приведены обзорные эфемериды для третьей группы объектов, а также методика их построения.

THE TECHNIQUE OF REVIEW EPHEMERIS CONSTRUCTION FOR NEA'S OBSERVATIONS

P.V. Skripnichenko¹, T.Yu. Galushina²

¹Ural Federal University, ²Tomsk State University

E-mail: savl-silverheart@rambler.ru, volna@sibmail.com

In some cases ephemeris construction in form of asteroid probability domain projection on celestial sphere is required (review ephemeris). The technique of review ephemeris construction is proposed in the paper:

– evaluation of nonlinearity of probability domain construction problem on given time interval for NEAs;

– probability domain construction by linear method with use of isochronous derivatives on opposition moment for objects with weak nonlinearity;

– probability domain construction by nonlinear method by mapping of clone's ensemble on opposition moment for others NEAs.

This study allows separating NEAs on three groups:

- objects for which probability domains sizes are negligibly;
- objects for which probability domains sizes are higher than given critical value such as ephemeris observations aren't expedient;
- others NEAs for which construction and using of review ephemeris are acceptable.

ВЫСОКОТОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ОРБИТ АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЕЙ, ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ДАЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТРИ МОМЕНТА ВРЕМЕНИ

В.А. Шефер

Томский государственный университет
E-mail: shefer@niipmm.tsu.ru

С помощью двух разработанных автором методов нахождения промежуточной возмущенной орбиты малого небесного тела по трем парам наблюдений дальности и скорости изменения дальности выполнены тестовые расчеты по определению орбит ряда астероидов, сближающихся с Землей. Получены оценки точности этих методов в сравнении с точностью традиционно применяемой процедуры, основанной на использовании невозмущенной кеплеровской орбиты. Сравнение показывает, что предложенные методы являются эффективным средством изучения возмущенного и особенно сильновозмущенного движения.

Работа выполнена по заданию № 2014/223 (код проекта 1567) Министерства образования и науки Российской Федерации.

HIGH-ACCURACY DETERMINATION OF INITIAL ORBITS OF NEAR-EARTH ASTEROIDS FROM RANGE AND RANGE RATE MEASUREMENTS AT THREE TIMES

V.A. Shefer

Tomsk State University
E-mail: shefer@niipmm.tsu.ru

Two methods that the author developed for finding the intermediate perturbed orbit of a small celestial body from three pairs of range and range rate observations are applied to the determination of orbits of some Near-Earth asteroids. The estimations of the method errors are obtained in comparison with the errors of the commonly used procedure based on the construction of the unperturbed Keplerian orbit. The comparison shows that the methods proposed are an efficient means for studying the perturbed and strongly perturbed motion.

The work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project no. 2014/223(1567).

СБЛИЖЕНИЯ АСТЕРОИДОВ С ЗЕМЛЕЙ

Н.Ю. Емельяненко, С.А. Нароенков

ИНАСАН

E-mail: nyuemel@inasan.ru, snaroenkov@inasan.ru

Исследуются сближения наблюдаемых околоземных астероидов с Землей. Рассматриваются низкоскоростные и высокоскоростные сближения. Выделяются особенности сближений. Обсуждается вопрос о возможности посадки КА на астероид во время низкоскоростного сближения.

ENCOUNTERS OF ASTEROIDS WITH THE EARTH

N.Yu. Emel'yanenko, S.A. Naroenkov

INASAN

E-mail: nyuemel@inasan.ru, snaroenkov@inasan.ru

Encounters of observed near-Earth asteroids with the Earth are investigated. The low-velocity and high-velocity encounters are considered. Features of the encounters are studied. Possibilities of a spacecraft landing on an asteroid during the low-velocity approach are discussed.

О ПОЯВЛЕНИИ И ИСЧЕЗНОВЕНИИ ЛОЖНОГО ЯДРА КОМЕТЫ ЭНКЕ ВБЛИЗИ СОЛНЦА

Ю.Д. Медведев, Ю.А. Чернетенко

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: medvedev@ipa.nw.ru; cya@ipa.nw.ru

На интервале 1993-2014 гг., охватывающем 7 появлений кометы, включающих 3042 наблюдения, получена орбита кометы Энке. Учет негравитационных эффектов проводился по модели Марсдена. Были получены следующие значения составляющих негравитационного ускорения: $A_1 = 0.0081 \pm 0.0006$ и $A_2 = -0.000656 \pm 0.000001$, что близко к значениям, приводимым на сайте Центра Малых планет (http://www.minorplanetcenter.net/db_search/). Анализ остаточных разностей (O-C) показал, что вблизи перигелиев всех рассматриваемых появлений значительно возрастает количество наблюдений, которые исключаются из решения МНК, т.к. их значения превышают критерий 3σ . Эти аномальные наблюдения наблюдаются на интервале нескольких десятков суток до и после перигелия. Вполне вероятно, что при приближении к перигелию в атмосфере кометы появляется второе (ложное) ядро или сгущение, которое исчезает (испаряется или сталкивается с основным ядром) по мере удаления кометы от перигелия.

Выполнен анализ значений (O-C) для поиска закономерностей появления и исчезновения этого ложного ядра, а также изменений его положений относительно центра инерции кометы.

THE APPEARANCE AND DISAPPEARANCE OF THE FALSE NUCLEUS OF COMET ENCKE NEAR THE SUN

Yu.D. Medvedev, Yu.A. Chernetenko

IAA RAS

E-mail: medvedev@ipa.nw.ru; cya@ipa.nw.ru

The orbit of comet Encke was obtained using 3042 optical observations during 1993-2014. This interval includes 7 appearances of the comet. We used Marsden' model for taking into account nongravitational forces. The following values of components of nongravitational acceleration were obtained: $A_1 = 0.0081 \pm 0.0006$ and $A_2 = -0.000656 \pm 0.000001$. These values are in good agreement with data of MPC (http://www.minorplanetcenter.net/db_search/). Analysis of residuals showed that near perihelion data of all considered appearances the number of erroneous observations increased considerably. These observations were excluded from LSM solution in accordance with criterion of 3σ . The unusual observations were observed during several tens of days before and after all considered perihelion points. It is possible, that during approaching a perihelion point some false nucleus or bright condensation was observed instead of real nucleus. This condensation was disappeared after perihelion passage.

Analysis of (O-C) values was fulfilled for search of regularities in appearance and disappearance of false nucleus and in its motion with respect to inertia center of comet nucleus.

СОПОСТАВЛЕНИЕ КООРДИНАТ БОЛЬШИХ ПЛАНЕТ, ЛУНЫ И СОЛНЦА, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ НОВОГО ПРИНЦИПА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И БАНКА ДАННЫХ DE405

А.Ф. Заусаев

Самарский государственный технический университет

E-mail: zausaev_af@mail.ru

Рассмотрен новый принцип взаимодействия окружающего пространства с материальными телами. Тяготение объясняется свойством сжатия пространства относительно движущихся материальных тел. Получены дифференциальные уравнения движения n материальных тел в барицентрической системе координат. Путем численного интегрирования уравнений движения вычислены оскулирующие элементы орбит больших планет, Луны и Солнца на интервале времени (1600 - 2200 гг.). Результаты вычислений сопоставлены с элементами орбит определенных по данным координат и скоростей DE405. Показано, что координаты, скорости и элементы орбит больших планет, найденные по новому алгоритму, удовлетворительно согласуются с DE405. Координаты Луны также удовлетворительно согласуются с координатами, полученными с помощью банка данных DE405, несмотря на то, что полученные уравнения не содержат членов, учитывающих несферичность Земли и Луны, являясь при этом нерелятивистскими уравнениями.

Следует отметить, что полученные уравнения движения обладают преимуществом по сравнению с классическими и релятивистскими уравнениями, так как с помощью механики Ньютона и релятивистских уравнений движения, не представляется возможным построить теорию движения Земли и Луны в отдельности на интервале времени (1600 - 2200 гг.) без учета несферичности их фигур.

COMPARISON OF COORDINATE MORE PLANETS THE MOON AND THE SUN, OBTAINED BASED ON A NEW PRINCIPLE OF INTERACTION AND OF THE BANK DATA DE405

A.F. Zausaev

Samara State Tehnical University

E-mail: zausaev_af@mail.ru

A new principle of interaction of the surrounding space with material bodies is researched. Gravity explained by the properties compression space relative to the moving of material body. Differential equations of motion of n material bodies in barycentric coordinate system were obtained. By numerical integration of the equations of motion are calculated osculating orbital elements of large planets, the Sun and Moon in the time interval (1600 - 2200 years). The calculation results are compared with orbits elements which were determined in accordance with the coordinates and velocities DE405. It is shown that the coordinates, velocities and orbital elements of large planets found by the new algorithm, in satisfactory agreement with the DE405. The coordinates of Moon to found also in satisfactory agreement with the coordinates obtained using the data bank DE405, despite the fact that these equations do not contain expression that take into account the non-sphericity of the Earth and the Moon, being a non-relativistic equations.

It should be noted that obtained equations of motion have the advantage over classical and of relativistic equations, since using of Newtonian mechanics and of relativistic equations of motion, it is not possible to construct a theory of lunar motion and Earth in the time interval (1600-2200 years), without taking into account deviation of the figures from the spheroid.

МЕТОДИКА ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА СВЕРХДЛИННЫХ БАЗАХ (~ 152 КМ)

А.В. Голубаев

НИИ астрономии ХНУ им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

E-mail: Alexandr_sky@mail.ru

Систематическое изучение метеорных явлений в Одессе проводится с 1953 года. В 2003 году завершена модернизация наблюдательной аппаратуры и создан метеорный ТВ-патруль на базе видеокамер WATEC LCL 902. Используется широкий набор конструкций наблюдательной аппаратуры: от телескопа системы Шмидта ($F = 540$ мм, $F/D = 2.25$, поле зрения $FOV = 0.68^\circ \times 0.51^\circ$, предельная звездная величина $SLM = 13.5$ mag, астрометрическая точность – 1-2") до объективов типа "Рыбий глаз" ($F = 8$ мм, $F/D = 3.5$, $FOV = 36^\circ \times 49^\circ$, $SLM = 7$ mag).

Представлены базисные наблюдения в Одессе (станция Крыжановка) и на острове Змеиный в 2010 и 2011 годах. Наблюдения проводились одновременно с двух пунктов, расположенных на расстоянии 152 км. Во время наблюдений в августе 2010 года и августе 2011 г. были зарегистрированы ~150 метеорных событий. Представлены некоторые предварительные результаты.

Для обработки ТВ наблюдений метеоров было создано программное обеспечение. Это позволяет осуществлять весь цикл обработки базы данных: от предварительной обработки метеорных изображений до вычисления элементов орбиты. В разработанном программном обеспечении реализуются астрометрические измерения, расчет траектории метеора в атмосфере Земли и вычисления гелиоцентрической орбиты.

Ошибка определения траектории метеора составляет $\sim (10 - 12)''$. Ошибка определения полюсов большого круга траектории метеора $\sim (3-13)'$. Ошибка определения радианта метеора $\sim (0.5-1.5)^\circ$. Ошибка определения атмосферной скорости метеора – порядка 3%.

A TECHNIQUE FOR CALCULATING THE BASIC KINEMATIC PARAMETERS OF METEORS BASED ON THE SUPER-LONG STATION OBSERVATIONS (~ 152 KM)

A.V. Golubaev

Institute of Astronomy, Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine

E-mail: Alexandr_sky@mail.ru

Systematical study of the meteor events in Odessa are being carried out since 1953. In 2003 complete modernization of the observing technique was performed, and TV meteor patrol on the base of WATEC LCL902 cameras was created. Wide variety of mounts and objectives are used: from Schmidt telescope $F = 540$ mm, $F/D = 2.25$ (field of view $FOV = (0.68 \times 0.51)^\circ$, star limiting magnitude $SLM = 13.5$ mag, star astrometric accuracy – 1-2 arcsec) up to Fish-eye lenses $F = 8$ mm, $F/D = 3.5$ ($FOV = (36 \times 49)^\circ$, $SLM = 7$ mag).

Basis observations during 2010 and 2011 in Odessa (Kryzhanovka station) and Zmeiny island are presented. The observations are carried out simultaneously from two points placed at the distance of 152 km. During 2010 (August) and 2011 (August) meteor events were registered (~150 meteor events). Some preliminary results are presented here.

Software was created for processing of meteor TV observations. It enables one to carry out the whole cycle of data processing: from image preprocessing up to orbital elements determination. Astrometry, calculation of meteor trajectory in Earth atmosphere and computation of heliocentric orbit are realized in developed software.

Error of determination of the meteor trajectory arc $\sim (10-12)$ arcsec. Error of determination of the large circle pole of the meteor trajectory is $\sim (3-13)$ arcmin. Error of determination of the meteor radiant $\sim (0.5-1.5)^\circ$. Error of determination of the meteor velocity atmospheric $\sim 3\%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ СУМЕРЕЧНЫХ БОЛИДОВ НАД КИЕВОМ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

К.И. Чурюмов¹, А.Ф. Стеклов^{2,3}, А.П. Видьмаченко², Е.А. Стеклов, Г.Н. Дашкиев³

¹АО КНУ им. Т.Шевченко, ²ГАО НАНУ, ³МАУП

E-mail: vida@mao.kiev.ua

Болид – это метеорное явление ярче -4^m . Если такой пылевой след освещается лучами только что зашедшего Солнца, то он бывает виден как яркая серебристая полоса на фоне сумеречного неба. Поэтому мы назвали их сумеречные болиды. В последние годы американские геостационарные спутники неоднократно регистрировала в атмосфере Земли вспышки ярче -17^m . Характерный начальный размер таких каменных тел составляет 1-3 м. Если эти метеороиды состоят из снега и льда (остатки кометных ядер), то их размер увеличивается до десятков метров. После явления Челябинского болида исследователи предположили, что такое зрелище следует ожидать через 100-150 лет. Но уже вечером 29.03.2013 нам удалось зарегистрировать редкое явление сразу трех болидных следов в сумеречном небе над Киевом. Они образовались в течение 12 секунд в результате падения трех довольно крупных фрагментов, возможно, кометного ядра. Следы были видны около 20 минут. Вечером 27.10.2013 мы снова наблюдали падения яркого (-16^m) болида над Киевом. Его пылевой след был виден около 50 минут. За 2 года мы получили несколько тысяч разных «следов на небе», которые мы предлагаем классифицировать на следующие четыре типа: АМ – аэрометеорологические, АТ – аэротехнические, АК – аэрокосмические, ДРУГИЕ – пока не классифицированные. Детальное изучение нашей фототеки позволяет сделать такие заключения: 1.Нами открыт новый класс астрономических объектов – остатки кометных ядер, «царапающих» Землю (эрдгрейзеры). 2.Предложен и опробован новый эффективный класс сумеречных наблюдений болидов.

THE RESULTS OF OBSERVATIONS OF THE TWILIGHT FIREBALLS OVER KYIV AND THEIR CLASSIFICATION

K.I. Churyumov¹, A.F. Steklov^{2,3}, A.P. Vidmachenko², E.A. Steklov, G.N. Dashkiev³

¹AO KNU, ²MAO NASU, ³IAPM

E-mail: vida@mao.kiev.ua

Fireball – a meteoritic phenomenon brighter -4^m . If such dust track illuminated by rays of the just-gone sun, it can be visible as a bright silvery stripe against the twilight sky. We therefore called them twilight fireballs. In recent years the US geostationary satellites has repeatedly registered in Earth's atmosphere flash brighter -17^m . The characteristic initial size of such stony body is 1-3 m. If these meteoroids are composed of ice and snow (fragments of comet nuclei), their size increases up to tens of meters. After the event of Chelyabinsk bolide researchers suggested that such sight should be expected in 100-150 years. But in the evening of 29.03.2013 we were able to register a rare phenomenon of three fireball traces in the twilight sky over Kiev. They were formed during the 12 seconds after falling of three large fragments perhaps of cometary nucleus. Traces were visible for about 20 minutes. In the evening of 10/27/2013 we again observed a falling of bright (-16^m) fireball over Kiev. Its dust trail was visible about 50 minutes. Over 2 years we have received several thousands of different "tracks in the sky". We propose to classify them into the following four types: AM - aerometeorological, AT - aero-technical, AK - aerospace, others - not yet classified. A detailed study of our photo library allows to make such conclusions.

1. We have discovered a new class of astronomical objects - fragments of of cometary nuclei, "scratching" the Earth (erdgreyzers).

2. Is proposed and tested a new class of effective twilight observations of fireballs.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЯДА АСЗ

М.П. Щербина¹, С.И. Барабанов², В.В. Бусарев^{1,2}

¹ГАИШ МГУ, ²ИНАСАН

E-mail: morskayaa906@yandex.ru

Нами проведены наблюдения, расчет и анализ спектров отражения в диапазоне 0.35-0.92 мкм 8 астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ). Наблюдения астероидов были выполнены в 2013-2014 гг. на 2-м телескопе с ПЗС-спектрографом Терскольской обсерватории ИНАСАН с целью оценки их таксономических типов и состава вещества.

Полученные результаты показывают, что несколько изученных сближающихся с Землей астероидов имеют неоднородный состав вещества, судя по вариациям их спектров отражения в пределах соседних таксономических классов. Интересно, что некоторые из этих астероидов являются двойными. В докладе на конференции будут представлены полученные спектры отражения астероидов и проведена их интерпретация.

SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF A SOME NEAS

M.P. Scherbina¹, S.I. Barabanov², V.V. Busarev^{1,2}

¹SAI MSU, ²INASAN

E-mail: morskayaa906@yandex.ru

We have carried out observation, calculation and analysis of reflectance spectra in the range of 0.35-0.92 μm of 8 near-Earth asteroids (NEAs). Observations of the asteroids were performed in 2013-2014, using 2-m telescope with a CCD-spectrograph of INASAN Terskol observatory to estimate their taxonomic types and compositions. The results show that some of studied asteroids have a heterogeneous composition of matter, according to variations of their reflectance spectra within close taxonomic classes. Interestingly, some of the asteroids are double. The obtained reflectance spectra and their interpretation will be given in our report at the conference.

О МЕТОДИКЕ ОТБРАКОВКИ НАБЛЮДЕНИЙ АСЗ С ПЛОХООПРЕДЕЛЕННОЙ ОРБИТОЙ

К.А. Безгодов¹, П.В. Скрипниченко¹, Т.Ю. Галушина²

¹Уральский федеральный университет, ²Томский государственный университет

E-mail: ¹savl-silverheart@rambler.ru, ²volna@sibmail.com

Классическим методом оценки точности позиционных наблюдений малых тел Солнечной системы является расчет разностей (О-С). Однако для объектов с плохоопределенной орбитой подобного рода оценка точности не всегда достоверна, так как даже для потенциально точных наблюдений разности (О-С) могут быть велики в силу неточности используемых элементов орбиты. В данной работе используется методика оценки точности наблюдений, основанная на улучшении элементов орбит с использованием оцениваемых наблюдений. Для апробации методики применяется принцип моделирования наблюдений с варьированием значения закладываемой ошибки. Моделирование осуществлялось двумя методами:

– Элементы орбиты исследуемого объекта улучшаются по всем наблюдениям с отбраковкой по 3σ . На момент следующей оппозиции моделируются наблюдения с варьированием ошибки, анализируется поведение среднеквадратической ошибки.

– Элементы орбиты исследуемого объекта улучшаются по всем наблюдениям с отбраковкой по 3σ . На момент следующей оппозиции моделируются наблюдения с небольшой ошибкой, на момент еще одной оппозиции – с более значительной. Анализируется поведение среднеквадратической ошибки и результат отбраковки.

Проведенное исследование показало пригодность методики для отбраковки наблюдений объектов с плохоопределенной орбитой.

ABOUT TECHNIQUE OF OBSERVATIONS REJECTION FOR NEAS WITH ILL-DEFINED ORBITS

K.A. Bezkodov¹, P.V. Skripnichenko¹, T.Yu. Galushina²

¹Ural Federal University, ²Tomsk State University

E-mail: ¹savl-silverheart@rambler.ru, ²volna@sibmail.com

The classical method of positional NEAs observations accuracy evaluation is calculation of residuals (O-C). However for objects with ill-defined orbits such evaluations aren't always reliability since even for potentially accurate observations residuals (O-C) may be high due to imprecision of used orbit's elements. Technique of observations accuracy evaluation which based on orbit elements improvement with use of estimated observations is described in the paper. The observations modeling principle with variation of mortgaged error is applied for technique approbation. The modeling was realized by two methods:

- Orbit elements of investigated object are improved with all observations with 3-sigma method rejection. Observations with variation of error are modeled on next opposition moment and mean-square error behavior is analyzed.

- Orbit elements of investigated object are improved with all observations with 3-sigma method rejection. Observations with small error are modeled on next opposition moment and observations with more significant error are simulated on opposition after the next opposition. Mean-square error behavior and rejection result are analyzed.

The investigation demonstrated suitability of observations rejection technique for objects with ill-defined orbits.

НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ C/2011 L4 (PANSTARRS) В ТАДЖИКИСТАНЕ

Х.И. Ибадинов, А.М. Буриев

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан

E-mail: anvar10@mail.ru

Позиционные наблюдения кометы C/2011 L4 (PANSTARRS) проведены в Гиссарской астрономической обсерватории и Международной астрономической обсерватории Санглох Института астрофизики АН РТ в мае-июне 2013 г. Определены положения и орбита кометы. В результате фотометрических наблюдений кометы в BVRI фильтрах определен блеск кометы и построена кривая блеска.

OBSERVATIONS OF THE COMET C/2011 L4 (PANSTARRS) IN TAJIKISTAN

K.I. Ibadinov, A.M. Buriev

Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

E-mail: anvar10@mail.ru

Positional observations of comet C/2011 L4 (PANSTARRS) were held in the Hissar and Sanglokh Astronomical observatories of the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan during May – June 2013. The comet positions and orbit were determined. Using the BVRI photometric observations of comet its brightness and the light curve were found.

О ТОЧНОСТИ КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РАЗМЕРОВ АСТЕРОИДОВ

А.В. Мороженко, А.П. Видьмаченко

ГАО НАНУ

E-mail: vida@mao.kiev.ua

Линейные размеры большинства астероидов оцениваются исходя из данных об их звездной величине $m(\alpha)$ и альбедо $A(\alpha)$ (обычно в V фильтре). Ошибка в определении звездной величины астероида составляет несколько тысячных величины. Поэтому

надежность оценки его размера практически определяется погрешностью в определении альbedo. Последнее получают поляриметрическим и тепловым методами. В первом, оценивается геометрическое альbedo в оппозицию $A(0^\circ)$, во втором – болометрическое альbedo A_i . Предполагается, что последнее значение практически равно сферическому альbedo A_s в V фильтре. Что касается точности этих двух методов, то было установлено, что определенные по ним размеры могут отличаться до 30% и более. Это указывает на невысокую надежность таких оценок. В докладе мы показали пути повышения точности определения размеров астероидов обоими методами.

ON THE ACCURACY OF INDIRECT METHODS OF THE SIZE ASTEROIDS ESTIMATING

A.V. Morozhenko, A.P. Vidmachenko

MAO NASU

E-mail: vida@mao.kiev.ua

The linear size of the majority of asteroids is estimated on the basis of data on their stellar magnitude $m(\alpha)$ and the albedo of $A(\alpha)$ (usually in the V filter). Error in the determination magnitude of the asteroid is a few thousandths of a magnitude. Therefore, the reliability of estimates of its size is almost determined by the error in the determination of the albedo. The last obtained by the polarimetric and thermal methods. With the first method, evaluated geometric albedo in opposition $A(0^\circ)$, in the second - bolometric albedo A_i . It is assumed that the latter value is almost equal to the spherical albedo A_s in the V filter. As for the accuracy of these two methods, it has been found that a certain of these methods may be different sizes up to 30% or more. It does not indicate the high reliability of the estimates. The report we have demonstrated ways to improve the accuracy of determining the size of asteroids by both methods.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ И ГЕОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ГАЛИЛЕЕВОГО СПУТНИКА ЮПИТЕРА ЕВРОПЫ

В.И. Шавловский, А.П. Видьмаченко

ГАО НАНУ

E-mail: svitaly@mao.kiev.ua

При малых солнечных фазовых углах α безатмосферные поверхности спутников планет демонстрируют оппозиционный эффект (ОЭ): нелинейное увеличение яркости при приближении α к 0° . Параметры фазовой функции вблизи оппозиции позволяют судить о степени пористости, компактности исследуемой поверхности и физических условиях ее образования. Для разделения солнечных и орбитальных вариаций яркости Шавловским предложена и опробована четырех параметрическая модель для отличающихся по своим свойствам ведущего и ведомого полушарий спутника. Используя полученные по уравнениям теории Хапке солнечные фазовые функции, для обоих полушарий Европы в двух длинах волн получены значения полуширины оппозиционного эффекта на половине максимума оппозиционной амплитуды. Его значения для $\lambda=470$ нм равны 0.166° и 0.257° для ведущего и ведомого полушарий соответственно, для $\lambda=55$ нм – 0.171° и 0.260° . Полученные значения фотометрических параметров показывают, что поверхность ведущего полушария Европы состоит из частиц, имеющих более сильное обратное рассеяние и более пористое состояние, чем поверхность ведомого. Величина альbedo однократного рассеяния w отдельной частицы поверхности и амплитуда оппозиционной волны B практически одинаковы для обоих полушарий и в обеих длинах волн.

SPECTROPHOTOMETRY AND SURFACE GEOLOGY OF THE GALILEAN SATELLITE OF JUPITER EUROPE

V.I. Shavlovskiy, A.P. Vidmachenko

MAO NASU

E-mail: svitaly@mao.kiev.ua

For small solar phase angles α of sinatmospheric surface of planetary satellites show the opposition effect (OE): a nonlinear increasing in brightness at approaching α to 0° . The parameters of the phase function near the opposition allow to choose between the shadow mechanism of OE formation and coherent backscattering, and be concluded about the degree of porosity, compactness of investigated surface and on the physical conditions of its formation. For the separation of solar and orbital variations of brightness Shavlovskiy proposed and tested four-parameters model for the properties of Europe leading and trailing hemispheres. Using the solar phase functions obtained from equations of Hapke theory, the values of amplitude of the opposition half-width at half maximum of opposition effect for both Europe hemispheres were obtained for two wavelengths. Its value for $\lambda=470$ nm equal 0.166° and 0.257° for leading and trailing hemispheres respectively, for $\lambda=550$ nm – 0.171° and 0.260° . These values for the photometric parameters indicate that the surface of the leading Europe hemisphere consists of particles having more strong coherent backscattering and more porous than the surface of the trailing one. The value of the single scattering albedo w of a surface single particle, and the amplitude of the opposition wave B are almost identical for both hemispheres and for both wavelengths.

КВАЗИСИНХРОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ АСТЕРОИДА 8355 MASUO (1989 RQ1) В ОБСЕРВАТОРИИ НА ПИКЕ ТЕРСКОЛ И В СИМЕИЗСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В СЕНТЯБРЕ 2014 Г.

С.И. Барабанов¹, Е.С. Баканас¹, В.Б. Пузин¹, И.В. Николенко²

¹ИНАСАН, ²КрАО

E-mail: alena@inasan.ru

Орбита астероида 8355 Masuo (1989 RQ1) пересекает орбиту Марса, с Землей не имеет тесных сближений, минимальное расстояние между его орбитой и орбитой Земли MOID ~ 0.65 а.е. Наблюдения астероида были проведены квази-синхронно на п.Терскол и в Симеизской обсерватории. В Терскольской обсерватории за две ночи получен ряд спектров астероида. Параллельно было проведено сохранение изображений с ПЗС-камеры, предназначенной для гидирования при получении спектра. В Симеизской обсерватории были получены за одну из этих ночей фотометрические кривые в фильтрах BVRI, по которым проведена оценка спектрального класса и диаметр астероида.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ОРБИТ

В.Б. Кузнецов

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: v.kuznetsov@ipa.nw.ru

Предлагается универсальный метод определения предварительных орбит по наблюдениям, разделённым произвольными интервалами времени. Из уравнений Ламберта, в форме Шефера, выводятся системы уравнений для определения орбит. В случае орбит, не лежащих в плоскости движения наблюдателя, задача сводится к решению системы из двух трансцендентных уравнений относительно двух неизвестных топоцентрических расстояний. Если же наблюдатель и объект движутся в одной плоскости, система трансцендентных уравнений дополняется ещё одним уравнением и одним неизвестным расстоянием.

Использование в уравнениях гипергеометрических функций позволяет определять орбиты независимо от значений их эксцентриситета. Для эллиптических орбит возможен поиск решений на интервалах времени покрывающих несколько оборотов тела вокруг центра притяжения. Метод иллюстрируется примерами определения орбит ИСЗ.

AN UNIVERSAL METHOD OF PRELIMINARY ORBIT DETERMINATION

V.B. Kuznetsov

IAA RAS

E-mail: v.kuznetsov@ipa.nw.ru

A new universal method of the classical angles only initial orbit determination problem has been developed. The method is based on the universal Lambert equations in Shefer's form. For noncoplanar orbits, we shall obtain a system of two transcendental equations with two unknown topocentric distances. For coplanar orbits, the system is added by one equation and one unknown distance. The using of hypergeometric functions are allowed to determinate the orbits without eccentricity limitation. The intervals between observations are not restricted and may cover multirevolution arc for elliptic orbits. The motion in ecliptic plane is examined also. The method is illustrated by some examples of artificial satellites orbits determination.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ФОТОМЕТРИИ АСТЕРОИДА (24533) КОКHIPOVA

С.Х. Абдуллоев

Институт астрофизики АН республики Таджикистан

E-mail: a-bakhodur@mail.ru

27-30 августа 2014 г. на телескопе Цейсс-600 Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС ИА АН РТ) были проведены наблюдения астероида (24533) Kokhirova. В течение четырёх ночей наблюдений было получено 824 изображений объекта. Для определения блеска астероида (24533) Kokhirova были использованы 8 звезд сравнения из каталога Tycho со спектральными классами от A0 до близких к спектральному классу Солнца. На тот момент объект находился в созвездии Рыб, блеск равнялся 17.8 звездной величины, фаза составляла 15.8 %, расстояние от Земли $\Delta = 2.3$ а.е. (350.4 млн. км), расстояние от Солнца $r = 3.0$ а.е. (455.25 млн. км). Разброс наблюдательных точек находится в интервале от 17.4 до 18.2 звездной величины. На основе спектра мощности определен ранее неизвестный период вращения астероида, равный 14.4 ч. Оценки показали, что площадь одной части фигуры астероида относительно другой отличается в 1.5 раза, что в общем, создает сложную переменность в амплитуде блеска при вращении астероида. На этой основе сделано предположение, что геометрическая фигура астероида не является сферической. Оценен диаметр астероида, который составил 12 км.

THE RESULTS OF THE ASTEROID (24533) KOKHIROVA PHOTOMETRY

S.Kh. Abdulloev

Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

E-mail: a-bakhodur@mail.ru

Observations of the asteroid (24533) Kokhirova were carried out by the telescope Zeiss-600 of the International Astronomical Observatory Sanglok (IAOS IA AS RT) on 27-30 August 2014. During the observations 824 object's images were obtained. To determine asteroid brightness 8 comparison stars of the Tycho catalogue were used with spectral classes from A0 to spectral class close to the Sun. At that time, the object was in the Pisces constellation, its brightness was equal to 17.8 magnitude, phase was 15.8%, distance from the Earth $\Delta = 2.3$ AU (350.4 million km), distance from the Sun $r = 3.0$ AU (455.25 million km). The deviation of the observation points lies

in the range from 17.4 to 18.2 magnitudes. On the basis of the power spectrum previously unknown asteroid's rotation period was defined, which is equal to 14.4 hours. Estimates have shown that the square of one portion relative to another of the asteroid's figure differs by 1.5 times, which creates a complicated variability in the amplitude of the brightness under the rotation of asteroid. On this basis, the assumption was made that the geometric figure of asteroid is not spherical. The asteroid diameter was estimated as 12 km.

МЕТЕОРОИДНЫЕ ПОТОКИ ВБЛИЗИ ЗЕМЛИ – ПЕРСПЕКТИВЫ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

С.И. Барабанов

ИНАСАН

E-mail: sbarabanov@inasan.ru

Приводится краткий обзор работ, в том числе выполненных в ИНАСАН, по поиску тел с размерами более 1 метра в метеороидных потоках и связанных с ними ассоциациях. Дается обоснование выбора отдельных метеороидных потоков для регулярного поиска в них тел с размерами более 1 м и постановки наблюдательной задачи для сети широкоугольных телескопов нового поколения.

THE METEOROID STREAMS NEAR THE EARTH – PROSPECTS OF OPTICAL OBSERVATIONS

S.I. Barabanov

INASAN

E-mail: sbarabanov@inasan.ru

The brief survey of works including the works carried out in INASAN for finding bodies with size of 1 meter and more in meteoroid streams and in the associations related with the streams is presented. Substantiation of choice of selected meteoroid streams for regular search of bodies with size of 1 meter and more is given. The observational task of research these bodies for network of contemporary wide-angle telescopes is stated.

НОВЫЙ ПОДХОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ ВНЕАТМОСФЕРНОЙ ОРБИТЫ ЯРКИХ БОЛИДОВ

И.Н. Чувашов¹, С.А. Нароенков²

¹Томский государственный университет, ²ИНАСАН

E-mail: ¹chuvashovin@gmail.com, ²snaroenkov@inasan.ru

Определение орбит метеоров является довольно сложной задачей по двум причинам. Первая – вся наблюдательная дуга движения метеора лежит в атмосфере. Следовательно, методы, которые используются для определения орбит, должны точно представлять движение объекта в атмосфере. Кроме того, из-за нагрева метеора в атмосфере, перед объектом возникает раскаленная плазма, которая увеличивает торможение объекта в атмосфере. Этот эффект можно промоделировать, представляя параметр миделевого сечения как функцию изменения скорости.

Второй причиной является короткое время нахождения объекта в атмосфере. Из-за больших скоростей, особенно когда движение космического объекта направлено против направления движения Земли, время сгорания метеора составляет одну–две секунды, что может оказаться не достаточным для его идентификации. Эта проблема решается наблюдением данного объекта несколькими станциями слежения и применением комбинированных методов нахождения минимума целевой функции.

A NEW APPROACH IN DETERMINING THE ORBIT OF EXTRATERRESTRIAL BRIGHT FIREBALLS

I.N. Chuvashov¹, S.A. Naroenkov²

¹Tomsk State University, ²INASAN

E-mail: ¹chuvashovin@gmail.com, ²snaroenkov@inasan.ru

Determination of the orbits of meteors is quite challenging for two reasons. First - the whole arc of motion of the meteor observation lies in the atmosphere. Hence, the methods are used to determine the orbits must accurately represent the movement of the object in the atmosphere. In addition, due to the heating of a meteor in the atmosphere, in front of the object there is a red-hot plasma, which strongly inhibits the object in the atmosphere. This effect can be simulated by using the middle section as a function of changes in the initial (the rate at the time of the first observation) and the current speed.

The second reason is the short residence time of the object in the atmosphere. Because of the high speeds, especially when the movement of a space object is directed against the direction of movement of the Earth, while the combustion of a meteor is one or two seconds that may not be sufficient to identify it. This problem is solved by the observation of the object several tracking stations and using the combined methods of finding the minimum of the objective function.

НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ С СИСТЕМОЙ МИНИ-МЕГАТОРТОРА (ММТ)

Н.В. Орехова¹, Г.М. Бескин², А.В. Бирюков⁴, С.Ф. Бондарь¹, Е.А. Иванов¹,
С.В. Карпов², Е.В. Каткова¹, А.В. Перков¹, В.В. Сасюк³, М.Г. Соколова⁴,
В.С. Усанин⁴, А.С. Шушпанов⁴

¹Филиал ОАО «НПК «СПП» «СОН «Архыз», ²САО РАН, ³ООО «Параллак»,

⁴Казанский федеральный университет

E-mail: elvilforeva@gmail.com

Описаны результаты оптических наблюдений метеоров с помощью 9-канальной широкоугольной системы высокого временного разрешения ММТ. В процессе мониторинга небесной сферы с временным разрешением 0.1 с и полем зрения 900 кв. градусов обработка поступающей информации в реальном времени позволяет классифицировать метеоры как протяженные движущиеся источники. Каждому объекту соответствует последовательность кадров (в одном или нескольких каналах), на которых он уверенно регистрируется, от момента обнаружения до исчезновения. Все эти данные, накопленные за ночь, и результаты обработки кадров в реальном времени сохраняются в базе данных. Последняя содержит информацию о блеске, траектории, скорости и длительности событий с временным разрешением 0.1 секунды.

За один год работы системы (около 200 наблюдательных ночей) было обнаружено свыше 65 тысяч метеоров, в среднем 300-350 за ночь. Их длительность менялась от 0.1 до 2.5 с при угловой скорости вплоть до 38 °/с.

Самые слабые метеоры имели блеск в максимуме трека около 10 mag, причем эта характеристика для большинства объектов лежит в диапазоне от 4 до 8 mag, что в среднем на 5 звездных величин больше, чем у метеоров из баз данных EDMOND и SonotaCo.

Свыше десятка объектов наблюдались одновременно в BVR полосах несколькими каналами системы. Для них определены вариации цветов вдоль трека.

METEOR OBSERVATIONS WITH MINIMEGATORTORA (MMT)

WIDE-FIELD SYSTEM

**N.V. Orekhova¹, G.M. Beskin², A.V. Biryukov⁴, S.F. Bondar¹, E.A. Ivanov¹, S.V. Karpov²,
E.V. Katkova¹, A.V. Perkov¹, V.V. Sasyuk³, M.G. Sokolova⁴, V.S. Usanin⁴, A.S. Shushpanov⁴**

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

E-mail: elvilforeva@gmail.com

Here we report on the results of meteor observations with 9-channel MMT-9 wide-field optical monitoring system with high temporal resolution. MMT-9 continuously monitors the sky with 0.1 s temporal resolution in 900 square degrees field of view, detecting various kinds of transient events, including the meteors, on the fly using the real-time data processing pipeline. The meteors are extracted by its elongated shape and all the images containing them, obtained by either one or several channels, are analyzed automatically to derive its brightness along the trail, trajectory, angular velocity and duration. All these data are stored to the database.

During first year of operation (about 200 observational nights) more than 65 thousand of meteors have been detected, at a rate of 300-350 per night, with durations from 0.1 to 2.5 seconds and angular velocities up to 38 degrees per second.

The faintest detected meteors has the peak brightness about 10 mag, while the majority - from 4 to 8 mag, and are much fainter than the meteors from EDMOND and SonotaCo databases.

More than 10 objects have been observed in BVR filters by several channels simultaneously. Color variations along the trail for the mare determined.

СБЛИЖЕНИЯ МАЛЫХ ТЕЛ С ПЛАНЕТАМИ

Н.Ю. Емельяненко

ИНАСАН

E-mail: nyuemel@inasan.ru

Изучаются сближения наблюдаемых комет семейства Юпитера с большими планетами. Вычисляются, анализируются и сравниваются эволюции орбит комет из зоны пересечения орбит между Юпитером и Сатурном и вне этой зоны. Вычисляются орбиты, для которых постоянная Тиссерана относительно планеты равна трем.

ENCOUNTERS OF SMALL BODIES WITH PLANETS

N.Yu. Emel'yanenko

INASAN

E-mail: nyuemel@inasan.ru

Encounters of observed comets of the Jupiter family with large planets are studied. Orbital evolutions from a crossing zone of Jupiter and Saturn orbits and outside this zone are calculated, analyzed and compared. Orbits with the Tisserand constant equal three with respect a planet are calculated.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОИСКА КОМЕТНОГО ВЕЩЕСТВА НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

К.И. Чурюмов¹, А.П. Видьмаченко², А.Ф. Стеклов^{2,3}

¹АО КНУ им. Т.Шевченко, ²ГАО НАНУ, ³МАУП

E-Mail: star1955@mail.ru

В составе 15 основных метеорных потоков в околоземном космическом пространстве движутся метеоритные тела, которые являются осколками астероидов и кометных ядер. При входе в атмосферу на скорости 11-72 км/с происходит их разогрев и свечение, часто приводящее к болидным явлениям. Найденные на поверхности Земли метеориты имеют оплавленную кору. Кора является хорошим теплоизолятором. Благодаря этому внутри

сохраняются даже такие минералы, которые обычно не выдерживают сильного нагрева (гипс и т.п.). Мы считаем, что для изучения природы кометных ядер и исследования первичного химического состава их вещества, необходимо тщательно изучать образцы упавшего на поверхность Земли метеоритного вещества. Чем большего размера такой образец, тем больше шансов, что не изменилась первоначальная структура и химический состав вещества, из которого он был образовано при зарождении планетезималей в Солнечной системе. Поэтому найти первичное кометное вещество можно здесь, на Земле, а не за миллионы километров в космосе. То есть, при исследовании химической природы подобных метеоритов в их составе можно обнаружить даже вещества, которые являются органическими соединениями биогенной природы: насыщенные и ароматические углеводороды, карбоновые кислоты, азотистые соединения и т.п. Из статистических исследований следует, что прародителями большинства метеорных потоков являются именно кометные ядра, имеющие рыхлую структуру.

ON POSSIBLE SEARCH OF COMETARY MATERIAL ON THE EARTH SURFACE

K.I. Churyumov¹, A.P. Vidmachenko², A.F. Steklov^{2,3}

¹АО КНУ, ²МАО НАСУ, ³ИАРМ

E-Mail: star1955@mail.ru

There are about 15 major meteor showers. Therefore, in the near-Earth space are moving meteoroids, which are fragments of asteroids and comet nuclei. When entering the atmosphere at a speed of 11-72 km/s they are heated and illuminated. This often leads to Fireball phenomena. Founded on the Earth surface meteorites have reflow bark. The bark is a good thermal insulator. Because of this, inside the meteorite saved even such minerals, which are usually not withstand intense heat (gypsum, etc.) We propose that to study the nature of cometary nuclei and of the chemical composition of their primary substance, must be carefully examined samples of meteoritic matter. The larger the size of such a sample, the greater chances that has not changed the original structure and chemical composition of the material from which it was formed during the formation of planetesimals in the Solar System. Therefore, to find the primary cometary material here on Earth, and not fly for millions of kilometers into space. That is, in the study of the chemical nature of such meteorites in their composition can be detected even substances which in modern ground conditions are natural organic nutrient compounds: saturated and aromatic hydrocarbons, carboxylic acids, nitrogenous compounds, etc. From statistical studies it is clear that the progenitors of most meteor showers are precisely the cometary nuclei, with a loose structure.

О РОДСТВЕ АСТЕРОИДА 2003ЕН1 И КОМЕТЫ 96Р/МАЧХОЛЦА 1

П.Б. Бабаджанов¹, Г.И. Кохинова¹, Ю.В. Обрубов²

¹Институт астрофизики АН Республики Таджикистан

²МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калужский филиал

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

Исследована дифференциальная эволюция орбит кометы 96Р/Мачхолца 1 и околоземного астероида (186256) 2003ЕН1 на интервале времени 28000 лет под действием планетных возмущений. Вычислены критерии Саутворта и Хокинса, Друмонта и Йопека, позволяющих измерить схожесть орбит, а также изменение критериев за этот период. Показано, что комета и астероид могут быть фрагментами ядра одной и той же более крупной кометы-родоначальницы комплекса Квадрантид. Дробление кометы-родоначальницы, возможно, произошло около 9500 лет назад. Околоземный объект 2003ЕН1 в действительности является угасшим осколком ядра прародительской кометы. Сделан вывод, что комета 96Р/Мачхолца 1, околоземный астероид группы Аполлона – (186256) 2003ЕН1 и метеороидный рой Квадрантид образуют комплекс родственных объектов.

ON ASSOCIATION OF THE ASTEROID 2003EH1 AND COMET 96P/MACHHOLZ 1

P.B. Babadzhanov¹, G.I. Kokhirova¹, Yu.V. Obrubov²

¹Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

²MSTU named after N.E. Bauman, Kaluga branch

E-mail: kokhirova2004@mail.ru

The differential orbital evolution of comet 96P/Machholz 1 and the near-Earth asteroid (NEA) (186256) 2003EH1 was investigated under the perturbing action of major planets for the time interval of 28 thousand years. The values of Southworth and Hawkins, Drummond and Jopek criteria of orbital similarity and its variation were calculated over this period. It was shown that comet and asteroid can be fragments of the same larger comet-progenitor of the Quadrantid complex. A break-up of the parent comet occurred possibly near 9500 years ago. The near-Earth object 2003EH1 is really the dormant fragment of the parent comet's nucleus. A conclusion was made that comet Machholz, Apollo group near-Earth asteroid (186256) 2003EH1 and Quadrantids meteoroid stream form the complex of related objects.

ПРОБЛЕМА ИЗУЧЕНИЯ И ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ МАЛЫХ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ

М.Г. Соколова, М.В. Сергиенко

Казанский федеральный университет

E-mail: smarina.63@mail.ru

Для большинства наблюдаемых малых метеорных потоков не определено родительское тело, что не позволяет исследовать структуру и эволюцию потоков, изучать степень их опасности для Земли. В базе данных Международной Метеорной Организации (ММО, www.imo.net/index.html) систематизирован реестр наблюдаемых малых метеорных потоков, для которых приводятся период действия, координаты радианта, скорости движения, моменты их максимальной активности (зенитное часовое число около 10 метеоров), статистика метеорных орбит потока, предположения об их родительском теле.

На основе наземных наблюдений для ряда малых метеорных потоков определены структурные параметры, изучены возможности применения различных критериев отождествления их с кометами или астероидами, выполнены и проанализированы результаты поиска родительских тел.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ – 747.

THE PROBLEM OF STUDYING AND IDENTIFICATION OF SMALL METEOR SHOWERS

M.G. Sokolova, M.V. Sergienko

Kazan Federal University

E-mail: smarina.63@mail.ru

For most of the observed small meteor showers are not defined parent body, which does not allow to investigate the structure and evolution of the showers, to assess the degree of their threat to Earth. In the database of the International Meteor Organization (IMO, www.imo.net/index.html) represented the list observed small meteor showers determination of the validity period, the coordinates, speed, moments of their maximal activity (zenith hourly number is about 10 meteors), shower meteor orbits, the parent body hypothesis.

On the basis of ground-based observations for small meteor showers the structural parameters, studied the possibility of applying different criteria identifying them with comets or asteroids, executed and analyzed results of search for parent bodies for a number of small meteor showers.

The work was supported by grant RFFI – 747.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРНОГО ПОТОКА ПЕРСЕИДЫ

А.П. Карташова, Г.Т. Болгова

ИНАСАН

E-mail: akartashova@inasan.ru

Представлены результаты телевизионных метеорных наблюдений метеорного потока Персеиды в 2012-2014 годах. Для наблюдения в широком поле использовались телевизионные системы (камера Watec LCL-902HS и объектив Computar 6/0.8) с полем зрения $50^\circ \times 40^\circ$, проникающей силой по звездам $+5.5^m$. Наблюдения проводились базисным методом с двух пунктов на расстоянии 20 км.

За три года наблюдений были получены регистрации примерно 1000 метеоров потока Персеиды. Вычислены основные параметры (радиант, геоцентрическая скорость, орбитальный параметры) для метеоров, полученных при базисных наблюдениях.

Дана оценка распределения Индекса метеорной активности (ИМА) Персеид в 2012-2014 гг. Показано, что максимум потока Персеид происходил 12 августа ($\lambda_\odot = 140.1$) с максимальным значением ИМА. Показано распределение индивидуальных радиантов для потока. Вычислен суточный дрейф радианта для каждого года наблюдений. Исследованы высоты загорания метеороидов данного потока. Распределения метеоров по яркости и численности также представлены.

Работа была поддержана программой 22 Президиума РАН «Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы».

RESEARCH OF THE PERSEID METEOR SHOWER

A. Kartashova, G. Bolgova

INASAN

E-mail: akartashova@inasan.ru

The results of TV observations of the Perseid meteor shower in 2012-2014 are presented.

For observation in the wide field of view were used television systems (the camera Watec LCL-902HS and the lense Computar 6/0.8) with fields of view of $50^\circ \times 40^\circ$ and a limiting magnitude (for stars) $+5.5^m$. Observations were carried out by a double-station method (the distance between stations is 20 km). For three year of observations were detected above 1000 Perseids. The basic parameters (radiants, geocentric velocities, orbital parameters) were calculated for double-stations meteors. The distribution of the Index Meteor Activity (IMA) of Perseids to the Earth for the period from 2012 -2014 is given. The maximum activity of the Perseids (with maximum values of IMA) was obtained in 12 August ($\lambda_\odot = 140.1$). The distribution of the Perseid radiants was shown. The daily motion radiant drift was calculated by our data in 2012-2014. Analysis of the beginning and ending heights was presented. The distributions of Perseid meteors by stellar magnitude and number are presented.

The work was supported by the Program №22 of the Presidium of RAS «Fundamental problems of research and development of Solar system».

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ МЕТЕОРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ИХ АНАЛИЗ В КАЗАНИ

О.И. Белькович, А.С. Шушпанов, Ю.А.Нефедьев

Казанский федеральный университет

E-Mail: star1955@mail.ru

Работа посвящена вопросам создания базы данных метеорных наблюдений в Астрономической обсерватории им.В.П. Энгельгардта (АОЭ). Первые наблюдения метеоров в АОЭ на армейском радиолокаторе были выполнены в 1956 г. К.В. Костылевым. При этом не было автоматической системы регистрации, и счет метеоров производился визуально с

экрана лучевой трубки радиолокатора. Но уже в следующем году была запущена аппаратура, на которой регистрация метеоров производилась автоматически. Далее метеорщиками АОЭ был проанализирован большой банк данных визуальных наблюдений метеоров, полученных как до начала инструментальных наблюдений, так и в последние годы многочисленными любителями астрономии. На основе современной физической теории метеоров был разработан новый метод обработки визуальных наблюдений метеорных потоков, по точности сравнимый с результатами, полученными по радиолокационным наблюдениям. В 1979 году были начаты работы по созданию Государственного Общесоюзного Стандарта (ГОСТ), который использовался для проектирования космических аппаратов с целью повышения надежности функционирования человека и технических устройств в условиях космического пространства. Полученный в АОЭ ГОСТ до сих пор является лучшим по сравнению с аналогами. Метеорная группа АОЭ в настоящее время готова к созданию нового, более точного ГОСТа.

THE MAKING OF THE DATABASE OF METEOR OBSERVATIONS AND ITS ANALYSIS IN KAZAN

O.I. Belkovich, A.S. Shushpanov, Yu.A. Nefedev

Kazan Federal University

E-Mail: star1955@mail.ru

Work is devoted to the creation of a database of meteor observations at the Engelhardt Astronomical Observatory (EAO). In 1956 K.V. Kostylev carried out the first observations of meteors in EAO at using the army radar. This was not an automatic registration system and meteors were counted visually from ray tube radar screen. But next year was put new equipment and registration was become the automatic. Then in EAO had been analyzed the large database of visual meteor observations which were received as before the beginning of instrumental observations as many amateur astronomers. On the basis of modern physical theory of meteors the new precision method of reduction of visual observations of meteor showers was made. In 1979 work was began for the creation the All-Union State Standard (GOST) which was used for the design of spacecraft to improve the reliability of functioning of the human and technical devices in outer space. GOST was created in the EAO still today is the best in comparison with analogues. Meteor team in EAO is now ready for the making a new more accurate GOST.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ КОМЕТНОГО И АСТЕРОИДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

М.Г. Соколова, М.В. Сергиенко

Казанский федеральный университет

E-mail: smarina.63@mail.ru

Гипотезы о кометном и астероидном происхождении метеорных потоков широко обсуждаются. Наличие особенностей структур потоков различного происхождения может стать дополнительным критерием при определении класса их родительских тел.

Выполнен сравнительный анализ структурных параметров ряда потоков кометного и предположительно астероидного происхождения. Сравнение проводилось по таким структурным характеристикам как распределение метеороидов по массам в потоке и профилям их активности вдоль орбиты Земли. Показано, что потоки астероидного происхождения имеют особенности в распределении масс метеороидов в поперечном сечении потока, а именно для кривой параметра S характерна множественность минимумов. Если сравнивать профили активности потоков в зависимости от долготы Солнца, то не выявлено каких-либо характерных различий. Для метеорных орбит различных потоков также анализируются вариации значений элементов орбит, постоянной Тиссерана, верхнего предела D -критерия. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ – 747.

STRUCTURE PECULIARITIES OF THE METEOROID STREAMS OF THE COMETARY AND ASTEROID ORIGIN

M.G. Sokolova, M.V. Sergienko

Kazan Federal University

E-mail: smarina.63@mail.ru

The hypothesis of the comet and asteroid origin meteoroid streams are widely discussed. The presence of structure peculiarities of streams of various origin can be used as an additional criterion in determining the class of their parental bodies.

A comparative analysis was made on such structural features as the distribution of meteoroids on the masses in the stream, and profile of activity along the Earth orbit. It is shown that the streams of an asteroid origin have the features in the distribution of masses of meteoroids in the cross section of the stream. If we compare the profiles of activity streams depending on the longitude of the Sun, there were no distinctions. All profiles have main peak, and the slopes of the branches of the profiles before and after the activity maximum change in wide limits. For meteoric orbits of different streams were analyzed variations in the values of the constant Tisserand and the upper limit of D-criterion and etc.

The work was supported by grant RFFI – 747.

КОМЕТБАЗЕ – МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЗА КОМЕТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.О. Новичонок¹, К.А. Гришин, Т.Е. Приставский

¹ПетрГУ

E-mail: artnovich@inbox.ru

В настоящее время остро стоит проблема необходимости единой международной базы, которая включила бы в себя массив результатов визуальных, ПЗС и DSLR-наблюдений комет (фотометрические и физические характеристики) и при участии ведущих профессионалов в этой области координировала бы усилия наблюдателей комет, преимущественно любителей астрономии всего мира. Прекрасным примером подобной организации, координирующей наблюдения переменных звёзд, является Американская ассоциация наблюдателей переменных звёзд (AAVSO). Для комет ранее эту функцию выполняла база ICQ (International Comet Quarterly), но сейчас она фактически не функционирует, при этом почти все накопленные за несколько десятилетий архивы недоступны для исследователей. Под эгидой Лаборатории астрономии Петрозаводского государственного университета в 2014 г. была создана Международная интерактивная база кометных наблюдений (<http://www.cometbase.net/>) и продолжает активно развиваться. На данный момент база уже содержит данные о нескольких тысячах визуальных наблюдений комет, доступных для просмотра и скачивания всем желающим. Пользователи базы могут добавлять результаты своих визуальных наблюдений комет с использованием интерактивной формы в личном кабинете или пакетно, в ICQ-формате. В настоящее время вводится интерфейс для работы с ПЗС- и DSLR-наблюдениями комет, а также избранными наблюдениями из архива Центра малых планет.

КОМЕТБАЗЕ - INTERNATIONAL DATABASE OF COMET OBSERVATIONS

A.O. Novichonok¹, K.A. Grishin, T.O. Prystavski

¹PetrSU

E-mail: artnovich@inbox.ru

Currently there is an acute demand for unified international database that would include an array of visual, CCD and DSLR observations reports (both photometric and physical properties) and with a participation of the leading professionals in this area to coordinate the efforts of comet observers, mostly amateur astronomers from all over the world. An excellent example of such organization, coordinating variable stars observations, is the American Association of Variable Star

Observers (AAVSO). Previously ICQ (International Comet Quarterly) served as a database of comets, but now it actually does not work anymore, with almost all of the accumulated over the several decades archives being unavailable to researchers. In 2014 under the auspices of the Astronomical Laboratory of Petrozavodsk State University the International online database of comet observations (<http://www.cometbase.net/>) has been established continuing to develop rapidly. Currently database contains data on several thousand visual observations, available for free downloading. Database users can submit their visual observations reports using the online Personal Cabinet tool or using their ICQ observations bulk uploads. Currently the interface for CCD and DSLR observations as well as for the Minor Planet Center selected observations archive is developing.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ БАЗИСНЫХ МЕТЕОРНЫХ РЕГИСТРАЦИЙ

Е.С. Комарова¹, В.А. Леонов², А.В. Багров²

¹ГБОУ ВПО ИГУ, Иркутск, ²ИНАСАН

E-mail: eskomarik@gmail.com, leonov@inasan.ru, abagrov@inasan.ru

Стандартная атмосфера Земли представляет собой условное вертикальное распределение температуры, давления и плотности воздуха, основой для расчета которых служит барометрическая формула с определенными параметрами. Модель химического состава верхней атмосферы построена на основе обобщения и анализа спутниковых данных и дальнейшей аппроксимации этих данных на меньшие высоты с помощью теоретического моделирования. Такой подход не отражает динамику изменения параметров верхней атмосферы. Зона метеорных явлений (от 80 до 120 км) является областью исследования взаимодействия метеорного вещества с атмосферой Земли (с точки зрения физики атмосферы), и имеет несколько аспектов, среди которых можно отметить изменение состава, физико-химических свойств атмосферы, возникновение гидродинамических возмущений, ионизацию, возмущение собственного излучения планеты и другие.

В работе описан метод измерения плотности верхней атмосферы по данным базисных регистраций метеоров, получаемых на телевизионных камерах, которые используются большинством метеорных наблюдателей всего мира. Разработана методика вычисления характеристик атмосферы на высотах сгорания метеорных частиц, движущихся в режиме свободно-молекулярного обтекания. Все необходимые для вычислений данные определяются из геометрической и фотометрической обработки многокадровых телевизионных регистраций нескольких метеоров одного метеорного потока, полученных в течение одной наблюдательной ночи в предположении о стабильности атмосферы во время проведения этих наблюдений.

THE DOUBLE STATION METEOR RECORDING DATA UPPER ATMOSPHERE DENSITY MEASURING METHOD

E. Komarova¹, V. Leonov², A. Bagrov²

¹ГБОУ ВПО ИГУ, Иркутск, ²INASAN

E-mail: eskomarik@gmail.com, leonov@inasan.ru, abagrov@inasan.ru

The standard Earth's atmosphere represents conditional vertical distribution of temperature, pressure and density of air. The barometric formula with certain parameters forms a basis for which calculation. The model of a chemical composition of the top atmosphere is constructed on the basis of generalization and the analysis of satellite data and further approximation of these data on smaller heights by means of theoretical modeling. Such approach doesn't reflect dynamics of change of parameters of the top atmosphere. The zone of the meteor events (from 80 to 120 km) is area of research of interaction of meteor substance with the atmosphere of Earth (from the point of view of atmosphere physics), and has some aspects among which it is possible to note change

of structure, physical and chemical properties of the atmosphere, emergence of hydrodynamic indignations, ionization, indignation of own radiation of the planet and others.

In work the method of measurement of density of the top atmosphere according to basic registration of the meteors received on TV cameras which are used by most of meteor observers of the whole world is described. The technique of calculation of characteristics of the atmosphere at heights of combustion of the meteor particles moving in the mode of a free-molecular flow is developed. All demanded for calculations data are defined from geometrical and photometric processing of multi frame TV registration of several meteors of one meteor shower received within one observation night in the assumption of stability of the atmosphere during these observation.

ПРОГНОЗ МЕСТ И ПОСЛЕДСТВИЙ ПАДЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ НА ЗЕМЛЮ

Ю.С. Бондаренко, Ю.Д. Медведев

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: bondarenko@ipa.nw.ru

Разработана методика, позволяющая определять вероятный район падения и энергию, выделившуюся в результате падения небесного тела, определять гелиоцентрическую орбиту тела до его вхождения в атмосферу Земли, а также оценивать основные факторы поражения. Разработанная методика была реализована в программно-вычислительном комплексе. Используя программно-вычислительный комплекс, были исследованы обстоятельства падения астероида 2008 TC3, а также Челябинского и Тунгусского метеоритов.

LOCATION AND CONSEQUENCES OF CELESTIAL BODIES COLLISION WITH THE EARTH

Yu.S. Bondarenko, Yu.D. Medvedev

IAA RAS

E-mail: bondarenko@ipa.nw.ru

Authors developed and realized method, allowing to simulate the motion of asteroids and comets in the Earth atmosphere, to determine the region of their probable falling, to calculate the energy emitted as a result of falling, and also to estimate major factors of damage. Using this method the motion of Chelyabinsk and 2008 TC3 meteorites and Tunguska event were simulated. The study of evolution of their orbits before the collision with the Earth was carried out.

СРАВНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЯ ТЕЛА С ЗЕМЛЕЙ

Д.Е. Вавилов, Ю.Д. Медведев

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: medvedev@ipa.nw.ru

Разработан новый линейный метод для оценки вероятности столкновения сближающихся с Землей астероидов. Важное преимущество данного метода – использование уникальной криволинейной системы координат, связанной с номинальной орбитой астероида. Одной из координат данной системы является средняя аномалия на оскулирующей орбите астероида. Данная система позволяет учесть преимущественное распределение виртуальных астероидов вдоль номинальной орбиты астероида. Разработанный метод основывается на предположении о сохранении нормального закона ошибок координат и скоростей астероида на всем промежутке времени. Вероятность вычисляется как 6-ти кратный интеграл от функции плотности вероятности ошибок координат и скоростей. Также мы предлагаем методику, которая позволяет сократить на несколько порядков время вычисления интеграла во введенной системе координат. Данный метод имеет ограничения в использовании, связанные с предположением о том, что тесные сближения с массивными объектами могут нарушить нормальный закон распределения виртуальных астероидов и исказить значение

вероятности столкновения. В данной работе мы сравниваем разработанный метод с линейным методом, использующим декартову систему координат, с методом Line Of Variations, с методом вариации среднего движения, и с методом Монте-Карло. Результаты показывают преимущество использования предложенной криволинейной системы координат по сравнению с декартовой в линейных методах. Также в некоторых случаях разработанный метод дает более точные оценки значения вероятности столкновения, чем метод Line Of Variations и метод вариации среднего движения.

A COMPARISON OF LINEAR AND NONLINEAR METHODS OF IMPACT PROBABILITY ESTIMATION

D.E. Vavilov, Yu.D. Medvedev

IAA RAS

E-mail: medvedev@ipa.nw.ru

A new linear method for estimation of the impact probability of near-Earth objects (NEOs) has been developed. The important advantage of this method is using the unique curvilinear coordinate system related to the nominal orbit of an asteroid. One of the coordinates of this system is the mean anomaly in the osculating orbit of an asteroid. This system allows one to take into account the distribution of virtual asteroids mainly along the nominal asteroid orbit. The method is based on the assumption that errors in the coordinates and velocities of an asteroid have a normal distribution at all times. The probability is calculated as a six-dimensional integral of the probability density function of coordinates and velocity errors. Also, we proposed a technique that allows us to decrease by several orders of magnitude the time of this integral's computation in the introduced coordinate system. This method has a limitation on usage due to the assumption. Close approaches to massive bodies can break the normal distribution of virtual asteroids and disturb the impact probability value.

In this work we compare the developed method with a linear method, which uses a Cartesian coordinate system, with the Line Of Variations Sampling method, with the mean motion sampling method, and with the Monte-Carlo method. The results show the advantage of using the proposed curvilinear coordinate system instead of a Cartesian one in linear methods. Also in some cases the developed linear method gives more accurate values of impact probability than the Line Of Variations Sampling and the mean motion sampling methods.

САЙТ ЛМТСС ИПА РАН ПО АСТЕРОИДАМ И КОМЕТАМ

**Ю.Д. Медведев, Н.И. Алехина, Ю.С. Бондаренко, Д.Е. Вавилов,
Т.А. Виноградова, Н.Б. Железнов, О.М. Кочетова, В.Б. Кузнецов,
Г.Р. Кастель, Ю.А. Чернетенко, В.А. Шор, В.А. Яковлев**

Институт прикладной астрономии РАН

E-mail: medvedev@ipa.nw.ru

Сайт «Астероиды и Кометы» Лаборатории малых тел Солнечной системы ИПА РАН задуман с целью: создать русскоязычный источник сведений о динамике астероидов и комет, опирающийся, в первую очередь, на оригинальные отечественные исследования и разработки; оказать помощь профессиональным исследователям и любителям в изучении малых тел Солнечной системы. Сайт содержит следующие разделы: Астероиды, их движение, физические характеристики и происхождение; кометы, их движение, физические характеристики и происхождение, Астероидно-кометная опасность. Последний раздел посвящен в основном предсказанию падения малых тел на Землю и оценке вероятности этих событий. В этом разделе особое место занимает «Вычислительно-аналитический стенд», который, с одной стороны, является инструментом, обрабатывающим в реальном времени поступающую информацию об открытиях и наблюдениях потенциально опасных тел, прогнозирует их движение и в случае, если тело проникает в земную атмосферу, воссоздает

весь сценарий грядущей катастрофы. Параллельно стенд может работать как инструмент обучения действиям в условиях чрезвычайной ситуации, вызванной падением небесного тела с заданными параметрами. Наконец, пользователь имеет возможность решения задач и выполнения расчетов по его данным в режиме удаленного доступа. Список таких задач весьма широк. В разделе «Сближения тел с Землей и Луной» приводится хронологическая таблица состоявшихся и предстоящих сближений тел, автоматически обновляемая по результатам работы стенда. В «Архиве» представлены результаты расчетов прошлых сближений.

SITE "ASTEROIDS AND COMETS" OF THE SMALL BODIES OF THE SOLAR SYSTEM LABORATORY OF IAA RAS

**Yu.D. Medvedev, N.I. Alehina, Yu.S. Bondarenko, D.E. Vavilov, T.A. Vinogradova,
N.B. Zheleznov, O.M. Kochetova, V.B. Kuznetsov, G.R. Kastel', Yu.A. Chernetenko,
V.A. Shor, V.A. Yakovlev**

IAA RAS

E-mail: medvedev@ipa.nw.ru

Site "Asteroids and Comets" of the Small bodies of the Solar system Laboratory of IAA RAS is created to: to create a Russian-language source of information, especially about the dynamics of asteroids and comets, based primarily on original domestic research and developments; to assist professional researchers and amateurs in the study of small bodies of the Solar system. Site not only provides the user with a certain amount of information on the issues, but also gives him the opportunity to perform some calculations and research. The site contains the following sections: Asteroids, their motion, physical characteristics and origin; Comets, their motion, physical characteristics and origin; Asteroid-comet hazard. The last section is devoted mainly to the prediction of collisions with the Earth and to assessment of the probability of these events. "Computing and analytic stand" occupies a special place within the section. It is a tool that handles real-time incoming information about the discoveries and observations of potentially hazardous bodies, predicts their motion and if the body enters the Earth's atmosphere recreates the entire scenario of impending catastrophe. Stand in parallel can be used as a learning tool for dealing with emergency situations caused by the fall of a celestial body of a given size at an arbitrary time and place at the option of the student.

Finally, the site provides an opportunity to anyone who wishes to solve problems and perform calculations on its data in remote access. The list of such problems is rather broad.

ОЦЕНКА ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПАДЕНИИ ОПАСНОГО КОСМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Д. Глазачев, О. Попова, В. Шувалов, В. Светцов, И. Трубецкая

ИДГ РАН

E-mail: GlazachevD@gmail.com

Проблему противодействия астероидно-кометной опасности невозможно решить без детального анализа возможных последствий падения на Землю космических тел разного размера. Для количественной оценки этих последствий необходимо проведение численного моделирования ударов космических тел в различных условиях и создание методики быстрой оценки основных поражающих факторов и возможного ущерба, исходя из параметров падающего тела. Для оценки последствий возможного падения целесообразно оперировать поражающими факторами и их характеристиками. К примеру, для такого поражающего фактора как ударная волна, характеристиками будут распределения избыточного давления и скорости ветра за фронтом. Значения этих характеристик будут являться детальной количественной оценкой, которая должна лечь в основу мероприятий по предупреждению ущерба. Кроме этого, можно вывести одну интегральную оценку события,

обобщающую все поражающие факторы, но для этого должен быть создан алгоритм их взаимного суммирования и интерпретация полученного значения на некоторую шкалу.

Такой подход к оценке последствий был положен в основу создания база данных и приложения, производящего расчет значений характеристик поражающих факторов при падении тела с задаваемыми параметрами. Для быстрого получения результатов необходимо хранить большое количество заранее просчитанных оценок на подробной сетке входных параметров, поскольку расчет одного события на применяемых алгоритмах достаточно долгий и трудоемкий процесс. Таким образом, оценка последствий сводится к выгрузке готового значения оценки для тела с максимально близкими входными параметрами. Погрешность оценки нивелируется предполагаемой максимально мелкой сеткой с учетом погрешностей используемых моделей.

EVALUATION OF DAMAGING FACTORS OF DANGEROUS COSMIC OBJECT IMPACT

D. Glazachey, O. Popova, V. Shuvalov, V. Svetsov, I. Trubetskaya

IDG RAS

E-mail: GlazacheyD@gmail.com

The problem of counteracting to asteroid and comet hazard cannot be solved without a detailed analysis of the possible consequences of cosmic bodies impacts. Numerical simulations of cosmic bodies impacts in different conditions should be performed and the elaboration of a rapid assessment methodology for the main damaging factors and possible damage should be created taking into account parameters of impacting object. To evaluate possible consequences of cosmic bodies impact it is advisable to define impact effects and its characteristics. For example, the pressure and wind speed distributions behind the shock front are the characteristics of the shock wave as a damaging factor of the impact. The values of these characteristics will be detailed quantitative estimate of the impact. These estimates should form the basis for the activities to prevent damage. In principal, one general value of all risk estimates may be obtained, but algorithm for mutual summation of these risk estimates and its interpretation on the some scale should be developed in future.

The DataBase, which implements this approach, and the application, which performs the calculation of the values of the impact effects characteristics for custom input parameters, were developed. In order to get quick result it's necessary to store large amounts of pre-calculated estimates for each point on the possible input parameters grid, because calculation for one event is time consuming and complicated process. Thus, the estimates of consequences will be reduced to the selection of the ready-value estimates for the body input parameters as close as possible to the given input parameters. The error of estimation offset is leveled by fine mesh of the input parameters, taking into account the uncertainties of the used models.

ЧЕЛЯБИНСКИЙ МЕТЕОРОИД: АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ОБЛАСТИ ПРЯМОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА

**Е.Д. Подобная¹, Ю.С. Рыбнов¹, Д.О. Глазачев¹,
О.П. Попова¹, В.В. Шувалов¹, В.А. Харламов¹, П. Дженнискенс²**

¹ИДГ РАН, ²SETI NASA

E-mail: epodobnaya@gmail.com

Челябинское событие 15 февраля 2013 года уникально по кинетической энергии космического тела и по последствиям (разрушения и травмы), к которым привело его падения в населенной местности. Кроме того, это событие было чрезвычайно хорошо задокументировано, что позволило определить точную траекторию и орбиту космического тела, а также особенности его взаимодействия с атмосферой.

Акустические сигналы от пролета и разрушения Челябинского метеороида были зарегистрированы различными датчиками во многих пунктах. Была собрана большая база данных видео- и акустических сигналов от болида. Определение моментов времени вступления звуковых сигналов в различных пунктах с точно определенными координатами позволила оценить пеленги и координаты места источника сигнала, определить его характер.

Было проведено сравнение наблюдаемых времен прихода ударной волны в различные пункты регистрации с моделью ее распространения. Показано влияние ветра и атмосферных условий на распространение ударной волны.

Проведено сравнение волновых форм и спектров акустических сигналов в различных пунктах регистрации.

CHELYABINSK METEOROID: ANALYSIS OF ACOUSTIC SIGNALS IN THE AREA OF DIRECT SOUND PROPAGATION

**E. Podobnaya¹, Yu. Rybnov¹, D. Glazachev¹, O. Popova¹,
V. Shuvalov¹, V. Kharlamov¹, P. Jenniskens²**

¹IDG RAS, ²SETI NASA

E-mail: epodobnaya@gmail.com

Chelyabinsk event of 15 February 2013 was exceptional because of large kinetic energy of impacting body and the airburst that was generated, creating significant damage and injuries in a populated area. The meteor and the effects of the airburst were extraordinarily well documented. Numerous video records provided an accurate record of the trajectory and orbit of the cosmic body as well as features of its interaction with the atmosphere.

Acoustic signals from the flight and destruction of Chelyabinsk meteoroid were registered by different sensors in many areas. A large database of video and acoustic signals was collected. Defining of moments of sound signals entry at various registration points with specified coordinates made it possible to determine its nature and to assess the bearings and the coordinates of the source.

A comparison of the observed times of shock wave arrival in the various registration points with the model of its distribution. The influence of wind and the weather conditions on the spread of the shock wave was showed.

A comparison of waveforms and spectra of acoustic signals at various registration points was made.

УДАРНАЯ ВОЛНА ЧЕЛЯБИНСКОГО МЕТЕОРОИДА

**О.П. Попова¹, В.В. Шувалов¹, Ю.С. Рыбнов¹, Д.О. Глазачев¹, В.А. Харламов¹,
О.А. Усольцева¹, Р.А. Дягилев², Е.Д. Подобная¹, П. Дженнискенс³**

¹ИДГ РАН, ²ГИ УрО РАН, ³SETI NASA

E-mail: olga@idg.chph.ras.ru

Краткосрочные эффекты падений космических объектов связаны, в основном, с прохождением ударных волн (УВ). Для предсказания последствий важно понимать, как генерируется и распространяется ударная волна, возникающая при входе и разрушении космического объекта. Прекрасно задокументированное Челябинское событие дало возможность исследовать эти эффекты.

Один из популярных, но ошибочных способов оценки происходящего состоит в том, что метеорное явление отождествляется со взрывом на высоте, соответствующей максимуму свечения (основной вспышки), и расстояние до точки взрыва оценивается как время между вспышкой и приходом ударной волны, умноженное на скорость звука. Простая модель времени прихода УВ и ее сравнение с наблюдательными данными показывают, что время прихода волны зависит только от траектории метеороида и ее конечной точки (после которой энерговыделение становится пренебрежимо малым) и не зависит от того, в каких

точках этой траектории и на какой высоте происходили вспышки. Эти вспышки могут генерировать свои локальные ударные волны, которые распространяются внутри области, ограниченной внешней конической волной. Они могут проявляться как отдельные пики давления после прихода первого основного возмущения. Количество таких пиков и интервалы времени между ними зависят от параметров вспышек и расположения точки наблюдения. Результаты численного моделирования УВ сравниваются с имеющимися аудиозаписями и единственной инструментальной записью давления УВ, полученной сейсмостанцией угольного разреза Коркино.

CHELYABINSK AIRBURST SHOCKWAVE

**O.P. Popova¹, V.V. Shuvalov¹, Yu.S. Rybnov¹, D.O. Glazachev¹,
V.A. Kharlamov¹, O.A. Usoltseva¹, R.A. Dyagilev², P. Jenniskens³**

¹IDG RAS, ²GI UrO RAS, ³SETI NASA

E-mail: olga@idg.chph.ras.ru

Short-term effects of cosmic objects entry are mainly associated with the passage of shock waves (SW). To predict the consequences of the entry it is necessary to understand the SW generation and propagation, which occurs due to the flight and breakups of the object. Perfectly documented Chelyabinsk event provided a unique opportunity to explore these effects.

One popular but erroneous way of evaluating what is happening is that the meteoric phenomenon is identified with an explosion at a height corresponding to the maximum brightness (main flash), and the distance to the point of explosion is estimated as the time between the flash and the SW arrival. A simple model of the arrival time of the shock wave and its comparison with observational data show that the SW arrival time depends on the path of the meteoroid and its end point (after which the energy becomes negligible) and does not depend in any points of the path and at what altitude occurred outbreak (peak energy). Brightness maxima associated with breakups can generate local shock waves, which, however, are distributed within the region bounded by the outer conical wave. These individual shock waves can occur as individual pressure peaks after the arrival of the first base disturbance. The number of such peaks and time intervals between them depend on the parameters of flares and location of the observational point. The results of SW numerical modeling are compared with the available audiorecords and the only instrumental pressure record obtained at Korkino coal mine seismic station.

АСТЕРОИДЫ КАК ИСТОЧНИКИ СТРОИТЕЛЬНОЙ МАССЫ НА ОРБИТЕ СПУТНИКА ЗЕМЛИ

А.А. Ледков, Н.А. Эйсмонт, Р.Р. Назиров

ИКИ РАН

E-mail: aledkov@rssi.ru

«Время разбрасывать камни, и время собирать камни»
Ветхий завет, книга Екклесиаста или Проповедника,
глава 3.

Будущие миссии по освоению космоса могут потребовать достаточно большой массы полезной нагрузки на орбите спутника Земли. И все мы привыкли к тому, что доставка этой массы осуществляется с Земли. Сегодня современная ракетно-космическая техника позволяет выводить на околоземную орбиту всего 23 тонны для ракеты-носителя Протон-М и 24,5 тонны для Ангара 5 (возможны будущие модификации до 38 тонн). Стоимость пусков этих носителей колеблется от 80 до 100 млн. долларов, то есть средняя стоимость килограмма на низкой опорной орбите составляет 4000\$, а на орбите с апогеем у Луны в 4-5 раз больше.

В данной работе предлагается в качестве строительной массы использовать околоземные астероиды за счет проведения специальным образом планируемой последовательности операций по их захвату на орбиту спутника Земли, главной частью которых являются многократные гравитационные маневры в окрестности Луны и окрестности Земли.

Данный способ позволяет уменьшить стоимость килограмма массы в 1000 раз, открывает новые возможности для пилотируемой космонавтики, а также ряд интереснейших задач по исследованию как самих астероидов, так и Солнечной Системы в целом.

О РАЗРУШЕНИИ КРУПНЫХ БОЛИДОВ

Л.А. Егорова, В.В. Лохин

НИИ механики МГУ

E-mail: egorova@imec.msu.ru

Наблюдения показывают, что разрушение крупных космических тел при их движении в атмосфере Земли – обычное явление. Известно, что космические тела, двигаясь в атмосфере, испытывают воздействие аэродинамических сил, и перед телом могут реализоваться условия значительного повышения давления и температуры. Возникшие за счет таких нагрузок упругие напряжения внутри тела могут превысить предел прочности материала тела, что и приводит к его разрушению. Тепловые нагрузки приводят к поверхностному плавлению и испарению. Как правило, данные наблюдений входа и свечения болидов в атмосфере обобщаются в виде кривой зависимости величины светимости от времени. Часто световая кривая для крупного болида имеет некоторый подъем после начала свечения и резкий пик светимости с плавным погасанием за ним. Мы полагаем, что резкий пик светимости свидетельствует о взрывном характере процесса разрушения. В докладе обсуждаются режимы разрушения для известных болидов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-01-00775а.

ABOUT DESTRUCTION OF LARGE FIREBALLS

L.A. Egorova, V.V. Lokhin

Institute of mechanics MSU

E-mail: egorova@imec.msu.ru

Observations show that the destruction of large cosmic bodies moving in the Earth's atmosphere is a common phenomenon. It is known that cosmic bodies moving in the atmosphere are exposed to aerodynamic forces and at the front of the body can be realized a significant increase of pressure and temperature. Arising due to such loads elastic stresses inside the body may exceed the tensile strength of the material body, which leads to its destruction. Thermal stresses lead to surface melting and evaporation. As a rule, the observational data for fireball in the atmosphere are summarized in the form of the light curve as the dependence of the luminosity versus the time. Part of the light curve for a large fireball has some rise after the start of illumination and a sharp peak of luminosity with smooth extinction after the peak. We suggested that the sharp peak indicates the explosive nature of the destruction process. The report discusses the destruction modes for the known fireballs.

The work was supported by RFBI grant 14-01-00775.

АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ ОПАСНОСТЬ И МЧС РОССИИ. ЧТО ЖДЕТ МЧС ОТ АСТРОНОМИИ?

Л.В. Рыхлова¹, А.П. Краминцев²

¹ИНАСАН, ²ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

E-mail: rykhlova@inasan.ru

Проблема астероидно-кометной опасности признана ООН как комплексная глобальная проблема, стоящая перед человечеством. МЧС России признает необходимость решения проблемы астероидно-кометной опасности в качестве «важнейшей функции государства по обеспечению безопасности каждого региона и страны в целом».

В докладе представлен анализ особенностей регионов России с точки зрения их подверженности воздействию опасных природных и техногенных процессов, особенностей инфраструктуры территорий как факторов риска, характеристики степени относительного риска по округам и др. Перечислены официальные документы и Постановления Правительства РФ от 2000 и 2002 годов о создании в составе РСЧС «Единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций космического характера». Уточнено, однако, что «ЧС, связанные с АКО и метеоритной опасностью, будут рассматриваться только по мере получения практически значимых результатов исследований в данной области».

Фундаментальная научная проблема астероидно-кометной опасности, будучи глобальной международной проблемой междисциплинарного характера, требует взаимодействия астрономии и геофизики, оптики и минералогии, космических технологий и современной вычислительной техники, политики и международной кооперации и пр.

Что необходимо сделать:

- разработать технологии, способные достоверно и заблаговременно прогнозировать падение опасных небесных тел на Землю;
- разработать фундаментальные критерии для принятия возможных мер предотвращения столкновений объектов, сближающихся с Землей и критериев определения степени угрозы (степени риска) для каждого опасного варианта развития событий.
- провести в достаточном объеме научные и фундаментально-поисковые исследования по созданию задела, позволяющего обеспечить активное противодействие падению опасных небесных тел;
- преодолеть недооценку на Государственном и межгосударственном уровне важности работ по предотвращению космических угроз или принятию эффективных мер по ликвидации последствий.

THE ASTEROID HAZARD FROM NATIONAL SECURITY PERSPECTIVE: WHAT DOES THE RUSSIAN MINISTRY FOR THE EMERGENCY SITUATIONS EXPECT FROM THE ASTRONOMERS?

L.V. Rykhlova¹, A.P. Kramintsev²

¹INASAN, ²FGBU VNII GOChS (FTs)

E-mail: rykhlova@inasan.ru

The asteroid hazard is now acknowledged by the United Nations as a global challenge to the Mankind. The Russian Ministry for the Emergency Situations today considers its mitigation to be 'one of the most important governmental obligations in the provision of the national security.'

In our report we analyze exposure of the different Russian regions to the man-made and natural disasters, according to their infrastructure and population density. In 2000 and 2002 the Russian Government enjoined the Ministry to take responsibility for dealing also with the asteroid impacts. However, it had stipulated that the preventive mitigation measures would only be considered on the results of astronomical research.

The asteroid hazard mitigation requires an interdisciplinary synthesis of all advancements in astronomy, computers, optics, geophysics, mineralogy, propulsion and spacecraft technologies, which only can be achieved through international cooperation. Its ultimate success, however, depends on the political will.

We, therefore, must:

- develop the reliable asteroid collision early warning methods;
- set the basic criteria for the collision risk evaluation and for decision-making in emergency under the various scenarios;
- conduct the fundamental scientific studies in the deflection of the hazardous celestial bodies;
- do everything to overcome complacency towards the asteroid hazard among the certain politicians and general public.

АНТИКРИЗИСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ МЧС РОССИИ В УСЛОВИЯХ АСТЕРОИДНО-КОМЕТНОЙ ОПАСНОСТИ

М.И. Савельев

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

E-mail: savelev-22@mail.ru

За последнее время мировое сообщество стало свидетелем крупных аварий и катастроф техногенного и природного характера, включая природные явления космического происхождения. 15 февраля 2013 года наша страна непосредственно ощутила последствия вторжения опасного небесного тела (ОНТ) и воздушный взрыв Челябинского метеорита.

По первичным поражающим факторам вторжение ОНТ в околоземное пространство может сопровождаться ударным воздействием при столкновении с поверхностью Земли, воздушной ударной волной, световым излучением, электромагнитным импульсом, сейсмо- и акустическим возмущением и др. Вторичные поражающие факторы проявляются вследствие ударного и сейсмического воздействия на радиационно-, химически и биологические опасные объекты, а также на гидротехнические сооружения.

При оценке ситуации и подготовке решений по реагированию на астероидно-кометную опасность важная роль в цикле управления силами и средствами МЧС России отводится системе предупреждения и противодействия АКО, а по оценке последствий вторжения ОНТ в зоне ЧС – системе аэрокосмического мониторинга и прогноза чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

К сожалению, в настоящее время в контуре управления силами и средствами МЧС России и РСЧС отсутствуют такие системы. Необходимо принятие федеральной целевой научно-технической программы по созданию системы предупреждения и противодействия астероидно-кометной опасности как функциональной подсистемы РСЧС. Предполагается реализация этой программы в качестве подпрограммы Федеральной космической программы– 2025, но предмет другого доклада.

CRISIS MANAGEMENT AT THE RUSSIAN MINISTRY FOR THE EMERGENCY SITUATIONS WITH REGARD TO ASTEROID HAZARD

M.I. Savel'ev

FGBU VNII GOChS (FTs)

E-mail: savelev-22@mail.ru

In recent years the international community has had to cope with a number of large-scale accidents and natural disasters, including those originating in the outer space. Thus, on February 15, 2013 the Russian city of Chelyabinsk was shaken by a mid-air explosion of a sizable meteorite.

The primary destructive factors in a collision of a large celestial body with our planet are heat flash, electromagnetic impulse, shock wave, sonic booms, the impact proper, the tidal waves,

earthquakes and aftershocks that follow it. No less destructive might prove to be the consequential damage, arising from the release of toxic substances, floods of water and radiation from chemical plants, reservoirs and nuclear reactors, destroyed or damaged by the impact.

In order to be able to manage such a crisis, the Russian Ministry for the Emergency Situations must have at its disposal an asteroid collision early warning system and an aerospace accident & disaster monitoring system, that would provide it with information about the situation in the affected area.

Regrettably, both of these systems are still absent. It is necessary to set them up as functional units within the Ministry's control structure, which task might be included into the Federal Space Program 2025. This, though, is a subject of another report.

ОБ УРАВНЕНИИ СОСТОЯНИЯ ФОРСТЕРИТА

С.А. Мещеряков, Ю.М Липницкий

ЦНИИмаш

E-mail: smeshcheryakov@mtu-net.ru, lipniju42@mail.ru

Для анализа динамики испарения и конденсации астероидного вещества предложено использовать уравнение состояния Редлиха-Квонга. Получен полный набор термодинамических функций, необходимых для газодинамических расчетов. В качестве примера рассмотрено уравнение состояния для паров форстерита. Для получения конкретных параметров уравнения состояния использованы известные данные по значениям критического давления и температуры форстерита, а также оценки для молярной теплоемкости паровой фазы. Рассмотрена динамика расширения паров форстерита из сверхкритического состояния. Рассчитан «колокол» фазового перехода, проанализировано движение акустических волн. Полученные результаты могут быть использованы как для расчета отклонения астероида с помощью отнесенного ядерного взрыва, так и для анализа эволюции протосолнечной газопылевой туманности.

ON THE EQUATION OF STATE OF FORSTERITE

S.A. Meshcheryakov, Yu.M. Lipnitskiy

TSNIImash

E-mail: smeshcheryakov@mtu-net.ru, lipniju42@mail.ru

There is proposed the full set of thermodynamic functions for Redlich–Kwong equation of state that can be used to analyze the dynamics of condensation of matter evaporated by a nuclear explosion. It is important to more accurate calculation of the momentum given to an asteroid by a nuclear explosion. The equation of state of forsterite is examined as an example that has a practical meaning and can have prospects for advances. The known data on the values of critical temperature and pressure as also thermal capacity are used. The curve of the phase transitions between vapor and liquid is determined. There are analyzed the dynamic of expansion of the forsterite from supercritical state.

ГИДРОСИЛИКАТЫ МОГУТ БЫТЬ ПРЕОБЛАДАЮЩИМИ В ВЕЩЕСТВЕ АСТЕРОИДОВ 145 АДЕОНА, 704 ИНТЕРАМНИЯ И 779 НИНА

В.В. Бусарев^{1,2}, С.И. Барабанов², В.С. Русаков³, Г.К. Кривоконева⁴, В.Б. Пузин²

¹ГАИШ МГУ, ²ИНАСАН, ³Физический факультет МГУ, ⁴ВИМС

Мы уже сообщали на предшествующей конференции (ОЗА-2013) о получении спектров отражения астероидов 145 Адеоны (С или Ch), 704 Интерамнии (F или B) и 779 Нины (M или X) по спектрофотометрическим измерениям, выполненным в диапазоне 0.35-0.92 мкм на 2-м телескопе Терскольского филиала ИНАСАН в 2012 г. Хотя указанные

выше в скобках известные таксономические типы этих астероидов по классификациям Tholen (1989) и Bus-Binzel (2002) различаются, главные особенности их спектров отражения практически совпадают. Такими особенностями являются полосы поглощения с центрами у 0.38, 0.44-0.46 и 0.70 мкм, которые, вероятно, вызываются электронными переходами в соседних парах магнитно-связанных катионов Fe^{3+} - Fe^{3+} и/или Fe^{2+} - Fe^{3+} в реголите. Сделано предположение, что значительные части поверхности Адеоны, Интерамнии и Нины покрыты веществом близкого состава, представляющего собой смесь гидросиликатов серпентинового типа, углистого вещества, подобного углистым хондритам, и/или магнетита. Это подтверждается лабораторными спектрами отражения и микрозондовыми, мессбауэровскими и рентгено-фазовыми исследованиями низкожелезистых серпентинов (с общим содержанием FeO/Fe_3O_4 не более 2 мас. %), являющихся аналогами вещества рассматриваемых астероидов. Нами обнаружена высокая корреляция интенсивности полосы поглощения у 0.44-0.46 мкм в спектрах отражения этих образцов с содержанием в них Fe^{3+} . Полученные результаты означают, что полоса у 0.44-0.46 мкм является надежным индикатором Fe^{3+} , входящего, главным образом, в минеральные разновидности серпентина.

HYDRATED SILICATES MAY BE PREVALENT IN THE MATTER OF ASTEROIDS 145 ADEONA, 704 INTERAMNIA, AND 779 NINA

V.V. Busarev^{1,2}, S.I. Barabanov², V.S. Rusakov³, G.K. Krivokoneva⁴, V.B. Puzin²

¹SAI MSU, ²INASAN, ³Physical Department of MSU, ⁴VIMS

We have reported at the previous conference (NEA-2013) about obtained reflectance spectra of asteroids 145 Adeona (C or Ch), 704 Interamnia (F or B), and 779 Nina (M or X). The corresponding spectrophotometric data were registered in the range of 0.35-0.92 μm with 2-m telescope of Terskol branch of IA RAS in 2012. Although the above mentioned in brackets known taxonomic types of the asteroids according to classifications of Tholen (1989) and Bass-Binzel (2002) differ, the key details of their reflectance spectra practically coincide. Such details are absorption bands centered at 0.38, 0.44-0.46 and 0.70 μm , which are probably caused by electronic transitions in adjacent pairs of magnetic bound cations Fe^{3+} - Fe^{3+} and/or Fe^{2+} - Fe^{3+} in the regolith. The assumption is made that significant parts of the surface of Adeona, Interamnia and Nina are covered by a substance with a similar composition, being a mixture of hydrated silicates of serpentine type, carbonaceous material similar to carbonaceous chondrites, and/or magnetite. This is confirmed by laboratory reflectance, electron microprobe, mössbauer and X-ray phase studies of low iron serpentines (with general content of FeO/Fe_3O_4 no more than 2 wt. %), which are analogues of the substance of the considered asteroids. We found a high correlation of the intensity of absorption band at 0.44-0.46 μm in the reflectance spectra of these samples with the content of Fe^{3+} . It means that the band at 0.44-0.46 μm is a reliable indicator of Fe^{3+} , which is included mainly in the mineral species of serpentine.

О ИМПАКТНОМ ПРОИСХОЖДЕНИИ ОЗЕРА РАБИГА КУЛЬ, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН: ДОВОДЫ В ПОЛЬЗУ ГИПОТЕЗЫ

В.А. Цельмович¹, Р.Х. Сунгатуллин², Р.А. Вафин

¹Геофизическая обсерватория «Борок», филиал ИФЗ РАН

²Казанский федеральный университет

E-mail: tselm@mail.ru, rafael.sungatullin@kpfu.ru

Многие озера позднечетвертичного возраста в северной части Восточно-Европейской платформы имеют ледниковое, карстовое или импактное происхождения. Импактные структуры позднечетвертичного (до 50 тыс. лет) возраста вызывают в последнее время повышенный интерес исследователей в геонауках. Существует предположение, что развитие современной человеческой цивилизации коррелирует с изменениями климата на Земле в данный период, которые, в свою очередь, могут быть связаны с последствиями падения

космических тел – «импактные зимы». Приведены геологические и минералогические доказательства импактного происхождения котловины озера Рабига Куль на границе позднего плейстоцена – голоцена. В пользу импактного происхождения озерной котловины свидетельствует соотношение диаметра и глубины кратера озера, а также наличие космического вещества в четвертичных отложениях вокруг озера. Обнаружены микроскопические индикаторы импактного события: самородные Fe, Ni, Cu, Zn, W, Al интерметаллиды, магнетитовые микросферы, частицы магнетита и алюмосиликата с оплавленной коркой. Эти результаты являются свидетельством в пользу импактной природы котловины озера Рабига Куль. Находки микрочастиц - индикаторов импактов для озера Рабига Куль расширяют область поисков небольших кратерных структур в позднечетвертичное время в европейской части России. Дополнительным подтверждением генезиса озера Рабига Куль могут послужить проходка скважин и площадные геофизические исследования (гравиметрия, радарная съемка, тепловизионная томография).

ABOUT THE IMPACT ORIGIN OF RABIGA KUL LAKE, REPUBLIC OF TATARSTAN: ARGUMENTS IN FAVOR OF THE HYPOTHESIS

V.A. Tselmovich¹, R.H. Sungatullin², R.A. Vafin

¹ Geophysical Observatory "Borok", a branch of IPE RAS, ² Kazan Federal University

E-mail: tselm@mail.ru, rafael.sungatullin@kpfu.ru

Many lakes Quaternary age in the northern part of the East European platform are of glacial, karst or impact origin. Quaternary impact structures (up to 50 thousand years) age caused recently increased interest of researchers in geosciences [Wittke et al., 2013]. There is speculation that the development of modern human civilization is correlated with changes in the Earth's climate in a given period, which, in turn, may be associated with the consequences of the fall of celestial bodies - "the winter of impact." Given the geological and mineralogical evidence of impact origin of the lake basin Rabiga Kul on the border of the Late Pleistocene - Holocene. In favor of impact origin of the lake basin indicates the ratio of the diameter and depth of the crater lake, and the presence of space matter in Quaternary sediments around the lake. Found microscopic indicators impact event: Nuggets Fe, Ni, Cu, Zn, W, Al intermetallic compounds, magnetite beads, magnetite particles and silica-alumina with a melted crust. These results are a testament to the nature of the basin IMPACT Rabiga Kul lake. Found microparticles - Impact indicators for the lake Rabiga Kul expand search area small crater structures in the Late Quaternary in the European part of Russia. Further confirmation of the genesis Rabiga Kul lake may serve sinking wells and areal geophysical (gravimetry, radar imaging, thermal imaging).

МИГРАЦИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОИДОВ: ОТ ПЛАНЕТ–ГИГАНТОВ К ЗЕМЛЕ

Н.И. Перов^{1,2}, А.А. Саханова²

¹ ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», ^{1,2} ФГБОУ ВПО «ЯГПУ имени К.Д. Ушинского»

E-mail: perov@yarplaneta.ru

Устанавливаются области движения опасного метеороида с нулевой массой в плоской ограниченной круговой задаче трех тел: Солнце (m_1)-Юпитер (m_2)-метеороид (m_3). $r_{12}=1$. Обнаружено: а) при начальной нулевой скорости частица из области Юпитера достигает только орбиты Марса (рис. 1); б) на рисунках 1 и 2 скорость метеороида равна нулю только в начальный момент времени; в) существуют «странные» траектории (рис.2); г) опасные метеороиды могут переходить с планетоцентрических орбит на гелиоцентрические и обратно.

MIGRATION OF HAZARDOUS METEOROIDS: FROM THE GIANT PLANETS TO THE EARTH

N.I. Perov^{1,2}, A.A. Sakhanova²

¹Cultural and Educational Centre named after V.V. Tereshkova, ²YSPU named after K.D. Ushinskii
E-mail: perov@yarplaneta.ru

Below, we consider the region of motion of a particle with negligible small mass m_3 in the frame of the planar circular restricted three body problem. Let us, m_1 and m_2 are mass of main bodies, $r_{12}=1$ is a distance between these bodies. We find the region of the meteoroid motion, - distance r_3 , ($\mathbf{r}_3=\mathbf{r}_3(x_3, y_3)$) in respect of the system center mass, – and numerically investigate the region of the particle stability motion (in closed region), using method of Runge-Kutta integrating, We obtain the results: a) Small bodies with zero velocity do not migrate from Jupiter to the Earth. In this case they migrate only to the Martian orbit (Fig. 1); b) For the regions (Fig.1. – Fig.2.) the velocity of m_3 equals zero only in initial moment of time but usually the corresponding curves are plotted, mainly, only for $V\equiv 0$; c) In Fig. 2. “strange” closed trajectory of small body m_3 in the system “the Sun and Jupiter” is presented; d) Fig. 1 is not contradicted with the celestial mechanical model of some meteoroids origin (transfers from planet centrically to heliocentrically orbits and vice – verse).

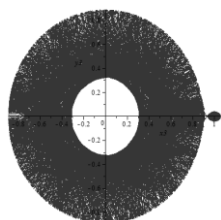


Рис.1. Миграция метеороида от Юпитера до орбиты Марса.
 $x_{30}=\varepsilon$, $\varepsilon=1.0578$.
 $t=5000$ единиц времени.

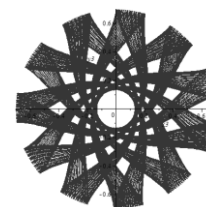


Рис. 2. Миграция метеороида от пояса астероидов до Земли.
 $x_{30}=-x_2+\varepsilon$, $x_2=1048/1049$, $\varepsilon=0.3$.
 $t=1770$ единиц времени

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПОИСКА СОВМЕСТНЫХ ФОТО-РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРОВ В ТАДЖИКИСТАНЕ

М. Нарзиев

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан
E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

На основании опубликованных данных в Сводном каталоге элементов орбит и кривых блеска метеоров, сфотографированных в Институте астрофизики АН РТ (Душанбе), а также данных первичных радиолокационных наблюдений метеоров, полученных на комплексе МИР-2 в 1977-1980 гг. в ГисАО, произведен поиск одних и тех же метеоров, зарегистрированных одновременно фотографической и радиолокационной аппаратурой. В результате анализа этих наблюдений получены данные 8 общих совместных фото-радиолокационных метеоров. Для каждого из этих метеоров приводятся следующие данные: радиант, скорость, зенитное расстояние радианта; высоты начала, максимума, конца следа метеора и значение абсолютной звездной величины на высоте максимума блеска. По кривым блеска и данным радиолокационных наблюдений для зеркально-отражающих точек следа получены значения абсолютной звездной величины и длительность радиоэхо. Измеренные абсолютные звездные величины в точках радиоотражения следа лежат в диапазоне $-0.5^m \div -5.5^m$, а длительность радиоэхо находится в интервале от $0.6 \div 38$ секунд.

ABOUT RESULTS OF SIMULTANEOUS PHOTOGRAPHIC AND RADAR OBSERVATIONS OF METEORS IN TAJIKISTAN

M. Narziev

Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

Based on published data meteors Consolidated catalog of orbital elements and the light curves of meteors photographed at the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan (Dushanbe) and data of primary radar observations of meteors obtained on the complex Mir-2 in 1977-1980. in-branch block, searched the same meteors were recorded simultaneously photographic and radar equipment. An analysis of the observational data obtained 8 common joint photo-radar meteors, where each of these meteors are following atmospheric trajectories such as: radiant's, velocities, zenith distance, the height beginning maximum and end of the trail of a meteor value of the absolute magnitude on the height maximum brightness. In light curves and data radar observations for mirror-reflecting points should obtain the value of the absolute magnitude and duration echoes. The measured absolute magnitudes radio reflections trace points lie in the range $-0.5^m \div -5.5^m$, and the duration of their echoes in the range of $0.6 \div 38$ seconds.

СЕЙСМОИОНОСФЕРНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ В СПОРАДИЧЕСКОМ СЛОЕ ИОНОСФЕРЫ МЕТЕОРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

О.А. Алимов, А.В. Блохин, Т.М. Калашникова

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан

E-mail: Alimov38@mail.ru

Приток метеорного вещества в атмосферу Земли является источником образования метеорных атомов M и ионов M^+ . С участием ветрового сдвига они образуют среднеширотный спорадический слой E_s ионосферы. Исследована зависимость спорадического слоя E_s от скорости частиц метеорного вещества в периоды активного воздействия метеорных потоков в E области ионосферы.

Многочисленные ракетные и наземные эксперименты показывают наличие тонкой и слоистой структуры спорадического слоя E_s ионосферы. Модификация тонкой структуры в E_s -слое ионосферы можно применить к обсуждению физических моделей, описывающих связь аномалий в ионосфере с процессами подготовки сильных землетрясений.

SEISMO-IONOSPHERIC PRECURSORS IN THE SPORADIC LAYERS OF THE IONOSPHERE OF THE METEORIC ORIGIN

O.A. Alimov, A.V. Blokhin, T.M. Kalashnikova

Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

E-mail: Alimov38@mail.ru

Inflow of the meteoric matter into Earth's atmosphere is the source of formation of meteoric M atoms and M^+ ions. They further form a middle-latitude sporadic layer of E_s -ionosphere assisted by the wind shift. Dependence of the sporadic E_s -layer from velocity of particles of meteoric matter during periods of active impact of meteoric streams in the ionospheric E -region has been researched.

Multiple rockets and land experiments demonstrate the availability of thin and stratified structure of the sporadic E_s layer of ionosphere. Modification of the thin structure in the E_s -layers of ionosphere can be used to the application of physical models describing connection the anomalies in the ionosphere with the processes of strong earthquakes preparation.

ОБРАБОТКА ПЗС-ИЗОБРАЖЕНИЙ БЫСТРОДВИЖУЩИХСЯ АСТЕРОИДОВ В ПАКЕТЕ MIDAS/ROMAFOT

В.Н. Андрук, Г.З. Бутенко, В.Г. Годунова
МЦ АМЭИ

Описана методика обработки в пакете MIDAS/ROMAFOT ПЗС-кадров наблюдений ряда быстро движущихся потенциально опасных для Земли астероидов. Оригинальность методики в том, что обработка наблюдательного материала производится без использования кадров плоского поля. Наблюдения астероидов получены на телескопах «Цейсс-600», «Цейсс-2000» обсерватории на пике Терскол, а также на телескопе AZT-8 Киевской кометной станции. При вычислении координат в качестве опорного использован каталог UCAC4. Точность полученных позиционных данных составляет 60 mas, фотометрических – 0.15^m. Проведено сравнение полученных результатов с данными обработки в других программных пакетах.

PROCESSING CCD IMAGES OF HIGH-VELOCITY ASTEROIDS WITH THE AID OF MIDAS/ROMAFOT

V.M. Andruk, G.Z. Butenko, V.G. Godunova
ICAMER

We describe an analysis tool which was developed in order to reduce CCD images of near-Earth asteroids (NEAs). Astrometric and photometric observations of these objects have been performed at the Terskol Observatory (2-m and 60-cm telescopes), as well as at the Kiev Comet Station (AZT-8). Raw CCD images were processed in MIDAS/ROMAFOT without using flat fields and this is a distinguishing feature of the technique applied. Positions of objects have been calculated using UCAC4 catalog; an accuracy of 60 mas was achieved (0.15^m in case of photometric observations). In this paper, we also present results obtained with other software packages.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОДИНОЧНЫХ И ДВОЙНЫХ АСТЕРОИДОВ

М.А. Аринин¹, А.И. Галеев^{1,2}, А.Р. Мустафина¹

¹Казанский федеральный университет, ²Институт астрофизики АН Республики Таджикистан
E-mail:almazgaleev2@yandex.ru

Астероиды - это твердые каменные тела, которые подобно планетам движутся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. Но размеры этих тел намного меньше, чем у обычных планет, поэтому их еще называют малыми планетами. Астероидов в нашей Солнечной Системе сотни тысяч. К счастью, на данный момент не существует астероида, который представляет серьезную угрозу нашей планете, однако ученые не исключают возникновения подобной угрозы в будущем, именно поэтому, по их мнению, изучению астероидов нужно уделять большое внимание.

Одним из методов исследования одиночных и двойных астероидов (ДА) является моделирование их кривых блеска. Даже для астероидов сферической формы вычисление звездной величины сопровождается большими математическими трудностями. Перспективный путь для вычисления звездной величины двойных и одиночных астероидов открывается при использовании численного интегрирования. Суть заключается в разбиении поверхности на площадки (фасеты) и суммировании их вклада в суммарную освещенность, создаваемую на Земле. Для моделирования световых кривых ДА в методе численного интегрирования необходимо предусмотреть возможность учета взаимных покрытий и затмений, т.е. определить условия покрытия и затмения каждой фасеты на поверхности одного компонента другим.

Авторами была разработана программа на языке Fortran в пакете Visual Studio, где для нахождения блеска, используется метод учета покрытий и затмений двойных астероидов, разработанный Н.Б. Железновым на основе метода разбиения поверхности на площадки. Компоненты аппроксимируются трехосными эллипсоидами. Ориентация тел в пространстве описывается углами Эйлера. Используются законы отражения Ламберта и Ломмеля-Зеелигера (на выбор). К полученным, в ходе работы программы, модельным кривым автоматически применяется один из выбранных пользователем программных методов определения периода. Выходными данными программы являются как модельные кривые астероида, так и кривые его компонент по отдельности, что делает возможным применение программы для исследования как двойных, так и одиночных астероидов.

С помощью данной программы проанализированы фотометрические наблюдения астероидов - (6006) Anaximandros, (35107) 1991 VH, (23187) 2000 PN9, которые наблюдались на 1.5-м Российско-Турецком телескопе РТТ150 в 2003-2008 гг., а также астероидов (475) Ocllo, (544) Jetta, (121) Hermione, данных для которых были взяты в литературе. Определены основные параметры астероидов – периоды вращения, размеры и величины полуосей, которые согласуются с опубликованными значениями.

DETERMINATION OF THE PHYSICAL PARAMETERS FOR SINGLE AND BINARY ASTEROIDS

M.A. Arinin¹, A.I. Galeev^{1,2}, A.R. Mustafina¹

¹ Kazan Federal University, ² Academy of Science of Tatarstan,
E-mail: almazgaleev2@yandex.ru

The modeling of lightcurves for single and binary asteroids is one of the methods for studying these objects. Even for spherical asteroids the calculation of magnitude is accompanied by mathematical difficulties. The method of numerical integration is a promising way to compute the magnitudes of binary and single asteroids. The idea consists in the partition of asteroid surface to facets and the summation of their contribution to the total luminance. Also, it is necessary to provide the possibility of transits and occultations for the method of numerical integration. I.e. to determine the terms of transits and occultations for each facets on the surface.

We have worked out the program in Fortran in Visual Studio for computations of asteroid magnitude and determinations the physical parameters. In this package we use the method of calculations of transits and eclipses for binary asteroids developed by N. B. Zheleznov based on the method of segmentation of the asteroid surface. Components by triaxial ellipsoids are approximated. The orientation of bodies in space is described by the Euler angles. We use Lambert and Lommel-Seeliger laws of reflection. The received model curve is automatically applied for the determination of rotational period. Synthetic curves of asteroids and their components are the resulting data of the program, therefore it is possible to use the program for studying both binary and single asteroids.

Finally, with the help of this program, we have analyzed photometric observations of asteroids (6006) Anaximandros, (35107) 1991 VH, (23187) 2000 PN9, which were observed in 2003-2008 at the 1.5-m Russian-Turkish telescope RTT150, as well as asteroids (475) Ocllo, (544) Jetta, (121) Hermione, on the bases of the data taken from Asteroid Light Curve Database of MPC. We have also determined some main parameters (rotation periods, sizes and values of the semi-axes) for these asteroids.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРБИТ, ПРИВОДЯЩИХ К ХАОТИЧНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АСЗ В ОКРЕСТНОСТИ РЕЗОНАНСОВ 1/2 С ЗЕМЛЕЙ И 2/1 С ЮПИТЕРОМ

Л.Е. Быкова, Е.Н. Ниганова
Томский государственный университет
E-mail: shen1981@mail.ru

Работа посвящена проблеме возникновения динамического хаоса в окрестности границ орбитальных резонансов АСЗ с планетами. Эта проблема непосредственно связана с проблемой астероидной опасности, поскольку динамический хаос может приводить к значительным изменениям параметров орбит АСЗ и, соответственно, к тесным сближениям и столкновениям с планетами, в том числе с Землей.

В работе представлены результаты построения и исследования областей начальных параметров движения, приводящих к хаотичности движения АСЗ в окрестности резонансов 1/2 с Землей и 2/1 с Юпитером. С помощью индикатора хаотичности параметра MEGNO исследованы окрестности полученных областей. Исследования выполнялись численным моделированием долгосрочной эволюции астероидов, резонансных характеристик и индикатора хаотичности движения. Резонансные области строились на множестве начальных значений большой полуоси и средней аномалии при фиксированных значениях остальных элементов орбит. В результате были построены хаотические зоны в окрестности границ рассмотренных резонансов и получены численные оценки ширины этих зон. Численное моделирование выполнялось на кластере СКИФ CYBERIA ТГУ, что позволило исследовать орбитальную эволюцию большой совокупности модельных частиц на интервалах времени несколько тысяч лет.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-02-02868.

SIMULATION AND ANALYSIS OF CHAOTIC ORBITS OF NEAS CLOSE TO THE MEAN MOTION RESONANCES 1/2 WITH EARTH AND 2/1 WITH JUPITER

L.E. Bykova, E.N. Niganova
Tomsk State University
E-mail: shen1981@mail.ru

The paper is dedicated to the problem of appearance of dynamic chaos in the vicinity of the boundaries of the orbital resonances of near-Earth asteroids (NEAs) with the planets. This problem is directly associated with the problem of asteroid hazard since the dynamic chaos can lead to significant changes in orbital parameters of NEAS and, consequently, to close approaches and collisions with the planets, including the Earth.

The paper presents the results of construction and investigation of the regions of initial orbital parameters leading to chaotic motion of NEAs close to the boundaries of the mean motion resonances 1/2 with Earth and 2/1 with Jupiter. The boundaries of the obtained region are investigated with an indicator of chaotic motion — the parameter MEGNO. The investigations were carried out by numerical simulation of long-term orbital evolution of the asteroids, resonance characteristics and the indicator of chaotic motion. The resonance regions were constructed over the set of initial values of the semi-major axis and the mean longitude at some fixed values of other orbital elements. As a result, chaotic zones were constructed in the vicinity of the boundaries of the considered resonances and some numerical evaluations for the width of these zones were obtained. The numerical simulation was implemented on the cluster SKIF CYBERIA TSU which allowed us to investigate the orbital evolution of a large number of test particles over a time interval of several thousand years.

The paper was executed with grant support RFBR № 15-02-02868.

ПОЛЯРИМЕТРИЯ И СПЕКТРОМЕТРИЯ АСТЕРОИДА-АПОЛЛОНЦА 4179 TOUTATIS

С.Ф. Величко^{1,2}, А.П. Видьмаченко³, Ф.П. Величко⁴

¹МЦ АМЭИ, ²Терскольский филиал ИНАСАН

³ГАО НАНУ, ⁴НИИ астрономии ХНУ им. В.Н.Каразина, Харьков, Украина

E-mail: honorus@mail.ru

В работе представлены результаты поляриметрических и спектральных наблюдений астероида 4179 Toutatis, который принадлежит к группе Аполлона и пересекает орбиту Земли. Наблюдения проведены в декабре 2012 г. на 1.0-м рефлекторе КрАО (гора Кошка, Крым) и на 2.0-м рефлекторе МЦ АМЭИ (пик Терскол, Северный Кавказ). При этом использовался одноканальный фотоэлектрический фотометр-поляриметр и спектрограф низкого разрешения CMMS.

Поляриметрические наблюдения проводились в спектральной полосе V стандартной фотометрической системы Джонсона-Моргана. В качестве анализатора использовались быстро вращающаяся ахроматическая четверть волновая фазовая пластинка и неподвижный плёночный поляриод. Наблюдения линейной и циркулярной поляризации выполнены в диапазоне фазового угла астероида от 21.8 до 82.0 град. Измеренные значения линейной поляризации хорошо согласуются с тем, что известно по данным наблюдений в предыдущие оппозиции астероида. Циркулярная поляризация астероида 4179 Toutatis в области больших фазовых углов ($\alpha=82.0^\circ$) достигает значения 0.2%.

Спектральные наблюдения были проведены с 10 по 18 декабря 2012 г. в интервале длин волн 380 – 950 нм и в данную оппозицию астероида охватывают фактически равномерно всю видимую его поверхность. На спектрах астероида хорошо выражено коротковолновое крыло полосы поглощения минерала пироксена (центр полосы около 920 нм). Имеют место вариации спектра с вращением астероида вокруг своей оси.

POLARIMETRY AND SPECTROMETRY OF APOLLO-ASTEROID 4179 TOUTATIS

S.F. Velichko^{1,2}, A.P. Vidmachenko³, F.P. Velichko⁴

¹ICAMER, ²Terskol branch of INASAN

³MAO NASU, ⁴Institute of Astronomy, Karazin KhNU, Kharkiv, Ukraine

E-mail: honorus@mail.ru

Results of polarimetry and spectral observations of NEA 4179 Toutatis are presented. Observations carried out in 2012 December with the 1.0-m reflector of CrAO (mount Koshka, Crimea) and with the 2.0-m reflector of ICAMER (peak Terskol, North Caucasus). Telescopes were equipped by one channel photoelectric photometer-polarimeter and by low resolution spectrograph CMMS, respectively.

Polarimetry was obtained in Johnson-Morgan standard spectral V-band. As an analyser a fast rotating quarter wavelength achromatic retarded plate with a linear polaroid was used. Observations of linear and circular polarization in the range of asteroid phase angle from 21.8 to 82.0 deg were obtained. The measured data of linear polarization of Toutatis are in good agreement with known ones from its previous oppositions. The circular polarization of the asteroid equals to 0.2% at phase angle of 82.0°.

Spectral observations carried out in December 10-18, 2012 in the range of wavelength 380-950 nm and distributed practically evenly on whole seen surfaces of the asteroid. On spectra of the asteroid is well expressed short wave wing of the pyroxene absorption band (centered near 920 nm). There are variations of the spectrum with asteroid rotation.

О ЗАВИСИМОСТИ УГЛА ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ КАРЛИКОВОЙ ПЛАНЕТЫ (1) CERES ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

Н. Киселев¹, Ф. Рахматуллаева², К. Антониук³, В. Розенбуш¹

¹ГАО НАНУ, ²Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, ³КрАО

Поиск и изучение кометной активности среди малых тел (малых планет, карликовых планет) в Солнечной системе привел к открытию нового класса объектов - комет Главного пояса астероидов, а также льдов на некоторых малых (например, 24Themis) и карликовых (например, 1 Ceres) планетах. Ceres - единственная карликовая планета во внутренней области Солнечной системы. Она представляет особый интерес из-за ряда причин. Lebofsky и др. (1981) обнаружили в спектрах Ceres признаки кристаллогидратов. A`Hearn и Feldman (1992) обнаружили на лимбе северного полюса Ceres эмиссии радикала OH ($\lambda 3080 \text{ \AA}$), вызванные фотодиссоциацией водяного пара в атмосфере. Недавно, выбросы водяного пара были обнаружены в нескольких областях поверхности Ceres по наблюдениям на космической обсерватории Herschel (Küppers et al., 2014). Таким образом, эти наблюдения свидетельствуют, что Ceres имеет ледяную поверхность и атмосферу. Инфракрасные данные показывают, что фонтаны паров воды выбрасываются из Ceres, когда области его ледяной поверхности слегка подогреты. Пекулярные поляризационные свойства излучения Ceres были обнаружены Lupishko и др. (1992). Авторы сообщили о монотонном увеличении угла плоскости поляризации Ceres с длиной волны в спектральном диапазоне $0.37 - 0.83 \mu\text{m}$. Физические причины этого явления неизвестны. Чтобы проверить этот эффект, мы провели дополнительные UBVRi поляриметрические наблюдений Ceres в 2009–2012 гг. Эти новые и все имеющиеся данные о зависимости степени и плоскости поляризации Ceres от длины волны, а также их анализ будут представлены в докладе.

ON WAVELENGTH DEPENDENCE OF THE POLARIZATION PLANE OF DWARF PLANET (1) CERES

N. Kiselev¹, F. Rahmatullaeva², K. Antoniuk³, V. Rosenbush¹

¹MAO NASU, ²Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan,

³Crimean Astrophysical Observatory

Search for and study of cometary activity among small bodies (minor planets, dwarf planets) in the Solar system led to the discovery a new class of objects - Main-Belt comets as well as ice on some minor (e.g., 24 Themis) and dwarf (e.g., Ceres) planets. Ceres is the only dwarf planet in the inner Solar System. This dwarf planet is of particular interest. Lebofsky et al. (1981) detected in spectra of Ceres absorption feature due to water of hydration. A`Hearn and Feldman (1992) detected around Ceres emission of radical OH ($\lambda 3080 \text{ \AA}$) that generated by the photodissociation of atmospheric water vapor. Recently, emissions of water vapor were detected from several regions of Ceres using the Herschel space observatory (Küppers et al. 2014). So, these observations provide proof that Ceres has an icy surface and an atmosphere. Infrared data suggest that plumes of water vapor shoot up from Ceres when portions of its icy surface warm slightly. Peculiar polarization properties of Ceres were detected by Lupishko et al. (1992). The authors reported the effect of monotonic increasing of polarization plane of Ceres with wavelength in the spectral range $0.37-0.83 \mu\text{m}$. Physical reasons of this effect are unknown. To test this effect, we carried out additional UBVRi polarimetric observations of Ceres in 2009 - 2012. These new and all available data about the wavelength polarization dependence of Ceres as well as their analysis will be presented and discussed.

ЕЖЕГОДНАЯ АКТИВНОСТЬ МЕТЕОРИТО-ОБРАЗУЮЩИХ БОЛИДОВ И ИХ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Н.А. Коновалова

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан

E-mail: nakonovalova@mail.ru

Событие Челябинского метеорита привело к изменению прежнего мнения о нижнем пределе размеров потенциально опасных астероидов, пересекающих орбиту Земли. Детальное изучение метеороидов – малых тел Солнечной системы дает очень важную информацию об их родительских телах – астероидах и кометах. Наблюдения болидными сетями за вторжением в атмосферу Земли ярких (ярче -5 зв. вел.), метеоритообразующих болидов позволяет получать более точные данные об атмосферных траекториях болидов и координатах места предсказанного падения метеоритов. Например, по данным хорошо наблюдавшихся болидной сетью DFN (Австралия) метеоритообразующих болидов Mason Gully (-9.4 зв. вел.) и Bunburra (-9.6 зв. вел.) были найдены метеориты очень малой массы: от ~ 25 г до 170 г. Еще более удивительным было обнаружение в предсказанном месте падения метеорита Venesov массой всего 11.6 г.

С целью выявления периодов активности метеоритообразующих болидов и метеороидных групп, которые предположительно могут содержать метеоритообразующие болиды, построено годовое распределение по долготе Солнца числа N1 ярких болидов, N2 – метеоритообразующих болидов и N3 – метеоритов с известными по наблюдениям атмосферными траекториями и орбитами. Среди околоземных объектов проведен поиск родительских тел, которые на основе подобия орбит могут быть источниками метеоритообразующих болидов. Приводятся результаты определения физических характеристик метеоритообразующих метеороидов.

ANNUAL METEORITE-DROPPING BOLIDES ACTIVITY AND THEIR PHYSICAL PROPERTIES

N.A. Konovalova

Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

E-mail: nakonovalova@mail.ru

The event of Chelyabinsk meteorite has brought about change the earlier opinion about floor limits of the sizes of the potentially dangerous asteroids (PHA) crossing the Earth's orbit. The detailed study of the meteoroids – the small bodies of Solar system gives very important information on their parent body - an asteroid and comet. The observations by fireball networks of the invasion in the Earth's atmosphere of bright (brighter -5 mag.) meteorite-dropping fireballs allows to get the more precise data on atmospheric trajectories and coordinates of predicted landing place of the meteorite. For example on the base of well data obtained by fireball network DFN (Australia) for the meteorite-dropping fireballs Mason Gully (-9.4 mag.) and Bunburra (-9.6 mag.) were found the meteorites of very small mass: from ~ 25 g before 170 g. Else more surprisingly was a finding in predicted place of the fall of the meteorite Venesov of the mass only 11.6 g.

For the reason of discovery the periods of activity of the meteorite-dropping fireballs and the groups of meteoroids which supposedly can contain the meteorite-dropping fireballs is built the annual distribution of the numbers of bright fireball N1, of the meteorite-dropping fireballs N2 and meteorites with the known atmospheric trajectories and orbits N3 versus the Solar longitude. Amongst near Earth's objects (NEOs) is made the searching for parent bodies, which on the base of the similarity of the orbits can be a sources of meteorite-dropping fireballs. The physical properties of meteorite-dropping meteoroids are present here.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БОЛЬШИХ СПУТНИКОВ ЮПИТЕРА

**Ю.Г. Кузнецова¹, А.П. Видьмаченко¹, А.И. Клянчин¹,
С.Ф. Величко^{2,3}, И.В. Соколов², А.В. Бондарь¹, А.В. Сергеев^{2,3}**

¹ГАО НАНУ, ²Терскольский филиал ИНАСАН, ³МЦ АМЭИ

E-mail: sagittari07@gmail.com

Вращение спутников планеты-гиганта Юпитера, Ио и Европы, синхронно с вращением центральной планеты. Вследствие этого в моменты восточных и западных элонгаций можно наблюдать как ведущие, так и ведомые полушария этих спутников, которые постоянно обращены по ходу и против орбитального движения соответственно. Детальный анализ наблюдательных данных, полученных со спектральным разрешением 45000, указывает на ряд особенностей поверхностей ведущего и ведомого полушарий Ио и Европы. Ведущее полушарие значительно ярче и менее загрязнено «не ледяным» материалом.

Одним из объяснений различия спектров ведущих и ведомых полушарий синхронных спутников планет-гигантов является взаимодействие поверхностей этих спутников с межпланетным пространством в мощной магнитосфере Юпитера. Наши предварительные фотометрические и спектральные (с низким разрешением) наблюдения явно указывают на значительную «переработку» верхних слоев грунта поверхностей спутников. По результатам полученных за разные годы данных проведено уточнение спектральных различий ведущих и ведомых полушарий спутников.

Спектральные данные, использованные в этой работе, получены на 2-метровом зеркальном телескопе Цейсс-2000 обсерватории на пике Терскол с помощью эшелле-спектрометра высокого разрешения в видимом диапазоне длин волн.

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF GREAT JOVIAN SATELLITES

**Yu.G. Kuznyetsova¹, A.P. Vidmachenko¹, A.I. Klyanchin¹,
S.F. Velichko^{2,3}, I.V. Sokolov², A.V. Bondar¹, A.V. Sergeev^{2,3}**

¹MAO NASU, ²Terskol branch of INASAN, ³ICAMER

E-mail: sagittari07@gmail.com

Rotation of Io and Europa, great satellites of giant planet Jupiter, around the central planet is synchronous. Thereby it is possible to observe leading and slave hemispheres at the moments of east and west elongations. They constantly direct along and against the orbital motion respectively. Detailed analysis of observations obtained with spectral resolution 45000 points to a number of features for surfaces of leading and slave hemispheres Io and Europa. Leading hemispheres is much brighter and less polluted by “not icy” material.

One of explanation difference between spectra for leading and slave hemispheres of synchronous satellites of giant planets is interaction of satellite surfaces with interplanetary space into powerful magnetosphere of Jupiter. Our preliminary photometric and low resolution spectral observations clearly indicate the substantial transformation of the top layer of satellite surface soil. Clarification of spectral differences of leading and slave hemispheres using data obtained during different years was done.

Spectral data using in this work were obtained at 2-meter mirror telescope Zeiss-2000 (peak Terskol Observatory) using high resolution echelle spectrometer in visible wavelength range.

КЕНТАВР 2060 CHIRON: ОППОЗИЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ ЯРКОСТИ НА МАЛЫХ ФАЗОВЫХ УГЛАХ

И.В. Кулик¹, Я.О. Романюк¹, А.Р. Баранский², М.В. Андреев³

¹ГАО НАНУ, ²КНУ им. Т. Шевченко, ³МЦ АМЕИ

E-mail: leda@mao.kiev.ua, romanyuk@mao.kiev.ua, abaransky@ukr.net, max@terskol.com

Резкое увеличение яркости безатмосферного небесного тела, которое наблюдается при подходе его к оппозиции, получило название фотометрического оппозиционного эффекта. Это явление интересно тем, что величина всплеска яркости и форма зависимости его

от фазового угла (Солнце – объект – наблюдатель) содержат в себе информацию об оптических и физических характеристиках частиц поверхностного отражающего слоя. Особенно интересны наблюдения, проведенные в области фазовых углов меньших чем 3° , где увеличение яркости объекта обусловлено механизмом когерентного усиления обратного рассеяния.

Наблюдения кентавра 2060 Chiron были выполнены с 70-см телескопом AZT-8 Наблюдательной станции Лесники астрономической обсерватории Киевского национального университета им. Тараса Шевченка в трех цветовых полосах B, V, R. Период наблюдений был выбран, когда область фазовых углов астероида изменялась в интервале 1.44° — 0.29° , в котором имеются только единичные наблюдения этого объекта. В докладе представлены фазовые кривые блеска объекта, полученные в трех фильтрах. Проведено их сравнение между собой и с опубликованными ранее результатами. Сделаны оценки альbedo в трех цветовых полосах. Также представлены результаты сравнений фазовых кривых 2060 Chiron с фазовыми кривыми других безатмосферных тел Солнечной системы, полученными в области малых фазовых углов.

CENTAUR 2060 CHIRON: BRIGHTNESS OPPOSITION EFFECT AT LOW PHASE ANGLES

I.V. Kulyk¹, Ya.O. Romanyuk¹, A.R. Baransky², M.V. Andreev³

¹MAO NASU, ²KNU, ³ICAMER

E-mail: leda@mao.kiev.ua, romanyuk@mao.kiev.ua, abaransky@ukr.net, max@terskol.com

A sharp increase of the brightness of an atmosphereless body, when it is approaching opposition, is called photometric opposition effect. This phenomenon is of interest due to dependence of the amplitude and gradient of the opposition surge on a phase angle (Solar-object-observer angle) as well as on optical and physical properties of the uppermost surface layer. Of particular interest is the appearance of a very sharp intensity peak at phase angles less than 3° caused by epy coherent backscatter mechanism.

The observations of Centaur 2060 Chiron were made with 70-cm telescope AZT-8 of Observational Station of Astronomical Observatory of Kyiv National Taras Shevchenko University in B, V, R color bands. The asteroid phase angles fell between 1.4 and 0.29° , where the observations are still rare and significantly incomplete. The phase curves of the brightness in three color bands are reported. The inter-comparison of the phase curves is presented as well as the comparison with the previously published data. The B, V, R-albedo are estimated. The phase curves of 2060 Chiron are also compared with the phase curves of others atmosphereless Solar system bodies in the same interval of phase angles.

РАДИАНТЫ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ КОМПЛЕКСА ТАУРИД, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО СЛАБЫМ МЕТЕОРАМ

В.А. Леонов

ИНАСАН

E-mail: leonov@inasan.ru

Ежегодно в сентябре-октябре на небе можно наблюдать достаточно мощные метеорные потоки – Северные и Южные Тауриды, которые принадлежат к одноименному комплексу. Обе ветви потока хорошо регистрируются всеми методами метеорной астрономии ввиду их рассеянных радиантов и длительного периода активности, что позволило разным исследователям получить точные значения координат их радиантов. Однако данные о радиантах, полученные радиолокационными и фотографическими методами, несколько отличаются между собой.

Для изучения метеорных потоков в ИНАСАН используются телевизионные регистрации метеоров, полученные на различных камерах, в т.ч. числе и на уникальной камере FAVOR с широким полем зрения, обладающей высокой проникающей способностью. На этой камере был набран большой наблюдательный материал, состоящий из метеорных регистраций с малыми яркостями, недоступных обычным телевизионным камерам, и которые ранее можно было получить только радиолокационными методами. Большое число слабых метеоров дает дополнительную информацию для исследования характеристик потоков.

По результатам наблюдений впервые в мировой практике получены высокоточные данные о радиантах потока Тауриды и их дрейфе различными способами, один из которых разработан метеорной группой ИНАСАН. Полученные результаты (положения радиантов субпотоков) имеют некоторые отличия от результатов других исследователей и требуют тщательного анализа. При полной обработке наблюдательного материала возникает возможность оценить возраст обеих ветвей по величине смещения их радиантов для слабых и ярких метеоров.

THE RADIANTS OF METEOR SHOWERS OF THE TAURID COMPLEX RECEIVED ON WEAK METEORS

V. Leonov

INASAN

E-mail: leonov@inasan.ru

Annually in September-October in the sky it is possible to observe rather powerful meteor showers Northern and Southern Taurids which belong to the complex of the same name. Both branches of a stream well are registered by all methods of meteor astronomy in view of their scattered radiant and to the long period of activity that allowed different researchers to receive exact values of coordinates of their radiant. However the data on a radiant received by radar and photo methods differ among themselves a little.

For studying of meteor showers in INASAN the TV registration of meteors received on various cameras, including number and on the unique FAVOR camera with a wide field of view possessing high sensitivity are used. On this camera the big observation material consisting of meteor registration with the small brightness inaccessible to usual TV cameras and which could be received only by radar methods earlier was gathered. The large number of weak meteors gives additional information for research of characteristics of streams.

By results of supervision for the first time in world practice high-precision data on a radiant of a showers Taurids and their drift in various ways one of which is developed by the INASAN meteor group are obtained. The received results (the provision of a radiant of substreams) have some differences from results of other researchers and demand the careful analysis. And after full processing of observation material in the long term there is an opportunity to estimate age of both branches in size of shift of their radiant for weak and bright meteors.

ЗАДАЧА ПОЛУЧЕНИЯ ОЦЕНКИ ВЫПАДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗЕМЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

В.А. Леонов, А.В. Багров

ИНАСАН

E-mail: leonov@inasan.ru, abagrov@inasan.ru

Падение Челябинского метеорита в 2013 г. показало, что исследование притока метеоритного вещества на Землю имеет большое значение для прогнозирования чрезвычайных ситуаций, вызванных такими явлениями. Кроме того, все гипотезы о происхождении Земли и тел Солнечной системы, особенно реконструкция их ранних стадий эволюции, невозможны без объективных данных о метеоритном веществе. В настоящее время подобные исследования осуществляются двумя основными методами: через изучение метеорных явлений и по непосредственному исследованию найденных

метеоритов или ударных кратеров. Однако целенаправленный поиск метеоритов для определения поверхностной плотности метеоритных тел в мире никогда не проводился. Все поиски метеоритов до сих пор велись в местах ожидаемых падений по данным, полученным с болидных сетей, либо в окрестностях кратеров ударного происхождения. Исключение составляют лишь поиски метеоритов в моренных грядах Антарктиды. При этом кратеры от падения небольших метеоритов вследствие сильных эрозионных процессов не наблюдаются, хотя их общее число может быть очень большим. Поэтому частота выпадения метеоритов, имеющих массы от 1 г до нескольких десятков кг, остается малоизученной.

Задача нашего исследования сводится к попытке получения предварительных оценок концентрации метеоритов, обладающих магнитными свойствами, в наименее замусоренных металлических отходами областях поверхности Земли, а также в местах, минимально подверженных уносу метеоритного вещества эрозионными процессами (например, районы истоков рек, в которых метеоритное вещество накапливается веками). Методика поиска метеоритов схожа с методикой поиска любых иных металлических предметов в грунте, имеющих относительно неглубокое залегание. Дальнейший анализ будет сводиться к анализу образцов, математической обработке полученных данных и экстраполяции на всю поверхность земного шара, т.е. к получению оценки границы притока метеоритного вещества на Землю при условии однородности его распределения по поверхности Земли.

PROBLEM OF RECEIVING ASSESSMENT OF LOSS OF SPACE SUBSTANCE ON THE EARTH SURFACE BY THE EXPERIMENTAL METHOD

V. Leonov, A. Bagrov

INASAN

E-mail: leonov@inasan.ru, abagrov@inasan.ru

The Chelyabinsk meteorite event of 2013 showed that knowledge of meteoric substance inflow to the Earth is of great importance for forecasting of the emergency situations caused by such phenomena. Besides, all hypotheses of a geogenesis and bodies of Solar system being based on reconstruction of its early stages of evolution are impossible to be proved without objective data on meteoric substance. Now these kind investigations are carried out by two main methods: by studying of the meteor phenomena and by direct research of the founded meteorites or shock craters. However purposeful search for meteorites for measurement of meteoric body's area density in the world was never carried out. All findings of meteorites were still conducted in places of the expected falling according to the data obtained with the fireball networks or in vicinities of craters of a shock origin. The exception is made only for searches of meteorites in thin ridges of Antarctica. Thus craters from falling of small meteorites due to strong erosive processes aren't observed though their total number can be very numerous. Therefore the frequency abundance of the meteorites with masses from 1 g to several tens kg remains low-studied.

The goal of our research is an attempt to receive preliminary estimation of concentration of the meteorites that possess magnetic properties. The examination is proposed for Earth surface areas which are least littered by metal junks, and also for the places minimum subject to ablation of meteoric substance by erosive processes. The technique of search of meteorites is similar to a technique of search of any other metal samples in soil having rather superficial bedding. The further analysis will be consolidated to the analysis of samples, mathematical processing of the obtained data and its extrapolation over whole surface of the globe, i.e. to receiving an assessment of border of inflow of meteoric substance to Earth on condition of uniformity of its distribution on Earth surface.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТЕОРНЫХ ЧАСТИЦ ПО АНАЛИЗУ МНОГОКАДРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ РЕГИСТРАЦИЙ

В.А. Леонов, А.В. Багров

ИНАСАН

E-mail: leonov@inasan.ru, abagrov@inasan.ru

Одна из наиболее важных физических характеристик метеорных частиц – их масса, определение которой производится по измерению количества светового излучения, выделенному движущейся частицей при ионизации атмосферы. Это достаточно трудная задача, которая решалась многими исследователями на основе разных подходов. Сложности в определении масс метеороидов обусловлены неоднозначностью модельных оценок различных параметров, в частности коэффициента эффективности излучения, который определяет долю кинетической энергии частицы, переходящей в свечение. На сегодняшний день нет четких и однозначных зависимостей, отражающих связь между высвеченной энергией и массой метеорной частицы; как следствие различие в оценках масс частиц одной яркости из одного потока может составлять 1-2 порядка. Относительно достоверные значения масс метеорных частиц определены только у ярких метеоров, для которых можно использовать болидную теорию.

В работе исследована методика вычисления масс слабых метеоров, движущихся в атмосфере Земли в режиме свободно-молекулярного обтекания и построена математическая теория таких вычислений. Отмечено, что применение этой теории может быть справедливо только для самых слабых метеоров (слабее $+4^m$). Для подтверждения этой теории могут быть использованы наблюдения многотысячного массива метеорных регистраций, полученные на уникальной камере FAVOR. Методика позволит получить четкую связь между видимой яркостью метеора и его массой, а в дальнейшем получать ценную информацию о плотности верхних слоев атмосферы.

DEFINITION OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF METEOR PARTICLES ACCORDING TO THE ANALYSIS OF MULTIFRAME TV-REGISTRATIONS

V. Leonov and A. Bagrov

INASAN

E-mail: leonov@inasan.ru, abagrov@inasan.ru

One of the most important physical characteristics of meteoric particles – their weight, which definition is made on the measurement of number of light radiation allocated with a moving particle at ionization of the atmosphere. It is rather difficult problem which was solved by many researchers on the basis of different approaches. Difficulties in determination of mass of meteoroid are caused by ambiguity of model estimates of various parameters, in particular radiation effectiveness ratio which defines a share of kinetic energy of the particle passing into a luminescence. Today there are no the accurate and unambiguous dependences reflecting communication between the highlighted energy and mass of a meteoric particle; as a result distinction in estimates of mass of particles of one brightness can make 1-2 orders of one stream. Rather reliable values of mass of meteoric particles are defined only at bright meteors for which it is possible to use the fireballs theory.

In work the technique of calculation of mass of the weak meteors moving in the atmosphere of Earth in the mode of a free and molecular flow is investigated and the mathematical theory of such calculations is constructed. It is noted that application of this theory can be fair only for the weakest meteors (more weakly $+4^m$). For confirmation of this theory the supervision of the many thousands massif of meteor registration received on the unique FAVOR chamber can be used. The technique will allow to receive accurate communication between the visible brightness of a meteor and its weight, and further to receive valuable information on density of an upper atmosphere.

ВАРИАЦИЯ СВЕЧЕНИЯ И ИОНИЗАЦИИ ВДОЛЬ СЛЕДА ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ МЕТЕОРОВ

М. Нарзиев

Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан

E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

Ранее на базе данных параллельных радио-телевизионных наблюдений метеоров в США (Кэмбридж, Массачусеттс) и Таджикистане (ГисАО) было начато исследование вариации звездной величины и ионизации (кривых блесках и ионизации) вдоль следа одних и тех же метеоров. Скорости метеоров, измеренных в Кэмбридже (Массачусеттс), заключались в интервале 17-32 км/с, а данные, полученные в ГисАО, в основном относились к метеорному потоку Персеид. Следовательно, вариации свечения и ионизации вдоль следа одних и тех же метеоров в диапазоне скоростей $32 \leq V \leq 57$ км/с оказались не изученными.

В настоящей работе для каждого метеора приводятся такие данные атмосферной траектории как номер метеора, зенитное расстояние радианта, высоты начала, максимума и конца следа, значение абсолютной звездной величины и длительность радиоэхо в зеркальной точке следа и наблюдаемые формы кривой блеска и ионизации метеора, полученные при наблюдениях главных ежегодных метеорных потоков α -Каприкорниды, δ -Акварида, Геминиды, Квадрантиды, Ориониды в 1979 г. в Таджикистане. По результатам комбинированных наблюдений изучены вариации блеска метеора, АВХ, длительность радиоэхо и значение линейной электронной плотности в 4-х 5-ти точках следа одних и тех же метеоров. Показано, что в метеорных следах длиной в высотном разрезе $\Delta H = 3.5$ км, измеренные значения длительности радиоэхо вдоль следа метеора меняются более чем в 1.5 раза.

VARIATION LUMINOSITY AND IONIZATION ALONG THE TRAIL SAME METEORS

M. Narziev

Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan

E-mail: mirhusseyn_narzi@mail.ru

Previously, database parallel radio television observations of meteors in the US (Cambridge, Massachusetts) and Tajikistan (GisAO) study was launched variation magnitude and ionization (light curves and ionization) along the track of the same meteor. The velocity of meteors measured in Massachusetts, concluded in the range of 17-32 km/s, and the data obtained in the branch block is mainly attributable to the Perseid meteor shower. Consequently, variations and luminosity and ionization along the track of the same meteor in the speed range $32 \leq V \leq 57$ km/s were not studied.

In this paper are given for each of the meteor trajectory of atmospheric data such as the number of meteor radiant zenith distance, the height of onset, peak and end of the trail, the value of the absolute magnitude and duration of the echoes in the mirror at the track and the observed shape of the light curve of the meteor and ionization obtained by observations major annual meteor showers α -Capricornids, δ -Aquadriids, Geminids, the Quadrantids, Orionids in 1979 in Tajikistan. As a result of combined observations studied variations in the brightness of the meteor, АВХ, echoes duration and the linear electron density in 4 and 5 points trace of the same meteor. It is shown that in the long meteor trails in the altitude section $\Delta H = 3.5$ km, measured values along the length of radio meteor trail varies more than 1.5 times.

**АБСОЛЮТНАЯ BVRI ФОТОМЕТРИЯ
КОМЕТЫ ГЛАВНОГО ПОЯСА АСТЕРОИДА (596) SCHEILA
Н. Пить¹, Ф. Рахматуллаева², С. Абдуллоев², Н. Киселев³, К. Антониук¹.
¹КрАО, ² Институт астрофизики АН Республики Таджикистан, ³ГАО НАНУ**

Малые планеты считаются одними из реликтовых объектов Солнечной системы. Разнообразие их таксономических классов, открытие нового класса объектов - комет главного пояса (MBCs), с динамическими свойствами малых планет, приводит к новому пониманию состава, активности и динамики этих объектов, их связи с кометами и метеороидами, и условий формирования ранней Солнечной системы. В настоящее время известно шесть объектов MBCs. Активность двух других, вероятнее всего, не связана с сублимацией и, поэтому, они представляют собой астероиды, подвергнувшиеся столкновению. Один из них (596) Scheila. Мы представляем результаты ПЗС фотометрии в фильтрах BVRI этого астероида, проявившего кометную активность 12 декабря 2010 года. Наблюдения проводились на 1,25-м телескопе АЗТ-11 Крымской астрофизической обсерватории с 30 мая по 4 июня 2011 года. Переменность блеска в V фильтре и цветов B-V, V-R и R-I с периодом осевого вращения (596) Scheila будут обсуждаться.

**THE ABSOLUTE BVRI PHOTOMETRY OF MAIN-BELT COMET (596) SCHEILA
N. Pit¹, F. Rahmatullaeva², S. Abdulloev², N. Kiselev³, K. Antoniuk¹**

¹Crimean Astrophysical Observatory,
²Institute of Astrophysics of the Ac. of Sci. of the Republic of Tajikistan, ³MAO NASU

Minor planets are considered to be among the pristine objects in our Solar System. A variety of their taxonomic classes, discovery a new class Main-Belt comets (MBCs) with dynamical properties of small planets leads us to a new understanding the composition, activity and dynamics of these objects, their connection to comets and meteoroids, and the formation of the early Solar System. There are six currently known MBCs. The activity of two other objects is likely not sublimation-driven and therefore they are disrupted asteroids. One of them is (596) Scheila. We present results CCD photometry in the BVRI filters of the asteroid displaying a comet-like appearance on December 12, 2010. Our observations were carried out at the 1.25-m telescope of the Crimean Astrophysical Observatory from May 30 to June 4, 2011. Variable of brightness in the V filter and colors B-V, V-R and R-I with rotational period of Scheila will be discussed.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ОРБИТАХ КОМЕТ СЕМЕЙСТВА ЮПИТЕРА

М.А. Шеляков

ИНАСАН

E-mail: mshelyakov@inasan.ru

В работе проведено исследование объектов, находящихся на орбитах комет семейства Юпитера. Выделены околоземные астероиды, находящиеся в области эволюции комет семейства Юпитера. Проанализирована эволюция этих объектов при использовании симплектического интегратора, выделены основные закономерности в их поведении. Установлено, что ряд объектов на данном этапе подвержен действию резонанса Лидова-Козаи. Проанализированы 84 кометы семейства Юпитера с перигелийным расстоянием $q < 1.5$ а.е. с целью сравнения их динамической эволюции с эволюцией астероидов на подобных орбитах. Обсуждается проблема различия в эволюции рассмотренных типов объектов. На основании сравнения поведения астероидов и комет поднимаются вопросы о происхождении объектов на орбитах комет семейства Юпитера.

STUDY OF OBJECTS ON JUPITER FAMILY COMET ORBITS

M.A. Shelyakov

INASAN

E-mail: mshelyakov@inasan.ru

Studying of objects on Jupiter family comet (JFC) orbits has been carry out in the paper. Near-Earth asteroids which orbiting in area of JFC's evolution have showed. Evolution of that objects has analyzed by means of symplectic integrator. Trends of objects evolution have been determine. It is establish that a number of objects subject to Lidov-Kozai mechanism. In addition, we have analyzed 84 JFC with $q < 1.5$ AU in order to compare dynamic evolution with near-Earth objects. The problem of evolution difference have considered. Nature of objects on Jupiter family comet orbits have discussed.

МЕТЕОРИТООБРАЗУЮЩИЙ РОЙ КРУПНЫХ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ

А.К. Терентьева, С.И. Барабанов

ИНАСАН

E-mail: ater@inasan.ru, sbarabanov@inasan.ru

Очень яркий болид -15 абсолютной звездной величины, пролетевший над Чехией и Польшей 29 сентября 2003 г., зарегистрированный двумя станциями Европейской болидной сети и давший метеорит весом 400 г, был нами отождествлен с метеорным роем ι -Писцид (по каталогу А.К. Терентьевой). Кроме того, по результатам фотографических наблюдений болидов Прерийной сети найдено метеоритообразующее тело с доатмосферной массой 8.3 кг, которое также великолепно отождествляется с этим метеорным роем.

Таким образом, данный метеорный рой, действующий с 8 по 24 октября, является роем, содержащим крупные метеоритообразующие тела.

METEORITE PRODUCING STREAM OF LARGE METEOR BODIES

A.K. Terentjeva, S.I. Barabanov

INASAN

E-mail: ater@inasan.ru, sbarabanov@inasan.ru

A very bright fireball of almost -15 maximum absolute magnitude, which had flown over the Czech Republic and Poland in September 29, 2003, was recorded at two stations of the European fireball network, and has produced a meteorite with mass of 400 g. This fireball is identified by us with the ι -Piscid meteor stream (from the catalogue by A.K.Terentjeva). Besides, using the photographic observations of fireballs by the Prairie Network, a meteorite producing body was found with pre-atmospheric mass of 8.3 kg, which is certainly related to this meteor stream.

Thus, the meteor stream, acting from 8 to 24 of October, is the stream containing large meteorite producing bodies.

МЕТОД ДЛЯ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ МИНИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ДВУМЯ КОНФОКАЛЬНЫМИ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКИМИ ОРБИТАМИ

А.Е. Деревянка

Самарский государственный технический университет

E-mail: AndrDerev@gmail.com

Рассмотрена задача оценки параметра MOID, характеризующего минимальное расстояние между двумя конфокальными гелиоцентрическими орбитами небесных тел. Поставлена задача вычисления параметра MOID для большого количества астероидов (более 10 000) с максимальной скоростью. Предложен численный метод оценки, имеющий в основе геометрический подход. Рассматривается два тела: А и Е. Так как в постановке задачи требуется рассчитать минимальное расстояние между орбитами, информация о фактических положениях тел на их орбитах не рассматривается. Для тела А просчитывается полный оборот по орбите. Для каждого положения тела А находится соответствующее ему

положение E из следующего предположения. В рассмотрение вводится плоскость, содержащая тело A, Солнце и перпендикулярная плоскости орбиты тела E. Из двух точек, в которых плоскость P пересекает орбиту E, считается, что E находится в ближайшей к телу A. На основе геометрических соотношений, из треугольника, образованного Солнцем, A и E, находится расстояние между телами A и E. После просчета с определенным шагом одного полного оборота тела A по орбите получается набор значений расстояний, из которого определяются области локальных минимумов дискретного представления функции расстояния между орбитами тел A и E. Затем производится процедура уточнения найденных значений локальных минимумов. За параметр MOID принимается наименьший из найденных локальных минимумов. Достоинства метода: высокая скорость и настраиваемая точность вычислений, параллелизация вычислений. Проведены сравнительные испытания описываемого метода. Полученные результаты согласуются с классическим методом.

A METHOD FOR THE FAST MOID COMPUTATIO FOR TWO CONFOCAL HELIOCENTRIC ORBITS

A.E. Derevyanka

Samara State Technical University

The paper is on the problem of the estimation of the MOID parameter. Minimum Orbital Intersection Distance describes the minimal distance between two confocal heliocentric orbits. The task of calculating the MOID parameter for a large number of asteroids (more than 10,000) with a maximum calculating speed is set. A numerical method based on geometrical considerations concerning the location of the bodies on their orbits is proposed. Let us consider two bodies A and E. Since only the minimum distance between two orbits is required, the information on the actual position of the bodies on their orbits is insignificant. The idea is to calculate one full revolution of the body A and for each position A the corresponding position of the body E. Consider a plane P, comprising the body A and the Sun. Therefore, plane P is perpendicular to the orbital plane of the body E. Of the two points at which the plane P intersects the orbit of the body E, E is considered to be at the point that is the nearest the body A. As a result, from the geometric assumptions on the triangle formed by the Sun and two bodies, the distance between A and E is calculated. When one complete revolution of the body A with a certain step is calculated, we receive a set of the distances between two orbits, from which we can identify the areas of the local min. of the distance function. Then, the procedure of tuning is carried out to verify and precise the values of local min. of the distance function. As a result, the smallest value of the local min. is considered to be the estimation of the MOID takes. Pros of the suggested method are as follows: high speed and adjustable calculation accuracy, the suitability to the use of parallel computing. The results received are consistent with the classical G. F. Gronchi method.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ АСТЕРОИДОВ И КОМЕТ В ОБСЕРВАТОРИИ КУБГУ С40 В 2013-2015 ГГ.

А.Л. Иванов, В.А. Иванов, В.Е. Лысенко, И.В. Литвинов, Д.А. Глоба

Кубанский государственный университет

E-mail: ial63@yandex.ru

Приводятся результаты наблюдений избранных объектов по наблюдениям в обсерватории КубГУ С40.

PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF ASTEROIDS AND COMETS IN THE OBSERVATORY KUBSU C40 IN 2013–2015 YY.

A.L. Ivanov, V.A. Ivanov, V.E. Lysenko, I.V. Litvinov, D.A. Globa

Kuban state University

The results of observations of selected objects according to the observations at the Observatory of KubSU C40 is given.

АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ ОПАСНОСТЬ

Asteroid and Comet Impact Hazard

ШИРОКОУГОЛЬНЫЙ ОБЗОР ДЛЯ ОКОЛОЗЕМНЫХ АСТЕРОИДОВ

**В.В. Емельяненко, С.А. Нароенков, И.С. Саванов,
М.А. Наливкин, А.С. Шугаров, В.Ю. Терещих**

ИНАСАН

E-mail: snaroenkov@inasan.ru

После Челябинского события стало очевидным, что не только крупные астероиды, но и небольшие 10-м тела несут угрозу человечеству. Несмотря на то, что количество известных околоземных объектов постоянно увеличивается благодаря работе таких обзоров как Spacewatch, LINEAR, LONEOS, NEAT, Catalina Sky Survey, Pan-STARRS и NEOWISE, значительная часть околоземных астероидов еще не обнаружена. В частности, недавние исследования болидных событий показывают, что количество тел диаметром около 10 метров, которые могут столкнуться с Землей, на порядок больше чем оценивалось ранее по телескопическим обзорам.

Для поиска новых околоземных астероидов мы разрабатываем новую широкоугольную мульти-апертурную оптическую систему. Такая мульти-апертурная система сможет осмотреть всю небесную сферу несколько раз за одну ночь. Широугольный обзор сможет обнаруживать большое количество новых неизвестных астероидов и выполнять функции системы предупреждения о столкновении астероидов с Землей. Все телескопы обзора будут соединены в общую систему с более крупным телескопом подхвата астероидов. Мы планируем использовать существующую инфраструктуру ИНАСАН и НИИ КРАО для размещения широкоугольных мульти-апертурных оптических систем.

THE WIDE FIELD SURVEY OF NEAR-EARTH OBJECTS

**V.V. Emel'yanenko, S.A. Naroenkov, I.S. Savanov,
M.A. Nalivkin, A.S. Shugarov, V.Y. Terebizh**

INASAN

E-mail: snaroenkov@inasan.ru

After the Chelyabisk event it is evident that not only large asteroids but also ~10 m size meteoroids pose a substantial hazard to the Earth civilization. Although the number of near-Earth objects has been growing rapidly in this century due to special surveys such as Spacewatch, LINEAR, LONEOS, NEAT, Catalina Sky Survey, Pan-STARRS and space-based NEOWISE there are large uncertainties in the population count, physical properties and dynamical characteristics of small asteroids. In particular, recent studies of bolide events indicate that the number of impactors with diameters of ~10 m may be an order of magnitude higher than estimates based on telescopic surveys.

We propose a wide field optical survey that is aimed at small near-Earth objects. The semi-automatic survey will be able to cover the entire visible sky several times per night. This survey will discover many small asteroids and also serve as a warning system for imminent impactors. All the

telescopes of the survey will be combined in the united system connected with more powerful follow-up telescopes. At first we plan to use the existing infrastructure of the Institute of Astronomy of RAS, Moscow (observatories in Terskol and Zvenigorod, as well as a new station in Kislovodsk) and the Crimean Observatory as the sites of the survey.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ СТАНЦИЙ НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ АСЗ

Н.В. Казанцев¹, П.В. Скрипниченко¹, Т.Ю. Галушина²

¹Уральский федеральный университет, ²Томский государственный университет
E-mail: n.kazantcev@gmail.com, savl-silverheart@rambler.ru, volna@sibmail.com

Во время тесного сближения астероида с Землей необходимо осуществлять непрерывный мониторинг объекта с целью получения плотного ряда наблюдений, что, в свою очередь, позволит повысить точность определяемых элементов орбит. Видимость объекта зависит от географического расположения станций наблюдения, а для реализации непрерывных наблюдений требуется распределение обсерваторий по поверхности планеты. В силу экономических соображений необходимо, чтобы число станций наблюдения было близко к оптимальному. В данной работе реализован алгоритм оценки необходимого числа обсерваторий для реализации непрерывного мониторинга АСЗ:

на первом этапе строится равномерная сетка обсерваторий, охватывающая всю поверхность планеты;

отбрасываются элементы сетки за границами Российской Федерации;

узловые элементы сетки привязываются к ныне существующим обсерваториям;

определяются географические координаты мест «недостающих» обсерваторий;

по данным открытых источников определяется число ясных ночей в данных точках;

осуществляется коррекция сетки с учетом астроклимата;

производится оценка вероятности успешных наблюдений для избранных АСЗ.

В работе представлены результаты определения координат мест на территории РФ для формирования сети станций непрерывного мониторинга АСЗ.

ABOUT OBSERVATION STATIONS DISTRIBUTION FOR NEAS CONTINUOUS MONITORING

N.V. Kazantcev¹, P.V. Skripnichenko¹, T. Yu. Galushina²

¹Ural Federal University, ²Tomsk State University

During close encounter of asteroid with Earth continuous monitoring is required for receiving of observations tight series and increase of defined orbit elements accuracy. Object observability depends from geographical location of observation station. Observatories distribution on planet surface is required for continuous monitoring realization. Because of economic reasons it is necessary that observation stations number would be close to optimal. The algorithm of estimation of required observation stations number for continuous monitoring realization is described in the paper: on the first step observatories uniform grid which covers planet surface is constructed;

grid elements across the border of Russian Federation is rejected; grid nodes are attached to real observatories; geographical coordinates of deficient observatories are calculated; clear nights number in this places is determined from open sources; grid correction is made with astroclimate accounting; successful observations probability evaluation is carried out for favorite asteroids.

The results of places coordinates determination on Russian territory for NEAs continuous monitoring stations grid forming are presented in the paper.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ВБЛИЗИ АСТЕРОИДА АПОФИС

В.В. Ивашкин^{1,2}, А. Лан²

¹Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, ²МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: ivashkin@keldysh.ru; seatu_angel@126.com

В рамках исследования характеристик возможной экспедиции к астероиду Апофис выполнен анализ орбитального движения КА вокруг астероида. В соответствии с рассмотренной схемой полета предполагается, что после подлета к астероиду основной КА переходит на низкую орбиту спутника Апофиса и, двигаясь по этой орбите в течение примерно 7 сут., выполняет исследование характеристик астероида. Кроме того, предполагается доставка посадочного модуля на поверхность астероида для изучения вещества и взятия образцов грунта, а также выведение специального мини-аппарата (зонда) на более удаленную орбиту спутника астероида, чтобы после отлета основного КА к Земле продолжить измерения и уточнение параметров орбиты Апофиса в течение более длительного времени, примерно нескольких лет.

Для данной схемы экспедиции выполнен первый этап анализа устойчивости движения КА вокруг астероида. При этом были учтены три типа возмущений: притяжение удаленных небесных тел (Солнце, Земля, Луна, Венера, Юпитер), влияние несферичности Апофиса и давление солнечного света. Для исследования динамики движения аппаратов применено численное интегрирование уравнений астероидо-центрического движения КА с учетом указанных возмущений. При этом для анализа влияния несферичности астероида на данном этапе использована модель однородного удлинённого эллипсоида вращения вокруг оси минимального момента инерции. Удлинение астероида, т.е. отношение его большой и малой полуосей, рассмотрено в пределах от 1,1 до 2. На данном этапе анализа предполагается также, что имеет место одноосное вращение эллипсоида вокруг его большой оси, ориентация которой постоянна в пространстве. Принято, что гравитационный параметр Апофиса меняется в диапазоне от $1,8 \text{ м}^3/\text{с}^2$ до $2,86 \text{ м}^3/\text{с}^2$, средний радиус Апофиса - 160 м, масса и диаметр мини-зонда равны 10 кг и 40 см. Начальные орбиты КА рассмотрены круговыми с радиусом от 0,5 до 2 км. Анализ показал, что можно так подобрать орбиту основного КА (радиусом около 0,5 км) и орбиту мини-аппарата (радиусом около 1,5 км), что в рамках рассмотренной модели их движения будут довольно стабильны. Движения у астероида сохраняются в течение достаточно продолжительного времени – около двух недель для основного КА и нескольких лет (от 2020 г. до сближения с Землей в 2029 г.) для зонда.

ORBITAL MOTION DYNAMICS STUDY FOR NEAR-APOPHIS SPACECRAFT

V.V. Ivashkin^{1,2}, A. Lang²

¹M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, ²MSTU named N.E. Bauman

In frame of a study of a possible mission to asteroid Apophis, an analysis of a spacecraft orbital motion near the asteroid is performed. According to a scheme of the spacecraft flight near Apophis, a main spacecraft is proposed to be transferred to a low Apophis satellite orbit, and it moves there during several days studying the asteroid. Besides that, a special mini-probe is proposed to be inserted into a higher Apophis satellite orbit to observe the asteroid during several years for better estimating the asteroid's orbit. For the analysis of the spacecraft and mini-probe motions relative to Apophis, besides the Apophis central gravity, three perturbations were taken into account: gravity of far celestial bodies (Sun, Earth, Moon, Venus, and Jupiter), non-spherical structure of Apophis, and solar radiation pressure. The analysis has shown that it is possible to choose such orbit of the main SC (with initial radius of about 500 m) and the orbit of the mini-probe (with initial radius of about 1500 m) that their motions will be stable enough during about two weeks for the main spacecraft and during about nine years (from 2020 till approach to Earth in 2029) for mini-probe.

РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ, ВЕДУЩИХ К СОУДАРЕНИЯМ АПОФИСА С ЗЕМЛЕЙ

Л.Л. Соколов, Т.П. Былева, А.А. Васильев, Н.А. Петров

Санкт-Петербургский государственный университет

E-mail: lsok@astro.spbu.ru

Структура множества начальных данных, соответствующих возможным соударениям астероида с Землей, может быть очень сложной из-за резонансных возвратов. Обсуждается астероид Апофис, для которого возможные соударения тщательно исследовались, и который остается опасным, несмотря на уточнение его орбиты из наблюдений в 2013 году. Используется интегратор Эверхарта и модель Солнечной системы DE405, вычисления проводились на компьютерном кластере Санкт-Петербургского государственного университета. Основные характеристики траекторий, включая относительные положения и размеры щелей, ведущих к соударениям, устойчивы относительно малых изменений модели движения.

Чтобы избежать соударений, следует переместить Апофис в область больших полуосей, не содержащую ведущих к соударениям щелей. Исследуется зависимость от времени областей, ведущих к соударениям, а также эволюция со временем областей без соударений. Обсуждаются возможности перемещения Апофиса в области без соударений.

Настоящая работа поддержана грантами РФФИ 14-02-00804, 15-02-04340 и грантом СПбГУ 6.37.341.2015.

LOCATION OF THE REGIONS LEADING TO COLLISIONS OF APOPHIS WITH THE EARTH

L.L. Sokolov, T.P. Byleva, A.A. Vasiliev, N.A. Petrov

Saint Petersburg State University

E-mail: lsok@astro.spbu.ru

The structure of initial conditions, corresponding to possible collisions of asteroids with the Earth, may be very complicated due to resonant returns. We discuss the case of asteroid Apophis, because its possible collisions have been carefully investigated and Apophis will be hazardous as before despite its orbit refinement in 2013. The Everhart integrator and DE405 model of Solar system are applied, the high-performance computational cluster of the Saint Petersburg State University used. The important characteristics of trajectories under study including relative positions and sizes of keyholes leading to collisions are stable with respect to small changes of motion model.

To avoid collision, we have to move Apophis into the region of semi-major axes without keyholes. We investigate the time dependence of semi-major axis regions leading to collisions and evolution with time the regions without collisions. We discuss the possibilities of moving Apophis into the region without keyholes.

ПОСЛЕДСТВИЯ ПРЕВЕНТИВНОГО РАЗРУШЕНИЯ ОПАСНОГО АСТЕРОИДА

А.Г. Александрова¹, Т.Ю. Галушина¹,

А.Б. Прищепенко, К.В. Холшевников^{1,2}, В.М. Чечеткин^{1,3}

¹Томский государственный университет, ²Санкт-Петербургский государственный университет,

³Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

E-mail: volna@sibmail.com, kvk3504@mail.ru

Исследуются последствия подрыва астероида ядерным зарядным устройством за несколько лет до его предсказанного падения на Землю, а точнее сразу после предшествующего столкновению сближения. Осуществимость проекта связана с тем, что падение астероида диаметром 100 м и более сразу после его открытия маловероятно. Маловероятно само столкновение с Землей: по разным оценкам одно событие раз в несколько сотен или тысяч лет. Вероятность же столкновения сразу после открытия опасного

объекта еще на 2-3 порядка ниже (это не так для тел метрового и декаметрового размера, открываемых только в непосредственной близости от Земли; но уничтожение или отклонение таких тел не требует ядерных зарядов). Показано, что превентивное уничтожение объекта задолго перед последующим столкновением приводит к тому, что подавляющее большинство осколков, или даже все уходят с орбиты столкновения. Их радиоактивность снижается на 7 – 9 порядков.

AFTERMATH OF A PREVENTIVE DISRUPTION OF A HAZARDOUS ASTEROID

**A.G. Aleksandrova¹, T.Yu. Galushina¹, A.B. Prishchepenko,
K.V. Kholshchikov^{1,2}, V.M. Chechetkin^{1,3}**

¹Tomsk State University, ²Saint Petersburg State University, ³Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS
E-mail: volna@sibmail.com, kvk3504@mail.ru

Aftermath of a preventive demolition of an asteroid by a nuclear warhead device some years before its predicted impact with the Earth (more precisely, just after a close approach precedent to a collision) is examined. The feasibility of the project is connected with a circumstance that a collision of an asteroid with a diameter greater than 100 m immediately after its detection is scarcely probable. Highly unlikely is the collision itself: one event every hundreds or thousands years according to different estimates. The impact probability immediately after the discovery of a hazardous object is just 2-3 orders lower (it is not so for bodies of several meters or decameters in diameter which are detected in vicinity of the Earth only; but a demolition or a deviation of such bodies does not demand nuclear warhead devices). We establish that a preventive demolition of the object long before its following collision has as a consequence that the vast majority of fragments (or even all of them) escapes from the collision orbit. Their radioactivity goes down by 7 – 9 orders.

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ БЛИЖНЕГО ПЕРЕХВАТА ОПАСНЫХ ДЛЯ ЗЕМЛИ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ В СЛУЧАЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ СРЕДСТВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

В.С. Сазонов
ЦНИИмаш

E-mail: valsazonov@mail.ru

Рассмотрены вопросы отклонения от Земли опасных небесных тел (ОНТ) с помощью взрыва ядерного заряда, доставляемого ракетой, начальная масса которой является параметром задачи. Показано, что проблема отклонения ОНТ в условиях ограниченного ресурса времени, при ближнем перехвате, может быть решена неоднозначно. Определены условия существования оптимальной стратегии перехвата, обеспечивающей максимальное отклонение ОНТ при заданных весовых характеристиках ядерного заряда, расстояниях до Земли, начальной массе ракеты-носителя и т.д. Проанализированы особенности разрушения ОНТ при действии взрыва.

OPTIMUM STRATEGY OF NEAR INTERCEPTION OF CELESTIAL BODIES DANGEROUS TO THE EARTH WITH USE OF NUCLEAR MEANS

V.S. Sazonov
TSNIIMASH

E-mail: valsazonov@mail.ru

The questions of the deviation from the Earth of dangerous celestial bodies by means of explosion of the nuclear charge delivered by a rocket which initial weight is a task parameter are considered. It is shown that the problem of body deviation can be solved ambiguously in the conditions of the limited resource of time, at near interception. The conditions of optimum interception strategy providing the maximum deviation of the body are defined at given weight characteristics of the nuclear charge, distance from the Earth, initial mass of the rocket etc. Features of destruction of an asteroid are analysed at explosion.

КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЗОРА НЕБЕСНОЙ СФЕРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОПАСНЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, ЛЕТАЮЩИХ К ЗЕМЛЕ СО ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ

Ю.П. Кулешов¹, В.П. Мисник¹, П.Я. Носатенко¹, Ю.П. Яковенко¹,
Л.В. Рыхлова², Б.М. Шустов², А.И. Захаров³, М.Е. Прохоров³, К.С. Ёлкин⁴,
В.А. Емельянов⁴, А.М. Белый⁵, П.Н. Ермаков⁵, В.Г. Алыбин⁶, В.В. Березкин⁶,
Н.Н. Булгаков⁶, А.Н. Ершов⁶

¹ОАО «Корпорация космических систем специального назначения «Комета», ²ИНАСАН, ³ГАИШ МГУ,
⁴ЦНИИмаш, ⁵ОАО «РКК «Энергия», ⁶ОАО «РКС»

Представлен анализ требований по обнаружению опасных для Земли астероидов и комет. Сформулированы требования, предъявляемые к космической системе обнаружения опасных небесных тел, летящих к Земле со всех направлений, включая небесные тела, летящие со стороны Солнца.

Описывается состав и характеристики системы и аппаратуры обнаружения на космических аппаратах, размещаемых на геосинхронной орбите и орбите обращения Земли вокруг Солнца.

SPACE-BASED OMNIDIRECTIONAL ASTEROID COLLISION EARLY WARNING SYSTEM

Yu.P. Kuleshov¹, V.P. Mysnik¹, P.Ya. Nosatenko¹, Yu.P. Yakovenko¹, L.V. Rykhlova²,
B.M. Shustov², A.I. Zakharov³, M.E. Prokhorov³, K.S. Elkin⁴, V.A. Emel'yanov⁴, A.M. Belyj⁵,
P.N. Ermakov⁵, V.G. Alybin⁶, V.V. Berezin⁶, N.N. Bulgakov⁶, A.N. Ershov⁶

¹Space Special-Purpose Systems Corporation "Kometa", Joint Stock Company; ²INASAN; ³SAI MSU; ⁴TsNIIImash,
⁵S.P. Korolev Rocket and Space Corporation Energia, Joint Stock Company, ⁶RKS Joint Stock Company

In our report we analyse the problem of detection of asteroids and comet nuclei on a collision course with our planet, and set requirements on a space-based system, which can detect the hazardous celestial bodies approaching it from all directions, including that of the Sun. We also describe the composition of the system and list specifications of the detection equipment that shall be carried by the spacecraft in geosynchronous and geo-heliocentric orbits.

ОБНАРУЖЕНИЕ ОПАСНЫХ АСТЕРОИДОВ ЛЕТАЮЩИХ ОТ СОЛНЦА ИЗ ТОЧКИ ЛАГРАНЖА L1 И «СБОКУ» ОТ ЗЕМЛИ

А.И. Захаров¹, М.Е. Прохоров¹, Ю.П. Кулешов²

¹ГАИШ МГУ, ²ОАО «Корпорация космических систем специального назначения «Комета»
E-mail: zakh@sai.msu.ru

В основе всех проектов обнаружения небесных тел, представляющих астероидно-кометную опасность для Земли, лежат систематические непрерывные обзоры неба, позволяющие зарегистрировать упомянутые тела.

Однако, если обнаружение опасных небесных тел ведется с поверхности Земли (проекты PanSTARR и LSST) или с космических аппаратов на околоземной орбите, то наблюдение объектов возможно во всех направлениях за исключением угловой окрестности Солнца. Недоступная для наблюдений область пространства представляет собой конус с углом полураствора 25°–45°. Невозможность наблюдений в этой области вызывается совокупностью нескольких причин: засветкой апертуры инструментов солнечным излучением, высоким фоном неба вблизи от Солнца и большими фазовыми углами для объектов расположенных почти между Солнцем и наблюдателем.

Один из вариантов решения этой проблемы – поручить обнаружение опасных объектов летящих к Земле со стороны Солнца достаточно удаленному от Земли специальному

космическому аппарату (СКА). Такой аппарат может быть размещен в точке Лагранжа L1 системы Земля–Солнце или на земной орбите с опережением или отставанием от Земли. Сравнению двух описанных вариантов и посвящена представленная работа.

DETECTION OF HAZARDOUS ASTEROIDS FLYING FROM THE SUN FROM THE LAGRANGE POINT L1 AND AT THE "SIDE" OF THE EARTH

A.I. Zakharov¹, M.E. Prokhorov¹, Yu.P. Kuleshov²

¹SAI MSU, ²Space Special-Purpose Systems Corporation "Kometa"

E-mail: zakh@sai.msu.ru

At the core of all the projects of dangerous celestial bodies detection are continuous, systematic surveys of the sky. However, if the detection of the bodies carried out from the surface of Earth or the from spacecraft in Earth orbit, it is possible to observe objects in all directions except in a Solar neighborhood. Unavailable for observation region of space is a cone with a half-angle of 25°–45°. The impossibility of observation in this area is called by flare aperture by solar radiation, high sky background and large phase angles.

One solution of this problem is the detection of dangerous objects inside inaccessible area from the spacecraft far enough from the Earth. Such spacecraft can orbit around Lagrange point L1, or placed on the Earth-trailing orbit.

The article is devoted to the comparison of the two cases.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ОПАСНОГО АСТЕРОИДА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ КОМПЛЕКСА «НЕБОСВОД»

В.В. Ивашкин^{1,2}, П. Гуо²

¹ИПИМ им. М.В. Келдыша РАН, ²МГТУ им. Н.Э. Баумана

E-mail: ivashkin@keldysh.ru; 869792831@qq.com

В докладе анализируются характеристики точности разрабатываемого корпорацией «Комета» космического комплекса «Небосвод». Комплекс предназначен для обнаружения и определения параметров движения опасных для Земли небесных тел с целью своевременного предупреждения о возможной астероидно-кометной угрозе. Комплекс включает в себя один или два космических аппарата (КА) на геосинхронных орбитах. На каждом КА есть высокоточный сканирующий телескоп, с помощью которого осуществляется опознавание небесных тел и определение прямого восхождения и склонения линии визирования астероида. Разработаны алгоритмы определения орбиты астероида, сближающегося с Землей, по результатам оптических измерений с КА. Для определения параметров движения астероида по данным измерениям применяется метод наименьших квадратов. Построен также алгоритм определения начального приближения для параметров орбиты, на основе метода Гаусса. Разработаны алгоритмы оценки точности определения параметров движения астероида. При оценке точности предполагается, что есть случайные и систематические ошибки измерений. Оценки точности сделаны с помощью двух методов - аналитического метода и метода статистических испытаний «Монте-Карло». На основе орбиты астероида, близкой к орбите Апофиса, выполнено моделирование процесса движения астероида, его измерений и определения его орбиты, получены оценки точности навигации. При этом на данном этапе анализа рассмотрены три участка движения астероида - близкий к сближению с Землей в 2029 г, средний, с расстоянием до Земли от 50 млн. км и меньше, и дальний, с расстоянием от 100 млн. км. Получены оценки точности определения элементов орбиты и вектора прицельной дальности орбиты астероида для нескольких исходных точностей оптических измерений и разных программ измерений, для случаев измерений одним и двумя КА. Анализ показал, что результаты аналитического и статистического методов близки друг к другу и комплекс «Небосвод» довольно хорошо определяет орбиту астероида.

AN ANALYSIS OF ORBITAL MOTION PARAMETERS ESTIMATION ACCURACY FOR NEAR-EARTH ASTEROID USING MEASUREMENTS BY COMPLEX “NEBOSVOD”

V.V. Ivashkin^{1,2}, P. Guo²

¹M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, ²N.E. Bauman MSTU
E-mail: ivashkin@keldysh.ru; 869792831@qq.com

Navigation accuracy characteristics of a space “Nebosvod” complex that is designed by a Russian Corporation “Cometa” are presented. The complex is intended to detect new near-Earth celestial bodies and estimate their orbit parameters to timely warn us about the Asteroid-Comet danger. This complex includes one or two spacecraft (SC) on geo-synchronous orbits. Every SC has a high-accuracy scanning telescope. Using these telescopes, identification of celestial bodies as well as determination of their angular coordinates, right ascension and declination, are performed. By these measurements, the estimation of their orbital motion parameters is performed. On the base of an asteroid orbit that is close to the Apophis one there is performed modelling the asteroid motion, its measurements, determination of its orbit parameters and estimation of the navigation accuracy. It is shown that the complex “Nebosvod” allows estimating well enough the asteroid orbit.

ОБНАРУЖЕНИЕ БОЛЬШИХ И МАЛЫХ ОПАСНЫХ ТЕЛ В ОБЗОРЕ «НЕБОСВОД»

М.Е. Прохоров¹, А.И. Захаров¹, А.О. Жуков²

¹ГАИШ МГУ, ²ИНАСАН
E-mail: mike@sai.msu.ru

Проект «Небосвод» представляет собой космический аппарат (КА), предназначенный для обнаружения тел, сталкивающихся с Землей. Он рассчитан на обнаружение 100-м объектов с альбедо 0,13 движущихся с параболической скоростью за 20-30 дней до столкновения с Землей.

Однако в ходе проведения этого обзора будут обнаруживаться тела меньшего размера, вплоть до «Челябинских метеоритов», за меньшее время до столкновения, и тела большего размера, естественно за большее время до столкновения. Оказывается, что область «сопутствующего» обнаружения у этих двух групп опасных тел существенно отличается как от области обнаружения 100-м объектов, так и между собой.

THE DISCOVERY OF LARGE AND SMALL HAZARDOUS BODIES IN «NEBOSVOD» SURVEY

M.E. Prokhorov¹, A.I. Zakharov¹, A.O. Zhukov²

¹SAI MSU, ²INASAN
E-mail: mike@sai.msu.ru

The «Nebosvod» is a spacecraft for detecting bodies colliding with the Earth. It is designed for the guaranteed detection of a 100-m objects with albedo 0.13 moving with parabolic speed for 20-30 days before the collision with the Earth. However, during this survey will be detected smaller body (like «Chelyabinsk meteorite») in less time before the collision, and a larger body for a longer time before the collision. Note, region of collateral detection of these two body groups is significantly different from the detection area 100 m objects.

ПРОЕКТ «КОСМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР» ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛЫХ АСТЕРОИДОВ НА СТОЛКНОВИТЕЛЬНЫХ С ЗЕМЛЁЙ ТРАЕКТОРИЯХ, НЕ ОБНАРУЖИВАЕМЫХ НАЗЕМНЫМИ ТЕЛЕСКОПАМИ

В.А. Емельянов, К.С. Ёлкин, Ю.С. Бодрова, Ю.К. Меркушев, К.Г. Райкунов

ЦНИИмаш

E-mail: vaem45@tsniimash.ru

Предусматривается размещение на гелиоцентрической орбите Земли одного или 2-х космических телескопов (КТ) оперативного предупреждения о падении на Землю малых астероидов, идущих к Земле по столкновительным траекториям. Каждый телескоп функционирует в режиме обзорно-поискового наблюдения. Его оптическая ось непрерывно вращается вокруг заданного направления и ориентирована к нему под постоянным углом.

Принципы построения «Космического барьера» соответствуют обоснованной авторами концепции необходимости обнаружения космическими телескопами астероидов, необнаруживаемых наземными телескопами. В результате компьютерного моделирования установлено, что условия наблюдения астероидов, идущих к точке встречи с Землей от афелия своей орбиты, являются наиболее благоприятными при использовании наземных телескопов. Показатели эффективности КТ определены на основе использования разработанной динамической модели захвата его полем зрения астероида с заданными параметрами орбиты по мере его приближения к точке встречи с Землей.

Для кардинального сокращения времени от первоначального обнаружения до определения орбиты астероида могут использоваться 2 космических аппарата.

“SPACE BARRIER” CONCEPT – A SYSTEM DESIGNED TO DETECT SMALL HAZARDOUS ASTEROIDS, THAT CAN’T BE OBSERVED WITH THE HELP OF GROUND-BASED TELESCOPES

V.A. Emel’yanov, K.S. Elkin, Yu.S. Bodrova, Yu.K. Merkushev, K.G. Raikunov

TSNIImash

E-mail: vaem45@tsniimash.ru

Placing one or 2 space telescopes (ST) designed to provide a prompt warning of small hazardous asteroids on heliocentric Earth orbit is proposed. Each telescope is operating in a survey mode. Its optical axis rotates continuously around a given direction at a permanent angle.

The main principles of a “Space barrier” concept correspond to the idea that the main aim of the ST is to detect asteroids that can’t be observed with the help of ground-based telescopes. As a result of computer modeling it was revealed that asteroids approaching the Earth from the aphelion observing conditions are the most favorable when using ground-based telescopes. ST performance indicators are determined with the help of the dynamic model of capturing an asteroid with the given orbital parameters as it approaches a collision point by an instantaneous field of view.

To considerably decrease the time between the initial detection and asteroid orbit determination it is possible to use 2 spacecrafts.

МАЛЫЙ СПУТНИК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕКАМЕТРОВЫХ ТЕЛ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

А.В. Багров^{1,2}, М.И. Кислицкий³

¹ИНАСАН, ²НПО им. С.А.Лавочкина, ³ФГУП «КБ «Арсенал»

Для решения задачи обнаружения и контроля движения природных тел Солнечной системы в околоземном пространстве требуется проводить полный обзор всей небесной сферы за время порядка 2 часов, чтобы гарантировать определение траектории обнаруженного объекта не менее, чем за 12 часов до его возможного столкновения с Землей.

Это жесткое условие вытекает из допущения минимального размера подлежащих обнаружению тел в 20 метров, характерного для них альбедо 0.1 и скорости движения относительно Земли в 20 км/с. Требуемое короткое время обзора всего неба исключает использование для решения этой задачи наземных средств обнаружения. Предлагается концепция патрульного спутника, снабженного системой оптических широкоугольных камер с матричными CMOS-приемниками мегапиксельного формата, полностью перекрывающими все небо. При постоянной ориентации спутника относительно звезд все движущиеся в околоземном пространстве будут иметь видимое движение с широким набором угловых скоростей. При этом опасные, идущие на столкновение с Землей, тела будут иметь небольшие угловые скорости, что позволяет получать снимки таких движущихся объектов с большими временами накопления и достичь высокой проникающей силы обзорного инструмента. Весь анализ изображений должен выполняться на борту КА, а на Землю передаваться только вычисленные координаты всех обнаруженных движущихся объектов. В результате орбитального движения КА каждая область неба будет наблюдаться из разных пространственных положений КА, то есть реализовываться режим базисных измерений, которые допускают измерения дальности до объектов на первом же витке.

Сформулированный концептуальный подход был использован при разработке проекта "Звездный Патруль", выполнявшийся в КБ "АРСЕНАЛ" в течение ряда лет (2009-2014 гг). Проработанные варианты предусматривали барьерный метод обзора неба с суб-геостационарной орбиты и с низкой экваториальной.

LOW-MASS SATELLITE FOR DETECTION OF DECA-METER SIZED BODIES IN NEAR-EARTH SPACE

A.V. Bagrov^{1,2} and M.I. Kislitskiy³

¹INASAN, ²FSUE NPO im. Lavochkina, ³FSUE KB Arsenal

It is necessary to examine whole celestial sphere during approximately 2 hours to solve a problem of early detection and tracking dangerous objects not later than 12 hours before its possible collision with the Earth. This strong condition is based on adoption of 20-meter natural space bodies approaching speed about 20 km/s. Such short time excludes Earth-based observations for this purpose. We propose a conception of space-based optical set of wide-angle cameras with CMOS megapixel matrixes that covers whole sky by their fields-of view. 3-axes stabilized cameras will detect any moving object with different angular velocities. Among them really dangerous objects will have very low angular velocities that will allow picturing with long exposures and high limiting magnitude. Having orbital motion, the observing instrument will measure positions of detected object twice at revolve from different points, i.e. it will allow spatial tracking and measurement of distance to detected object during first revolve.

The proposed conception was used in project "Star Patrol" that was worked out for several years (2009 - 2014) by CB "ARSENAL". The studied approaches used barrier method of sky scanning from sub-geostationary orbit and from low equatorial one.

ПРОЕКТ «ОРБИТАЛЬНАЯ ЗВЕЗДНАЯ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ». ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АСТЕРОИДНО-КОМЕТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**М.С. Чубей¹, В.В. Куприянов¹, В.Н. Львов¹, С.Д. Цекмейстер¹, А.В. Бахолдин²,
С.В. Маркелов³, Г.В. Левко⁴**

¹ГАО РАН, ²НИУ ИТМО, ³САО РАН, ⁴НИИ ТВ

Орбитальная Звездная Стереоскопическая Обсерватория (ОЗСО) оснащается астрографами, рассчитанными на получение прямых снимков в оптическом диапазоне в круговом поле зрения диаметром 40', покрытом ПЗС-мозаикой диаметром 350 мм с

пикселем размером 10 мкм, что соответствует 0.069". Расчетная точность определения положения фотоцентра изображения точечного источника 0.0007", что обеспечивается современными методами обработки изображений и использованием многократных экспозиций одного и того же участка неба; точность многополосной фотометрии — не хуже 0.05^m. Предложена система подвеса, позволяющая навести телескоп на любую точку небесной сферы. Совокупность предлагаемых технологий может обеспечить эффективный мониторинг объектов, способных спровоцировать глобальные, региональные и, отчасти, локальные катастрофы.

Проблема АКО для решения требует знания: 1) популяции объектов, падение которых на Землю грозит глобальным поражением цивилизации с перестройкой климата Земли, и характеристик этих объектов; 2) аналогичной информации для объектов, которые могут быть причиной локальных катастроф техногенных объектов, городов и регионов. На базе этого знания и технического опыта возможна разработка соответствующих средств защиты.

Моделирование наблюдательных возможностей ОЗСО произведено с применением пакета программ ЭПОС. Высокоточные орбиты потенциально опасных объектов могут быть получены из синхронных наблюдений с обоих космических аппаратов при минимальных интервалах времени. Инструменты ОЗСО могут обнаруживать указанные объекты в областях Солнечной системы, абсолютно недоступных для наблюдений с Земли или с околоземной орбиты. В докладе будут представлены критические вопросы проекта и иллюстрации его возможностей в рисунках, графиках и таблицах.

ORBITAL STELLAR STEREO SCOPIC OBSERVATORY PROJECT. FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS OF SOLVING THE ACH PROBLEM

**M.S. Chubey¹, V.V. Kouprianov¹, V.N. L'vov¹, S.D. Tsekmeister¹,
A.V. Bakholdin², S.V. Markelov³, G.V. Levko⁴**

¹MAO RAS, ²NIU ITMO, ³SAO RAS, ⁴NII TV

Orbital Stellar Stereoscopic Observatory (OSSO) is equipped with astrographs for optical imaging in a 40' circular field of view. Optical sensor is a CCD mosaic 350 mm in diameter with a 10μm pixel, corresponds to 0.069". The calculated position accuracy for a point source is 0.0007", thanks to image analysis techniques and multiple exposures of the same sky area; the accuracy of multi-band photometry is not worse than 0.05^m. A suspension system is proposed to direct the telescope at any point of the celestial sphere. All these technologies can facilitate efficient monitoring of objects that are capable to provoke the global, regional, and, partly, local catastrophes.

Solving the ACH problem requires knowledge on: 1) the population of objects, which, in case of their impact with Earth, can lead to the global destruction of civilization and to a dramatic change to the climate of the Earth, and the properties of these objects; 2) the same for the objects that may be a cause of local catastrophes of technogenic objects, cities, and regions. This knowledge and technologic experience are necessary to develop the appropriate protection measures.

Observational capabilities of the OSSO are modeled by means of the EPOS software package. High-accuracy orbits of potentially hazardous objects can be obtained from their synchronous observations from two space probes over short time intervals. The OSSO instruments are capable of detecting the above-mentioned objects in the regions of Solar System that are totally inaccessible for ground-based observations, as well as for space-based observations from near-Earth orbits. The present talk describes the most critical aspects of the project, illustrated in diagrams, plots, and tables.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА
ЦЕЛЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ «КОСМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР»
И «СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ДНЕВНЫХ АСТЕРОИДОВ (СОДА)»
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ
ПАДЕНИЯ НА ЗЕМЛЮ МАЛЫХ АСТЕРОИДОВ**

В.А. Емельянов, Ю.С. Бодрова, Ю.К. Меркушев

ЦНИИмаш

E-mail: vaem45@tsniimash.ru

В качестве показателей эффективности приняты минимальный размер астероида и время от момента первоначального обнаружения до момента встречи с Землей. Полагалось, что на определение параметров орбиты потребуется часть этого времени, составляющая не менее суток.

Показатели эффективности «Космического барьера» рассчитывались на основе имитационного моделирования положений астероида с заданными эллиптическими орбитами относительно положений телескопа определяемых с малым временным шагом. Динамическая модель сеансов наблюдения включала преобразование координат астероида из гелиоцентрической СК в СК, связанную с КА, затем в СК, связанную с вращающейся оптической осью телескопа КА и, наконец, в двумерную СК, связанную с фокальной плоскостью телескопа.

Приведены для различных типов столкновительных орбит астероидов показатели эффективности космического телескопа, размещаемого в точке Лагранжа L₁. Они рассчитаны при принятых авторами СОДА исходных параметрах телескопа и периодах сканирования его мгновенного поля зрения. Проведено сравнение показателей целевой эффективности с аналогичными параметрами обеспечиваемыми «Космическим барьером». Обсуждены вопросы реализуемости сравниваемых вариантов.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF "SPACE BARRIER" AND "SYSTEM TO DETECT
DAYLIGHT ASTEROIDS (SODA)" CONCEPTS PERFORMANCE IN THE TASK
OF DETECTING SMALL HAZARDOUS ASTEROIDS PRELIMINARY RESULTS**

V.A. Emel'yanov, Yu.S. Bodrova, Yu.K. Merkushev

TSNIImash

E-mail: vaem45@tsniimash.ru

Minimal diameter of an asteroid the system can detect and minimal time between the initial detection and an impact are considered as performance indicators. It was supposed that asteroid orbital parameters determination will take at least 1 day of this time.

“Space barrier” performance indicators are calculated with the help of the simulation modeling of an asteroid on a given elliptic orbit positions relatively to telescope positions determined with a small time step. Observation sessions dynamic model includes coordinate transformation from heliocentric coordinate system (CS) to the spacecraft’s body axis CS, then to the CS connected to the optical axis and finally to the two-dimensional CS connected to the telescope focal plane.

Space telescope at Sun-Earth Lagrange point L₁ performance indicators as applied to hazardous asteroids on different orbits detection are presented. They are calculated in accordance with telescope and survey parameters stated by authors of the “SODA” concept. A comparison with the “Space barrier” concept performance indicators with the corresponding parameters was made. Feasibility issues of the concepts being compared are discussed.

ОБСЕРВАТОРИИ РОСКОСМОСА ЭОП-1/ЭОП-2 И ИХ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ АСТЕРОИДОВ

И.Е. Молотов

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

E-mail: im62@mail.ru

В докладе описано развертывание сети специализированных обсерваторий Роскосмоса ЭОП-1 и ЭОП-2 для наблюдений космического мусора в проекте АСПОС ОКП. В состав каждой из четырех обсерваторий ЭОП-1 входят 3 телескопа – 2x19,2 см, 25 см и 40 см. Обсерватории ЭОП-1 установлены в Кисловодске, Бюракане и Научном. В состав каждой из двух обсерваторий ЭОП-2 – 4x19,2 см, 40 см и 65 см. Первый ЭОП-2 размещен в Кисловодске, второй развертывается в Благовещенске. В дополнение 65 см телескоп установлен в Уссурийске. Наблюдения обсерваторий ЭОП-1/ЭОП-2 планируются в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, полученные измерения поступают в Сегмент мониторинга опасных ситуаций в области ГСО, ВЭО и СВО, созданный в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН в рамках проекта АСПОС ОКП. В рамках новой ФКП предполагается дооснастить обсерватории ЭОП-1 65 см телескопом и изготовить еще от 2-х до 4-х обсерваторий ЭОП-2.

Рассмотрены характеристики катадиоптрических обзорно-поисковых телескопов с апертурами 40 и 65 см, с помощью которых были проведены пробные наблюдения астероидов и комет. По результатам тестов сформирована концепция применения оптических средств, входящих в состав этих обсерваторий, для обнаружения потенциально опасных околоземных космических объектов. Показано, что после развертывания всей группировки средств, будет возможным проведение полного обзора неба с проницанием до 20-й звездной величины за 2 ночи. Т.о. Россия сможет внести достойный вклад в решение проблемы мониторинга опасных небесных тел при минимальных финансовых вложениях. Будет необходимо разработать новое программное обеспечение для обработки ПЗС-кадров и для сквозного планирования наблюдений на обсерваториях ЭОП-1/ЭОП-2, которые позволят эффективно совмещать наблюдения космического мусора и астероидов.

ROSCOSMOS EOP-1/EOP-2 OBSERVATORIES AND THEIR POSSIBILITIES FOR OBSERVATION OF ASTEROIDS

I.E. Molotov

Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS

E-mail: im62@mail.ru

Series of EOP-1/EOP-2 observatories for space debris observations were created under Roscosmos project. Each from fourth EOP-1 observatories consists of 3 telescopes (2x19.2 cm, 25 cm and 40 cm). EOP-1 were installed in Kislovodsk, Byuarakan and Nauchniy. Each from two EOP-2 observatories consists of 3 telescopes (4x19.2 cm, 40 cm and 65 cm). First EOP-1 is located in Kislovodsk, second – in Blagoveschensk. The observations of EOP-1/EOP-2 are scheduled in KIAM, also obtained measurements are collected and processed in KIAM Ballistic Center. It is planned that EOP-1 will be added with 65 cm telescopes, also few additional EOP-2 may be ordered.

The characteristics of 40 cm and 65 cm catadioptric telescopes are presented. These telescopes were applied for trial observations of asteroids and comets. The obtained results allowed to form conception of application of EOP-1/EOP-2 for NEA detection. It is shown that all sky may be covered with 20 limiting magnitude for two nights, after installation of planned telescopes. So, Russian Federation can provide valuable input for reasonable money. It will be necessary to elaborate new software for CCD image processing and observation scheduling, which will allow to combine space debris and asteroid observations.

О ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ АСТЕРОИДОВ-ТРОЯНЦЕВ НА ЗЕМНОЙ ОРБИТЕ

А.К. Муртазов

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина

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

Проблема наличия астероидов в лагранжевых точках L_4 и L_5 системы Солнце-Земля до недавних пор оставалась открытой.

В 2011 г. подтвердилось, что астероид 2010TK₇, обнаруженный на архивных снимках телескопа WISE, является земным троянцем. Его размеры оценены в 300 м при альбедо 0,1.

В работе представлены результаты расчета ожидаемого блеска подобных астероидов. Они показали, что блеск земных троянцев классов G, K, M, S, T с альбедо 0,1 составляет 17-21^m, а более темных C, D астероидов 18-22^m в визуальной области при диаметрах объектов 1,0-0,1 км. Это дает основание считать, что современные оптические системы даже с небольшой апертурой (MASTER и ISON) в состоянии их обнаружить.

В работе проанализирована стратегия поиска астероидов-троянцев на земной орбите. Существующие обзоры определяют зону поиска в широких пределах: 100° по эклиптической долготе в районах точек L_4 и L_5 земной орбиты при широтах 10-45°.

ON THE EARTH'S TROJAN ASTEROIDS DETECTION POTENTIAL

A.K. Murtazov

Ryazan State University

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

The problem of the minor planets existence near the Earth Lagrangian points of the Sun-Earth system remained open until quite recently. In 2011 it was confirmed, that the 2010TK₇ asteroid discovered on the WISE telescope archival snapshots is the Earth Trojan. Its estimated size is approximately 300 km with the albedo equal to 0.1.

In this paper the results of the Earth Trojan's expected magnitude estimation are presented. They have shown that the visual magnitude of the G/K/M/S/T 0.1÷1.0 km asteroids with albedo about 0.1 is 17-21^m, and the magnitude of the darker C/D asteroids is 18-22^m. This gives ground to believe that modern optical systems, even those that have a small aperture (MASTER and ISON), are able to detect the Earth Trojans.

This paper provides an analysis of the strategy of the Earth Trojans search on the Earth orbit.

The available surveys determine the search area within wide limits: 100° along the ecliptic longitude in the L_4 and L_5 area of the Earth orbit with latitudes 10-45°.

КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП ДЛЯ МАССОВЫХ ОБНАРУЖЕНИЙ ДЕКАМЕТРОВЫХ ТЕЛ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

**А.С. Шугаров¹, Б.М. Шустов¹, М.Е. Прохоров², С.А. Нароенков¹, А.И. Захаров²,
Н.Н. Веденькин³, А.Д. Бердников³**

¹ИНАСАН, ²ГАИШ МГУ, ³Даурия аэропейс

E-mail: shugarov@inasan.ru

Челябинское событие обозначило новый вызов в проблеме астероидно-кометной опасности (АКО). Метеороиды декаметрового размера могут быть достаточно опасными, и они должны быть включены в программу массового обнаружения потенциально опасных объектов. С помощью наземных телескопов невозможно обеспечить необходимую полноту обнаружения таких тел, движущихся со стороны Солнца. Для создания эффективной системы обнаружения к наземным телескопам должны быть добавлены телескопы космического базирования. Предлагаемый проект СОДА (Система обнаружения дневных астероидов) предназначен для массового обнаружения декаметровых (более 10м) тел в

ближнем космосе, движущихся со стороны Солнца (типа Челябинского). В точке либрации L_1 (Земля-Солнце) будут расположены несколько широкоугольных телескопов умеренной апертуры (25-50см). Наблюдения будут осуществляться в барьерном режиме. Рассмотрены основные элементы проекта. Проект должен быть реализован на основе имеющихся технологий, приветствуется международная кооперация.

A SPACE TELESCOPE FOR MASS DETECTION OF DECAMETER BODIES IN THE NEAR SPACE

**A. Shugarov¹, B. Shustov¹, M. Prokhorov², S. Naroenkov¹,
A. Zakharov², N. Vedenkin³, A. Berdnikov³**

¹INASAN, ²SAI MSU, ³DAURIA aerospace

E-mail: shugarov@inasan.ru

The Chelyabinsk event has revealed new challenges in the near Earth objects (NEOs) problem. Meteoroids of decameter sizes are considerably dangerous and they should be included in the coming programs of massive detection of potentially hazardous bodies. It is impossible to detect a good share of the bodies coming from the Sun by ground based instruments. To have an efficient system of detection it is strictly required to add space born telescope(s) to the ground based facilities.

We proposed the project of space system SODA (System of Observation of Day-time Asteroids) for exhaustive detection of decameter (larger than 10m) bodies coming from the Sun direction to the near Earth space (Chelyabinsk type meteoroids). The set of medium-size (25-50 cm) wide field telescopes will be put into vicinity of L_1 (Earth-Sun) point. Observation will be performed in barrier mode. We describe major constituents and options of the project. The entire project could be implemented with off-shelf components. International cooperation is welcome.

АСТЕРОИДНАЯ ОПАСНОСТЬ В 2015 ГОДУ: ТЕКУЩИЕ РЕАЛИИ

В.Г. Польш, А.В. Симонов

НПО им. С.А. Лавочкина

E-mail: polvad@laspace.ru

Рассматриваются последние итоговые результаты обнаружения и мониторинга астероидов, сближающихся с Землей (NEA) на осень 2015г. Проводится обзор оценок общего количества NEA, проведенных за последнее десятилетие. Из них не менее 66% уже обнаружено. Каталогизация крупных NEA (> 1 км) практически завершена на 95%. Популяция потенциально опасных астероидов (PNA) практически вышла на уровень, составляющий ~ 15% из общего количества NEA. При этом сегодня 2015 г, уже каталогизировано ~55% от предполагаемого количества всех PNA. Вполне вероятно, что мониторинг объектов NEA и PNA на уровне ~90-95% удастся завершить к 2020-2025 гг.

За все время мониторинга пока обнаружен лишь один астероид, Апофис, для которого обстоятельства тесного опасного сближения с Землей в 2029 г. прогнозируются уверенно. Однако, несмотря на проведенные исследования, опасность последствий этого сближения на остаток XXI века в полной мере по-прежнему остается неясной, и ее надежная оценка является актуальной, но нерешенной задачей мониторинга астероидной опасности. Поэтому Апофис должен оставаться объектом особого внимания и служить прекрасным модельным объектом для систематического изучения как астероидов, так проблемы АО в целом.

ASTEROID'S DANGER: REALITY 2015

V.G. Pol', A.V. Simonov

FSUE NPO named after S.A. Lavochkin

E-mail: polvad@laspace.ru

We consider the results of the discovery of Near-Earth Asteroids (NEA) in late 2015. Today, the total number for NEA is estimated to be ~ 19,000, and of which not less than 66% have been found. Apparently, by 2020-2025 almost complete monitoring of objects containing the NEA and PHA is completed. Until in 2004 among the PHA has been founded only one asteroid, Apophis, which will be fly-by closer to Earth in 2029. The consequence of this passage for the remainder of the XXI century now unclear. They will remain a potential threat to the Earth, and are the primary monitor is a challenge. So, Apophis is the object of so much attention, it is also a good model object NEA / PHA for systematic study and after-effects forecast excessive passage above Earth.

ИСЗ И КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР

Artificial Satellites of the Earth and Space Debris

КРИТЕРИЙ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТЕЛЕСКОПАМИ ПАО «МАК «ВЫМПЕЛ»

З.Н. Хуторовский, М.Ц. Шпитальник, А.Е. Колесса, А.П. Лукьянов

ПАО «МАК «Вымпел»

E-mail: kikkolo@mail.ru

Предложен простой критерий оценки эффективности оптических наблюдений космических объектов. Критерий ориентирован на решение задачи поддержания и расширения каталога космических объектов. В основу критерия кладется основная причина возможной потери объектов из каталога: увеличение ошибки прогноза их положений, происходящее по разным причинам (длительные перерывы наблюдения, изменение состояния атмосферы, ориентации объекта, коррекция орбиты и т.п.). Чем больше измерения положений объектов будут отличаться от прогнозных значений, тем больше их эффективность. Критерий учитывает также ряд других характеристик измерений, получаемых оптическими средствами.

Рассмотрен комплекс мероприятий, проводимых в ПАО «МАК «Вымпел» для повышения эффективности наблюдений. Мероприятия включают доработки существующего программно-алгоритмического комплекса планирования, управления, обработки и передачи измерений, а также его дополнение новыми программно реализованными алгоритмами. Основными направлениями совершенствования алгоритмов являются дальнейшая роботизация процесса получения выходной информации, позволяющая повысить оперативность ее доведения до потребителя, и создание обратной связи для корректировки в реальном времени планов наблюдения по результатам текущих измерений.

CRITERION AND ANALYSIS OF EFFECTIVENESS OF OPTICAL OBSERVATIONS OF SPACE OBJECTS BY TELESCOPES OF VIMPEL CORPORATION

Z. Khutorovsky, M. Shpitalnik, A. Kolessa, A. Lukyanov

«Vimpel»

E-mail: kikkolo@mail.ru

A simple criterion for estimation of effectiveness of optical observations of space objects. The criterion is aimed at solution of task of maintenance and enlargement of space objects catalog. The basis of the criterion includes the main reason of possible loss of catalogued objects: increase of prediction error of their positions, caused by various reasons (long time gaps of observations, changes of atmosphere state and object orientation, orbit correction etc.). The more the measurements of object positions deviate from their predicted values, the larger the effectiveness. The criterion takes into account some more characteristics of the measurements, obtained by optical facilities.

Complex of measures is considered, that are fulfilled in Vimpel Corporation for enlarging the effectiveness of observations. The measures include elaboration of present software for planning, control, processing and transmission of the measurements, as well as its supplement with new algorithms. The main directions of algorithms improvement are further robotization of the process of obtaining of output information, that accelerates its reception by user, and creation of feedback for real-time correction of observation plans using the results of current measurements.

АСПОС ОКП: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А.П. Денесюк, И.И. Олейников, С.А. Павлов

ЦНИИмаш

В целях обеспечения безопасности ведения космической деятельности в условиях нарастающего засорения околоземного космического пространства (ОКП) техногенным веществом и контроля за связанными с этим явлением опасными событиями в космосе и на Земле было принято решение о создании под эгидой Роскосмоса специальной автоматизированной системы предупреждения, которая на основе обработки данных от разных отечественных и зарубежных источников, выполнения соответствующих расчетов и анализа получаемых результатов осуществляла бы постоянный мониторинг состояния ОКП и в оперативном режиме формировала и передавала бы в Роскосмос и другим заинтересованным структурам информацию о фактах возникновения и прогнозе развития опасных ситуаций в околоземном космосе в объеме, достаточном для принятия своевременных решений и мер, адекватных степени возникающих угроз и ущербов от последствий этих ситуаций.

Приводятся состав задач, возлагаемых на систему, предъявляемые к ней требования и принципы ее организационного построения. Даются сведения об источниках первичной информации для системы и схеме информационного взаимодействия между участниками работ. В настоящее время завершено создание и осуществляется опытная эксплуатация первой очереди системы, в рамках которой решаются первоочередные задачи. Рассмотрены проблемные вопросы и определены пути совершенствования системы и перспективы ее развития.

КООРДИНИРОВАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КО НА РАДИО-ОПТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ИСЗФ СО РАН

В.Е. Горяшин, М.В. Еселевич, Е.В. Клунко, Д.С. Кушнарев, В.П. Лебедев,

А.В. Медведев, В.И. Тергоев, В.В. Хахинов

ИСЗФ СО РАН

E-mail: eklunko@gmail.com

Описан радио-оптический комплекс для наблюдения низкоорбитальных космических объектов (НКО), созданный в ИСЗФ СО РАН на базе двух научных инструментов – Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) и оптического телескопа АЗТ-33ИК Саянской обсерватории. Координированное применение радиолокационных и оптических средств при наблюдениях НКО позволяет использовать преимущества систем каждого типа, увеличивая эффективность решения многих задач. Работа комплекса стала возможной благодаря разработанному ПО получения высокоточной координатной информации в реальном масштабе времени на ИРНР, программным средствам оперативного обмена данными между инструментами комплекса, эффективным алгоритмам обработки данных и управления научным оборудованием. В частности, решена задача оперативного наведения оптического телескопа на НКО по данным радара.

Основные задачи: оперативное определение параметров орбиты НКО по одному пролету, повышение надежности идентификации и контроля технического состояния космических аппаратов по набору отражательно-излучающих характеристик, степень влияния геофизической обстановки ОКП на координатную и некоординатную информацию.

Рассмотрены функциональная схема комплекса, характеристики входящих в него инструментов, вопросы оперативного взаимодействия и калибровки радара. Представлены результаты измерений координатных и некоординатных характеристик НКО, полученные в результате координированных наблюдений радиолокационными и оптическими средствами.

COORDINATED OBSERVATION OF LOW-ORBITING SPACE OBJECTS WITH THE ISTP SB RAS RADIO-OPTICAL COMPLEX

**V.E. Goryashin, M.V. Eselevich, E.V. Klunko, D.S. Kushnarev,
V.P. Lebedev, A.V. Medvedev, V.I. Tergoiev, and V.V. Khakhinov**
ISTP SB RAS

E-mail: eklunko@gmail.com

We describe the radio-optical complex to observe the low-Earth orbit space objects (LEO SOs). The complex was made at the Institute of Solar-Terrestrial Physics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (ISTP SB RAS) and is based on two scientific instruments: the Irkutsk Incoherent Scatter Radar (IISR) and the AZT-33IK optical telescope at the Sayan Observatory. Coordinated application of radar-tracking and optical instruments when observing SOs enables to use the advantages of both systems, thus augmenting the efficiency of solving many problems. The complex operation became possible due to the developed software for obtaining high-precision coordinate information in real time at IISR, the software for operational data exchange between the complex instruments, the effective algorithms for data processing and controlling scientific equipment. In particular, we solved the problem of optical telescope operational pointing at a SO from the radar data.

The main tasks are: to operationally determine the SO orbit parameters by one flyby, to improve the robustness of identification and the spacecraft technical condition monitoring by a set of reflection-radiative characteristics, to determine the effect of the near-Earth geophysical conditions on coordinate and non-coordinate information.

We address the complex functional diagram, the characteristic of instruments composing it, the issues of operational interaction and radar calibration. Presented are the measurement results of coordinate and non-coordinate LEO satellites characteristics.

РЕЗУЛЬТАТЫ УЧАСТИЯ ЦЕНТРА АСТРОНОМИИ УНИВЕРСИТЕТА СИНАЛОА В ИССЛЕДОВАНИИ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА И СОВМЕСТНЫЕ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЕЙ, В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТИ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НСОИ АФН

Т.Н. Кокина¹, Д.А. Мендоса¹, Р. Селая¹, Е.Д. Кокина¹, И.Е. Молотов², В.В. Куприянов³

¹Центр Астрономии автономного Университета Синалоа, Мексика;

²ИПМ им. М.В. Келдыша РАН; ³ГАО РАН

В Автономном Университете Синалоа (АУС) продолжает работу Центр Астрономии. Вблизи города Косала на высоте 600 м регулярно работает астрономическая обсерватория АУС, которая принимает активное участие в наблюдениях международной сети НСОИ АФН/ISON. В мае 2012 г. в павильоне с откатной крышей был установлен 25-см телескоп ОРИ-25. В период с 2014 по май 2015 г. включительно были выполнены наблюдения в течение 175 ночей, в результате которых было получено 292413 измерений в 45102 проводках по объектам космического мусора и спутникам на высоких орбитах.

Обсерватория Косала приняла активное участие в обнаружении 6 некаталогизированных объектов. Выполнены работы по нахождению 6 потерянных объектов.

В 2013 году было построено новое здание обсерватории с 4-м куполом, где был установлен автоматизированный 40-см телескоп ЧВ-400, на котором наблюдают астероиды, сближающиеся с Землей, гамма-всплески и слабые фрагменты космического мусора. Наблюдения проводились в течение 14 ночей, и было получено 2571 измерение в 346 проводках.

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

**RUSULTS OF PARTICIPATION OF THE ASTRONOMICAL CENTER
OF THE AUTONOMOUS UNIVERSITY OF SINALOA IN THE EXPLORATION
OF SPACE DEBRIS AND MUTUAL ACTIVITIES ON THE STUDY NEAR-EARTH
ASTEROIDS IN THE FRAME OF THE INTERNATIONAL NETWORK OF OPTICAL
OBSERVATIONS (SCIENTIFIC NETWORK OF OPTICAL INSTUMENTS
FOR ASTROMETRIC AND PHOTOMETRIC OBSERVATIONS)**

**T.N. Kokina¹, D.A. Mendoza¹, R. Selay¹, E.D. Kokina¹,
I.E. Molotov², V.A. Voropaev², V.V. Kouprianov³**

¹The astronomical center of the Autonomous University of Sinaloa, Mexico;

² Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS;

³MAO 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 movable roof 25-cm telescope ORI-25 started working in May, 2012. During the period from January, 2014 till May, 2015 the observations were made for 175 nights, 292 413 measurements in 45 102 tracks were obtained. The The astronomical center studied of space debris and satellites in high orbit. The Astronomical Center carried out detecting 6 not-cataloged objects. In work progress 6 lost objects were detected.

In 2013 a new pavilion with 4-m dome for the astronomical center was built. 40-cm automated telescope (CHV-40) was established. This telescope is used for observing for asteroids, gamma-ray burst afterglow and dim objects of space debris. Observations were made during 14 nights, 2571 measurements in 346 tracks were obtained.

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

**МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
С ОРБИТАМИ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
В УСЛОВИЯХ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

А.П. Лукьянов, С.С. Равдин, А.В. Пругло, А.К. Ким, А.В. Мальцев

ПАО «МАК «Вымпел»

E-mail: kikkolo@mail.ru

Целью работы является разработка эффективного метода быстрого предварительного принятия решения о том, к какому из множества околоземных космических объектов относятся проводимые оптические измерения. При этом предполагается априорная неопределенность относительно ошибок задания орбит и точности измерений.

Предложен метод решения задачи предварительной идентификации измерений угловых координат околоземных космических объектов, получаемых оптическими средствами наблюдения, с каталогизированными космическими объектами.

Достоинством метода является учет баллистических ограничений на область допустимых параметров движения. Это позволило, во-первых, использовать в качестве управляющих параметров поиска идентифицируемых объектов такие физически понятные параметры, как максимальные ошибки угловых измерений и максимальные ошибки знания априорных орбит в терминах продольного и поперечного отклонения.

Во-вторых, это привело к повышению эффективности работы, что проявляется в сокращении числа неправильных идентификаций измерений с орбитами благодаря физически обоснованному уменьшению объема области неопределенности положения объекта. При этом «габаритный» размер этой области не уменьшается, что снижает риск неудач при идентификации объектов, значительно отклонившихся от априорных орбит.

Существенно также то, что метод работоспособен в условиях, когда отклонения угловых измерений от априорной орбиты велики и не описываются в линейном приближении.

METHOD OF PRELIMINARY IDENTIFICATION OF OPTICAL MEASUREMENTS WITH SPACE OBJECTS ORBITS IN CASE OF A PRIORI UNCERTAINTY

A. Lukyanov, S. Ravdin, A. Pruglo, A. Kim, A. Maltsev

«Vimpel»

E-mail: kikkolo@mail.ru

The aim of the work is creation of an effective method of fast preliminary decision about the fact of belonging of optical measurements to a member of the set of near-Earth space objects. A priori uncertainty about errors of orbit determination and measurement errors is supposed.

Method is proposed for decision the task of preliminary identification of angular coordinates of near-Earth space objects, obtained by optical observation facilities, with catalogued space objects.

The merit of the method is account for ballistic restrictions on the domain of tolerable parameters of motion.

Firstly, it makes possible to use for control the physically clear parameters: maximum errors of angular measurements and maximum errors of knowledge of a priori orbits in terms of lengthwise and cross deviations.

Secondly, it increases the effectiveness of operation that shows itself in reduction of number of incorrect identifications of the measurements with orbits due to the physically based restriction on the domain of the object positions. At the same time overall size of this domain does not diminish, that lessens the risk of non-identification of objects, which significantly deviate from a priori orbits.

And eventually it should be noted, that the method operates in conditions of large deviations of angular measurements from a priori orbit that are not described in linear approximation.

МОДЕЛЬ ПОСТУПАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ФРАГМЕНТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА FENGYUN 2D DEB 2006-053D

В.В. Чазов¹, Н.С. Бахтигараев², П.А. Левкина

¹ГАИШ МГУ, ²ИНАСАН

E-mail: vadimchazov@yandex.ru, nail@inasan.ru, ayvazovskaya@inasan.ru

Представлены результаты обработки топоцентрических положений фрагмента космического мусора на геостационарной орбите Fengyun 2D Deb 2006-053D. Наблюдения были выполнены в обсерватории на пике Терскол. На основе наблюдений предложена модель вариаций отношения миделевой площади к массе объекта. Рассмотрены различные варианты форм фрагмента. Получены оценки начальных условий для прогноза поступательно-вращательного движения объекта.

MODEL OF TRANSLATION-ROTATIONAL MOVEMENT OF SPACE DEBRIS' FRAGMENT FENGYUN 2D DEB 2006-053D

V.V. Chazov¹, N.S. Bakhtigaraev², P.A. Levkina²

¹SAI MSU, ²INASAN

E-mail: vadimchazov@yandex.ru, nail@inasan.ru, ayvazovskaya@inasan.ru

The results of processing of topocentric positions of space debris' fragment on geosynchronous orbit Fengyun 2D Deb 2006-053D are presented. Observations were made at the observatory on peak Terskol. The model of the variations of middle area to mass coefficient of the object are suggested. Different variants of an object form were considered. The estimates of the initial conditions for prognosis translation-rotational movement of the object were obtained.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА СВЕРХВЫСОКИХ ОРБИТАХ

И.В. Коробцев, В.Е. Горяшин, М.Н. Мишина, М.В. Еселевич

ИСЗФ СО РАН

E-mail: korobtsev@yandex.ru

В ближайшем будущем планируется запуск международной орбитальной астрофизической обсерватории «Спектр-РГ». КА «Спектр-РГ» должен быть доставлен в окрестность точки либрации L2 системы Солнце–Земля и удерживаться на квазиустойчивой орбите. Для обеспечения выполнения научной программы проекта необходимо поддержание орбиты аппарата, что предполагает получение информации о текущих параметрах движения КА.

В целях отработки методики оптических измерений, оценки необходимого объёма измерений и их точности были проведены наблюдения космических аппаратов Gaia и Спектр-Р в 2011-2015 гг. Блеск КА Gaia оказался слабее 21 звёздной величины, что близко к предельным возможностям телескопа АЗТ-33ИК. При этом точность полученных астрометрических измерений составила порядка одной угловой секунды дуги. В докладе представлены результаты наблюдений КА Gaia и КА Спектр-Р на 1.6-метровом телескопе АЗТ-33ИК Саянской солнечной обсерватории. Обсуждаются возможности получения точных астрометрических данных по космическим аппаратам на сверхвысоких орбитах, необходимые условия наблюдения и объём измерительных данных для прогнозирования движения КА.

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГСС ПО ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ, ПРОБЛЕМЫ

П.П. Сухов

НИИ «Астрономическая обсерватория» Одесского национального университета им. И. Мечникова

E-mail: psukhov@ukr.net

Рассмотрены некоторые проблемы технического и методического характера при фотометрии и идентификации ГСС. Технические проблемы: а) Слабый блеск ГСС, - следует использовать телескопы с размером главного зеркала около 1 м, либо наблюдать ГСС близ равноденствий. б) Время накопления и временное разрешение быстро меняющихся блеск ГСС должно быть минимальным, доли секунды. При многоцветной фотометрии временное разрешение ограничено временем переключения светофильтров.

Известны следующие способы идентификации КА: 1. По орбитальным параметрам. 2. По изображению КА, полученному с помощью оптических телескопов с большим фокусным расстоянием. 3. По изображению КА при его прохождении по диску Луны, Солнца. 4. С помощью спутников, проводящих инспекцию и фотографирование интересующих КА. 5. По анализу телеметрической и радиотехнической информации передаваемой КА. 6. По набору

отражательных характеристик в радио или оптическом диапазоне; фотометрические, поляризационные, спектральные, характеризующих каждый класс спутников.

Изложены известные в СНГ методы отождествления геостационарных спутников по фотометрическим характеристикам при решении обратной, некорректной задачи в астрофизике. Сделан вывод: решение некорректной задачи идентификации ГСС по фотометрическим данным – процедура достаточно сложная, длительная, требующая привлечения дополнительной информации о КА. Дополнительной информацией может быть: внешний вид КА, его размеры, место, дата запуска, наклон орбиты к экватору, мощность, вырабатываемая солнечными панелями, размеры обтекателя головки спутника и т.д. Показаны характерные кривые блеска некоторых классов ГСС.

METHODS OF IDENTIFICATION OF THE GSS BY THE PHOTOMETRIC CHARACTERISTICS AND PROBLEMS

P.P. Sukhov

Odessa astronomical observatory

E-mail: psukhov@ukr.net

Some problems of technical and methodological sort with photometrical and identification GSS. Technical problems: a) Low light GSS - should be used telescopes to the size of the primary mirror about 1m or monitor GSS near equinoxes. b) Time accumulation and temporal resolution rapidly changing light GSS should be the minimum, split second. In case of the multicolor photometry temporal resolution is limited by the time of filters switching. Described the CIS countries known methods of identification of geostationary satellites by photometrical futures for solving inverse, incorrect problem in astrophysics. Concluded: problems of identification GSS from photometric data - the procedure is complicated, long-term, require additional information about the GSS. Additional information may be: GSS photo, its size, location and date of launch, orbit inclination to the equator, the power generated by the solar panels, the size of the head of the satellite fairing, etc. Typical light curves of some classes of GSS were shown.

МАССОВАЯ ФОТОМЕТРИЯ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ ИСЗ НА ММТ9

**Е.В. Каткова¹, Г.М. Бескин², А.В. Бирюков⁴, С.Ф. Бондарь¹, Е.А. Иванов¹, С.В. Карпов²,
Н.В. Орехова¹, А.В. Перков¹, В.В. Сасюк^{3,4}**

¹Филиал ОАО «НПК «СПП» «СОН «Архыз», ²САО РАН, ³ООО «Параллакс», ⁴Обсерватория им. Энгельгардта
E-mail: elka@sao.ru

В июне 2014 года началась тестовая эксплуатация 9-канальной системы высокого временного разрешения ММТ9. При рабочей экспозиции 0.1 секунды система имеет пропускание по быстро движущимся объектам до 9.5 mag. Наблюдения ИСЗ не являются главной задачей ММТ9 в основном режиме функционирования, тем не менее за ночь фиксируется 200-500 пролетов низкоорбитальных и высокоэллиптических ИСЗ.

На основе этих данных создана и поддерживается публичная база данных фотометрических характеристик измеренных спутников: <http://astroguard.ru/satellites>. В базе доступны приведенные (к дальности 1000 км и фазовому углу 90 градусов) звездные величины, кривые блеска, динамика периодов вращения. За первый год работы ММТ9 получены данные по более чем 4000 объектам. Первичный анализ результатов демонстрирует характерные фотометрические признаки у объектов разного типа.

MASSIVE PHOTOMETRY OF LOW-ALTITUDE ARTIFICIAL SATELLITES USING MMT-9

**E.V. Katkova¹, G.M. Beskin², A.V. Biryukov⁴, S.F. Bondar¹, E.A. Ivanov¹, S.V. Karpov²,
N.V. Orekhova¹, A.V. Perkov¹, V.V. Sasyuk^{3,4}**

¹OJS «RPC «PSI» «OOS «Arkhyz», ²SAO RAS, ³«Parallax» Enterprise, ⁴Engelgardt Observatory
E-mail: elka@sao.ru

The 9-channel MMT-9 optical wide-field monitoring system with high temporal resolution system is in operation since June 2014. The system has 0.1 s temporal resolution and detection limit around 9.5 mag (calibrated to V filter) for fast-moving objects on this timescale. In addition to its main scientific operation, the system detects 200-500 tracks of satellites every night, both on low-altitude and high ellipticity orbits.

Using these data we created and support the public database of photometric characteristics for these satellites, available at <http://astroguard.ru/satellites>. The database contains standard (reduced to 1000 km distance and 90 degrees phase angle) magnitudes, light curves, distances, phase angles, as well as results of periodicity search in each track and temporal evolution of periods for satellites observed at different epochs. During the first year we acquired the data for more than 4000 satellites. We also report the characteristic photometric signatures for different classes of satellites.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БЛОЧНОЙ АППРОКСИМАЦИИ, ОБОБЩЕНИЙ МНК И МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ СКРЫТЫХ ПЕРИОДИЧНОСТЕЙ

О. Аксенов, С. Вениаминов, Д. Убоженко, Ю. Варганын

ЦНИИ НИИЦ ВВКО МО РФ
E-mail: sveniami@gmail.com

Предлагаются методы улучшения прогнозирования широкого класса процессов с неустойчивыми параметрами, включающего некоторые составляющие солнечной активности. Эти методы объединяет отсутствие априорной информации о структуре аналитического представления процесса. Иначе задача его прогнозирования не представляла бы большого математического интереса. «Пакет» методов включает метод блочной аппроксимации, метод выявления скрытых периодичностей, обобщенный метод наименьших квадратов, метод последовательной коррекции коэффициентов обобщенного полинома. Предлагаемые методы позволяют вскрыть структуру процесса феноменологически, то есть, исходя только из истории его измерений, что пока недоступно известным, традиционным методам. Кроме того, они дают возможность конкретизировать и смутное, приближенное предположение о структуре процесса, а также улучшить качество прогнозирования процессов с «плывущими» значениями параметров, угадать тренд их изменения осуществить более точную пригонку к нему аппроксимирующего выражения. Применение методов демонстрируется на примере прогнозирования солнечной активности.

PROPAGATION OF SOLAR ACTIVITY USING THE BLOCK APPROXIMATION METHOD, GENERALIZED WEIGHED R.M.S. METHODS AND REVEALING LATENT PERIODICITIES METHODS

O. Aksenov, S. Veniaminov, D. Ubozhenko, Yu. Vartanyan

Scientific Research Center «KOSMOS»
E-mail: sveniami@gmail.com

A family of methods for enhancing the propagation of a wide class of processes having non-stable parameters (including the solar flux projection) is proposed. The methods are of a phenomenological type (not requiring any a priori information). They allow revealing the real structure of processes investigated by their measurements only. Moreover, they give a possibility

for concretizing obscure and approximate assumption on the process, as well as enhancing the quality of prediction of processes having “floating values of their parameters” and to guess the trend of their variations. As a consequence, one can get the more accurate fitting the process. As an example of application of the proposed methods the solar flux projection is made.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА ОРБИТ И ИХ ВАРИАЦИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ ОКОЛОЗЕМНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Э.Н. Вахитов, А.П. Лукьянов

ПАО «МАК «Вымпел»

E-mail: kikkolo@mail.ru

Анализируются различные численные методы прогнозирования параметров движения околоземных космических объектов и их вариаций при изменении начальных условий. Анализ проводится с помощью оригинальных программно-реализованных алгоритмов прогноза движения и его вариаций, решающих эти численные задачи в переменных Кеплера и Лагранжа. Численное моделирование показало преимущество использования переменных Лагранжа по сравнению с переменными Кеплера как по быстродействию, так и по устойчивости результатов прогноза. Получены оценки выигрыша, при использовании алгоритма прогноза в переменных Лагранжа.

Проведен анализ чувствительности прогноза движения околоземных космических объектов к неопределенности знания действующих на них сил: атмосферного торможения, силы притяжения Земли, солнечного давления. Найдено согласованное оптимальное (минимально достаточное) число гармоник геопотенциала и значение высоты верхней границы атмосферы, выше которой ее влиянием можно пренебречь.

STUDY OF EFFECTIVENESS OF NUMERIC ORBITS PREDICTION AND THEIR VARIATIONS FOR DECISION OF TASKS OF ARTIFICIAL SPACE OBJECTS SURVEILLANCE

E. Vahitov, A. Lukyanov

«Vimpel»

E-mail: kikkolo@mail.ru

Various numeric methods of prediction of movement parameters of near-Earth space objects and their variations at changing initial conditions are analysed. The analysis was conducted using original algorithms and software that can solve these tasks in both Kepler and Lagrange variables. Numeric simulation has shown an advantage of use Lagrange variables with respect to Kepler variables by program performance and by stability of prediction results. Gain of efficiency of use prediction algorithms in Lagrange variables is estimated.

Analysis is fulfilled of sensitivity of prediction of movement of near-Earth space objects to uncertainty of applied forces: atmospheric drag, Earth gravitation, solar light pressure. Coordinated optimal (minimally sufficient) number of geopotential harmonics and height of upper boundary of atmosphere, above which we can disregard its influence.

НАБЛЮДЕНИЕ И ПРЕДСКАЗАНИЕ БЛИКОВ ОТ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ

В.С. Юрасов, Е.А. Трушкова

ОАО «НПК «СПП»

E-mail: vyurasov@mail.ru, katerinatr@mail.ru

При наблюдении геостационарных космических объектов (КО) наряду с угловыми измерениями проводятся замеры их блеска. Анализ временных рядов измерений блеска для спутников с трехосной стабилизацией свидетельствует о наличии сезонных всплесков в их яркости. Эти блики могут быть удивительно сильными, часто превышающими несколько звездных величин. Природа этого явления связана со спецификой зеркального отражения света от солнечных панелей спутников.

В работе найдены аналитические выражения для значений времени и фазового угла (угла Солнце-спутник-наблюдательный пункт), при которых возникает зеркальное отражение солнечного света от солнечных панелей трехосно стабилизированных функционирующих спутников. Найденное значение фазового угла однозначно вычисляется для каждой пары спутник-наблюдательный пункт и зависит от широты наблюдательного пункта и разности долгот наблюдательного пункта и спутника.

Проведено сравнение расчетных результатов оценок времени и фазового угла возникновения условий зеркального отражения от солнечных панелей стабилизированных геостационарных спутников с данными многочисленных наблюдений.

Известно, что статистические данные о блеске КО используются при идентификации координатных измерений, оценке состояния и распознавания стабилизированных спутников. Полученные результаты могут оказаться полезными при решении этих задач вблизи условий зеркального отражения, а также для оценки размера, сегментации и ориентации солнечных батарей – ценной информации о возможностях производства и потребления электроэнергии спутника.

OBSERVATION AND PREDICTION OF GLINTS FOR STABILIZED GEO SATELLITES

V.S. Yurasov, E.A. Trushkova

OJSC RPC PSI

E-mail: vyurasov@mail.ru, katerinatr@mail.ru

The observation of GEO space objects (SO) includes both angular and brightness measurements. Temporal brightness patterns for three-axis stabilized GEO stationary satellites shows the season peaks in their intensity. These glints can be remarkably strong, often exceeding several magnitudes in value. The nature of this phenomenon consist in features of solar panel orientation when they reflect sunlight towards an observer in a specular fashion.

In this paper, the analytical expressions for glint's time and phase angle (angle between the SO-Solar and SO-Observer directions) were found for the specular sunlight reflection from solar panels for three-axis stabilized GEO active satellites. The value of found phase angle is calculated unambiguously for each SO-Observer pair and depends only from observer's latitude and difference in observer and SO longitudes.

The comparison results of glint's time and phase angle calculations with numerous observation data are presented for some stabilized GEO satellites.

It is well known that static data about SO' brightness are used for metric measurements correlation, for state estimate and recognition of stabilized satellites. Our results may be useful for these task solutions near the specular reflection conditions and can be exploited to estimate the size, segmentation, and alignment of the solar arrays. The last can be valuable information about the satellite's power generation and consumption capabilities.

БЫСТРОЕ ЧИСЛЕННОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЯ ДВУХ ОБЪЕКТОВ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

И.Н. Чувашов¹, В.А. Авдюшев²

Томский государственный университет

E-mail: ¹chuvashovin@gmail.com, ²sch@niipmm.tsu.ru

В работе представлен численный метод для быстрого оценивания вероятности столкновения объектов околоземного пространства между собой. Метод основан на линейных отображениях начального облака виртуальных объектов околоземного пространства относительно номинальной орбиты на моменты ожидаемого сближения объектов между собой и регистрации столкновений виртуальных объектов друг с другом, т.е. когда расстояния между двумя виртуальными объектами станут меньше заданного критического значения. Обычно задача оценивания вероятностей столкновения решается путем численного моделирования эволюции облака неопределенности на основе пошагового интегрирования виртуальных орбит, что естественно сопряжено с колоссальными затратами процессорного времени.

Предлагаемый метод тестируется на примере двух столкновений искусственных спутников Земли Iridium 33 и Космос-2251 (дата столкновения 10 февраля 2009 года), и Блиц и Фэнъюнь-1С (дата столкновения 22 января 2013 года). Для построения начального облака используются двухстрочные элементы (TLE), взятые с space-track.org. В результате тестирования показано, что линейные отображения позволяют получать оценки вероятностей на несколько порядков быстрее, нежели при численном интегрировании виртуальных орбит.

QUICK NUMERICAL EVALUATION OF PROBABILITY OF TWO-BODY COLLISION IN NEAR-EARTH SPACE

I.N. Chuvashov¹, V.A. Avdyushev²

Tomsk State University

E-mail: ¹chuvashovin@gmail.com, ²sch@niipmm.tsu.ru

This paper presents a numerical method for quick evaluating the probability of a two-body collision in the near-Earth space. The method is based on linear mappings of initial uncertainty clouds of two space objects at the time of their expected approach and on registering the collisions of virtual objects of the clouds, i.e., when the distances between two virtual objects get less than a given critical value. The typical way for solving the problem of evaluating the collision probability consists in simulating the evolution of the uncertainty clouds numerically based on the stepwise integration of virtual orbits. This is naturally associated with huge processor time costs.

The method we propose is tested on the examples of two collisions of satellites: Iridium 33 and Cosmos-2251 (the date of the collision is February 10, 2009), and also Blitz and Fengyun-1C (the date of the collision is January 22, 2013). To construct the initial clouds of the satellites, two-line elements (TLE) (taken from space-track.org) are used. The test results show that the linear mappings allow one to obtain the probability estimates substantially faster than numerical integration of virtual orbits.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕКОВЫХ РЕЗОНАНСОВ НА ДОЛГОВРЕМЕННУЮ ОРБИТАЛЬНУЮ ЭВОЛЮЦИЮ ОКОЛОЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

И.В. Томилова, Т.В. Бордовицына

Томский государственный университет

E-mail: irisha_tom@mail.ru, tvbord@sibmail.com

Представлены результаты обширного численно-аналитического эксперимента по исследованию распространенности вековых резонансов в околоземном орбитальном пространстве и оценке их влияния на долговременную орбитальную эволюцию объектов

космического мусора в диапазоне больших полуосей от 8000 до 55000 км и в диапазоне наклонений от 10° до 90° , для значений эксцентриситетов орбит 0.01, 0.6 и 0.8.

Анализ полученных результатов позволяет выделить несколько общих закономерностей в динамике околоземных объектов, подверженных действию вековых резонансов: а) среди вековых резонансов, связанных со средним движением третьего тела, наибольшее влияние на движение объектов оказывают вековые резонансы, связанные со средним движением Солнца; б) наложение нескольких устойчивых вековых резонансов не приводит к возникновению хаотичности, в то же время вхождение объекта в орбитальный резонанс с вращением Земли при наличии вековых резонансов может сопровождаться возникновением хаотичности в движении объектов; в) хаотичность возникает также при наложении на устойчивый вековой резонанс одного или нескольких резонансов, для которых критический аргумент неоднократно меняет характер изменения с либрационного на циркуляционный и обратно; движение таких объектов является нерегулярным, а в динамике имеют место долгопериодические колебания эксцентриситета и наклона с большими амплитудами и стремительная хаотизация.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SECULAR RESONANCES IN THE LONG-TERM ORBITAL EVOLUTION OF NEAR-EARTH OBJECTS

I.V. Tomilova, T.V. Bordovitsyna

Tomsk State University

E-mail: irisha_tom@mail.ru, tvbord@sibmail.com

The results of the wide numeral-analytical experiment for the research of the prevalence of secular resonances in the near-Earth orbital space and the estimation of their influence on the long term orbital evolution of objects are presented. Orbital parameters have been varied in the range of semi-major axes from 8000 to 55000 kilometers and in the range of inclinations from 10° , to 90° and for the values of eccentricity of orbits equal 0.01, 0.6 and 0.8.

Analysis of the results allows to allocate some general regularities in the dynamics of near-Earth objects, exposed to the secular resonances: A) among secular resonances associated with a mean motion of the third body the secular resonances associated with a mean motion of the sun have the greatest influence on the motion of objects; b) the imposition of several stable secular resonances does not lead to the emergence of chaotic, while the entry of the object in orbital resonance with the Earth's rotation in the presence of secular resonances may be accompanied by the appearance of randomness in the motion of objects; c) there is also chaos when the imposition of a stable secular resonance and one or more resonances for which the critical argument often changes the nature of the changes from the libration to the circulation and vice versa; the movement of these objects is irregular, and long-period fluctuations of the eccentricity and inclination with large amplitudes and rapid randomization take place in the object's dynamics.

ПРОГРЕССИРУЮЩИЙ РОСТ УГРОЗЫ СО СТОРОНЫ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА НА ПРИМЕРЕ МИССИИ МКС

С.С. Вениаминов¹, Е.К. Мельников¹, И.И. Олейников²

¹ЦНИИ НИИЦ ВВКО МО РФ, ²ЦНИИ маш

E-mail: sveniami@gmail.com

Засорение околоземного космического пространства (ОКП) – это многофакторный и многопараметрический процесс, который несет угрозу как космической деятельности человека, так и людям и объектам на Земле, создает помехи работе астрономов-наблюдателей, нарушает экологию Земли и ОКП вообще. Поэтому исследовать его можно под самыми различными углами зрения и с различных позиций. Здесь процесс засорения ОКП и возникающие при этом проблемы рассмотрены на примере миссии международной

космической станции (МКС). Анализируются многочисленные признаки прогрессивного роста угрозы космической деятельности человека со стороны техногенного засорения околоземного космического пространства, связанные с орбитальным полетом и функционированием МКС. Описаны методы и приемы противодействия угрозам МКС со стороны космического мусора (КМ), используемые в прошлом и в настоящее время, и оценивается их эффективность.

PROGRESSIVE INCREASE OF THE THREAT FROM SPACE DEBRIS USING ISS AS THE WAY OF ILLUSTRATION

S. Veniaminov¹, E. Melnikov², I. Oleynikov²

¹Scientific Research Center "KOSMOS", ²TSNIImash

E-mail: sveniami@gmail.com

Contamination of the near Earth space (NES) represents a multifactorial and multiparametric process carrying the threat to space activities and people and objects on the Earth surface. It puts obstacles for astronomers, disturbs ecological balance of the near Earth environment. Here, the space pollution and relative problems are considered using the example of ISS functioning. Numerous signs of progressive growth of danger from orbital debris in view of ISS functioning for a long period of time are analyzed. Some devices and methods of counteraction to this threat having been used in the past and nowadays are described.

ВОЗМОЖНОСТИ РЛС ДАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

О.Ю. Аксёнов, С.С. Вениаминов, С.В. Якубовский

ЦНИИ НИИЦ ВВКО МО РФ

В центр обработки информации СККП поступает поток сообщений от РЛС двух диапазонов длин волн – метрового и дециметрового. Сообщения от РЛС имеют координатную и некоординатную составляющие. Географическое расположение РЛС дальнего обнаружения, энергетический потенциал, размеры и ориентация зон действия, непрерывный режим функционирования позволяют эффективно круглосуточно пополнять координатными и некоординатными данными СККП в масштабе реального времени. За сутки от группировки РЛС дальнего обнаружения в центр обработки информации поступает несколько сотен тысяч сообщений о КО. В настоящее время группировка РЛС СПРН активно развивается. Основу перспективной группировки составляют РЛС высокой заводской готовности различных диапазонов длин волн. Головные образцы РЛС ВЗГ успешно выдержали государственные испытания и приняты в эксплуатацию. Эти РЛС способны обнаруживать КО размерами от десятков сантиметров в широком диапазоне дальностей. Предусмотрен режим функционирования по целеуказаниям от СККП. Имеется возможность передавать в центр обработки как усредненные по группе, так и единичные измерения координатной и некоординатной информации.

CAPABILITIES OF THE FAR DETECTION RADARS ON MEASURING SPACE DEBRIS CHARACTERISTICS

O. Aksenov, S. Veniaminov, S. Yakubovsky

Scientific Research Center «KOSMOS»

The far detection radars (FDR) of meter-band and decimeter-band are capable to measure both metric and non-metric characteristics of space objects (SO). Their geographic site, power potential, size, form and orientation of their polar patterns, continuous functioning mode make possible for

FDR to operate round-the-clock in real time in favor of Space Surveillance System (SSS). The FDR transmit several hundred thousands of measurements of SO. FDR may detect SO sized from tens of centimeters in a wide range of distances. There envisaged the mode of operation by aiming data from SSS.

ОПТИЧЕСКАЯ СЕТЬ ТЕЛЕСКОПОВ ПАО «МАК «ВЫМПЕЛ». АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ, УПРАВЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ КАДРОВ И ПЕРЕДАЧИ ИЗМЕРЕНИЙ

С.С. Равдин, А.В. Пругло, А.К. Ким, А.В. Мальцев, А.В. Лотоцкий

ПАО «МАК «Вымпел»

E-mail: maltsevanton@yandex.ru

Создан комплекс программ и алгоритмов, обеспечивающий функционирование наблюдательной сети ПАО «МАК «Вымпел». Комплекс обеспечивает наблюдение космических объектов, движущихся с большими угловыми скоростями, автоматическую обработку, анализ полученных данных в рамках сети и безопасный обмен данными как внутри сети, так и со смежными программными комплексами. Построена работающая схема, минимизирующая взаимодействие человека с программным комплексом.

Эффективность работы комплекса обеспечивается тремя основными составляющими: качеством и оперативностью планирования, характеристиками обнаружения при обработке кадров, гарантированным и безопасным обменом с минимальными задержками передачи измерений.

Разработаны алгоритмы, обеспечивающие устойчивое взаимодействие компонентов сети в условиях нестабильного сетевого соединения, изменяющихся условий наблюдения, динамически меняющихся заданий. Комплекс работает на различной аппаратуре при минимальном взаимодействии с операторами. Реализован контроль ошибок и внештатных ситуаций. Созданный комплекс позволяет подготовить и выполнить план наблюдения для различных классов задач.

Перспективное направление развития комплекса - разработка алгоритмов, позволяющих максимизировать эффективность наблюдения за счет совершенствования принципов управления, оперативной реакции на получаемые измерения и на изменения условий наблюдения.

OPTICAL TELESCOPES NETWORK PJSC "MAK "VIMPEL". SCHEDULING OBSERVATIONS ALGORITHMS, MANAGEMENT, PROCESSING AND TRANSMISSION OF MEASUREMENT FRAMES

S. Ravdin, A. Pruglo, A. Kim, A. Maltsev, A. Lototsky

«Vimpel»

In this paper we discuss complex of programs and algorithms, operating the observation network of PJSC "MAK "Vimpel". The system provides monitoring of space objects moving at high angular velocities. It provides automatic processing and analysis of the data within the network, secure exchange of data within the network and with related software systems. A working system, minimizing human interaction with the software package, was built.

The effectiveness of the complex is provided by three main components: quality and timeliness of planning, performance of detection in processing frames, guaranteed and secure exchange with the minimum delays of measurements transmission.

Algorithms were created that ensure sustained interaction of network components in unstable network connection, changing environment monitoring, dynamically changing tasks. The complex operates on different hardware with minimal interaction with the operators. Control of errors and

abnormal situations are implemented. Created complex allows to prepare and execute a plan for monitoring various classes of problems.

Future direction for complex upgrading - the development of algorithms that allow to maximize the effectiveness of surveillance by improving the observation principles, the operational response to the received measurement and changes in the conditions of observation.

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАЦИЙ БЛЕСКА ФРАГМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

**П.А. Левкина¹, М.В. Андреев², Н.С. Бахтигараев¹,
Г.З. Бутенко², Н.В. Карпов², Л.В. Рыхлова¹, А.В. Сергеев¹**

¹ИНАСАН, ²МЦ АМЭИ

E-mail: ayvazovskaya@inasan.ru

В рамках международной программы «Астрономия в Приэльбрусье» на наблюдательном комплексе телескопа Цейсс-2000 Терскольской обсерватории осуществляются исследования космического мусора (КМ). Целями исследования являются: получение данных о техногенном загрязнении околоземного космического пространства, обнаружение и каталогизация малоразмерных фрагментов космического мусора, поддержание каталогов орбит, определение физических характеристик таких фрагментов. В данной работе приводится сравнительный анализ кривых блеска и собственного вращения малоразмерных фрагментов КМ по результатам оптических наблюдений.

SPACE DEBRIS' LIGHT CURVES FEATURES

**P.A. Levkina¹, M.V. Andreev², N.S. Bakhtigaraev¹,
G.Z. Butenko², N.V. Karpov², L.V. Rykhlova¹, A.V. Sergeev¹**

¹INASAN, ²ICAMER

E-mail: ayvazovskaya@inasan.ru

Within the bounds of the international program "Astronomy in the Elbrus region" at the observation complex of Terskol Observatory Zeiss-2000 telescope the study of space debris carried out. The objectives of the study are: to obtain data about the technogenic pollution of near space, discovering and cataloging of small fragments of debris, maintaining catalogues of orbits, physical characteristics determination of such fragments. This paper presents a comparative analysis of the light curves and proper rotation of small fragments on the optical observations results.

ПЛАНИРОВАНИЕ ПОВТОРНОГО СЕАНСА НАБЛЮДЕНИЙ НЕИЗВЕСТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

А.Е. Колесса, В.Н. Иванов, В.А. Радченко

ПАО «МАК «Вымпел»

E-mail: kolessa@yandex.ru

Рассматривается проблема определения параметров движения околоземного космического объекта (КО) по угловым оптическим измерениям на малой мерной дуге, нахождения доверительной области, в которой КО находится в следующем сеансе наблюдения, и построения алгоритма поиска КО в этой области. Решение этой проблемы затрудняется тем, что задача поиска КО накладывается на сложный процесс эволюции во времени области неопределённости его положения. Применение классических квазилинейных (квазигауссовских) подходов к решению этой проблемы приводит к неудовлетворительному результату из-за существенно нелинейного характера задачи.

В докладе предлагается алгоритм построения области неопределённости вектора параметров орбиты, построенной по короткому треку, метод экстраполяции этой области на произвольный временной горизонт, а также алгоритм поиска объекта в этой изменяющейся во времени области в следующем сеансе наблюдения.

PLANNING OF REPEATED SESSION OF OBSERVATION OF UNKNOWN SPACE OBJECTS

A.E. Kolessa, V.N. Ivanov, V.A. Radchenko

«Vimpel»

E-mail: kolessa@yandex.ru

The report considers the problems of near-Earth space object motion parameters determination by angular optical measurements on small arc, estimation of the confidence region, which contains the space object in next observation session, and elaboration the space object search algorithm in this region. Solution of this problem is complicated due to the fact that the space object search problem superimposes on complicated process of evolution in time of uncertainty region of its location. Classical quasi-linear (quasi-gaussian) methods of solving this problem lead to unsatisfactory results, because of essentially nonlinear nature of the problem.

The report proposes an algorithm of construction of the uncertainty region of the orbit state vector, which is obtained from short track, a method of extrapolation of this region to arbitrary time, and a search algorithm of the object in this evolving region in the next observation session.

ИСЗ СИРИО 77080А: 36 ЛЕТ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ?

Н.С. Бахтигараев¹, Н.Д. Костюк¹, В.В. Чазов²

¹ИНАСАН, ²ТАИШ МГУ

E-mail: nail@inasan.ru, vadimchazov@yandex.ru

Рассмотрены долгосрочная эволюция орбиты и особенности собственного вращения геостационарного спутника Сирио 77080А по результатам оптических наблюдений, выполненных в обсерваториях в Звенигороде и на пике Терскол. За период с 25.01.2013 по 15.05.2015 получено 6555 топоцентрических положений объекта в стандартной небесной системе отсчёта и оценок блеска. На 10 интервалах протяжённостью от двух недель до трёх месяцев выполнено дифференциальное улучшение параметров движения. Средние квадратические погрешности на этих интервалах не превышали 1". Во всех случаях уверенно определяется численное значение отношения миделевой площади поверхности к массе объекта. Эта величина находится в промежутке от 0.009 м²/кг до 0.014 м²/кг. При улучшении параметров движения на всём наблюдательном интервале средняя квадратическая погрешность одного измерения была порядка 5". Данные фотометрических измерений показали, что в период февраля, марта, августа и сентября месяцев на интервалах времени до 20 минут при определённом положении объекта относительно наблюдателя происходит резкое изменение оценок блеска от 15 до 12 звёздной величины. Причина этого эффекта пока не установлена.

SIRIO 77080A SATELLITE: 36 YEARS ON THE GEOSTATIONARY ORBIT?

N.S. Bakhtigaraev¹, N.D. Kostyuk¹, V.V. Chazov²

¹INASAN, ²SAI MSU

E-mail nail@inasan.ru, vadimchazov@yandex.ru

Long time evolution of the orbit and special features of the rotary motion of the geosynchronous satellite Sirio 77080A based on optical observations carried out at the observatories Zvenigorod and Terscol are considered. From 25 January 2013 to 15 May 2015 year 6555 topocentric positions of the object in Celestial Reference System and the brilliance evaluations were obtained. At 10 intervals with extension from 2 weeks to 3 months differential orbit improvement were made. Root mean square errors at each of these intervals were less than 1". At all intervals the numeric value of the ratio midel area to mass of the object is reliably determined. This ratio has been found in extension between 0.009 м²/kg and 0.014 м²/kg. By using all observations to improve 6 orbital elements at the initial epoch root mean square error of a measurement was close 5". Photometric measurements data showed in February, March, August and September at the

interval near 20 minute by certain orientation of the object with respect to observer reveals the sharp change of the brilliance evaluations from 15 to 12 stellar magnitudes. The reason of this effect is unsure for the present.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА БОРТОВОЙ ОЭ КАМЕРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА ВБЛИЗИ ГСО

В.А. Емельянов, К.С. Ёлкин, Ю.К. Меркушев, В.В. Маслов

ЦНИИмаш

E-mail: vaem45@tsniimash.ru

В основу метода положено вычисление спектральной плотности энергетической освещённости входного зрачка, создаваемой суммарным потоком отражённого солнечного, а также собственного теплового излучения фрагмента космического мусора (ФКМ). Минимальный размер обнаруживаемого ФКМ камерой инфракрасного диапазона (ИКД) оценивается путём сравнения спектральной плотности его энергетической освещённости с монохроматической пороговой чувствительностью камеры ИКД, определяемой её разработчиком.

Минимальный размер геостационарного ФКМ, обнаруживаемый камерой в стандартном диапазоне «visible», определяется сравнением видимого блеска ФКМ с проникающей слой камеры в этом диапазоне, также определяемой её разработчиком.

Установлена эквивалентность проникающей силы ОЭ камеры в ВД ($\lambda=0,548$ мкм) и монохроматических чувствительностей камер ИКД при различных λ_i . Например, если альbedo ФКМ равно 0,05, температура ~ 260 К, дальность наблюдения $3,5 \cdot 10^4$ км, то при монохроматической чувствительности ~ 650 микроянских, соответствующей $\lambda=12$ мкм, минимальный размер его обнаружения составляет всего 7 см. При этом, эквивалентная проникающая сила камеры диапазона «visible» должна быть не менее 22 зв.в.

AN APPROACH TO SELECT THE SPECTRAL RANGE OF AN ONBOARD OPTOELECTRONIC INSTRUMENT DESIGNED TO DETECT SPACE DEBRIS NEAR GEO

V.A. Emel'yanov, K.S. Elkin, Yu.K. Merkushev, V.V. Maslov

TSNIImash

The method is based on the calculation of the spectral irradiance on the entrance pupil of the orbital telescope produced by reflected solar flux and thermal radiation flux of a space debris (SD). Minimal size of a SD detected by optoelectronic instruments operating in infrared spectral range is defined by comparing this spectral irradiance with the monochromatic sensitivity limit defined by the instrument's developer.

Minimal size of a GEO SD detected by visible-band instruments is defined by comparing the apparent brightness with the limiting magnitude of the telescope defined by its developer.

An equivalence principle between limiting magnitude of an optoelectronic visible-band sensor at $\lambda=0,548$ microns wavelength and sensitivity limit of IR-band sensor at various wavelengths λ_i is developed. For example, if object's albedo is about ~ 0.05 , temperature is ~ 260 K and observer-target range is $\sim 3,5 \cdot 10^3$ km, than the IR-band sensor with monochromatic sensitivity of 650 microJy (that corresponds to $\lambda_i = 12$ micrometer) will be able to detect an object only 7 cm in diameter. The limiting magnitude of visible-band sensor able to detect such SD has to be at least 22^m.

ПОСТРОЕНИЕ ОРБИТЫ НЕИЗВЕСТНОГО ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПО ДВУМ ПОЛУЧЕННЫМ НА РАЗНЫХ ВИТКАХ КОРОТКИМ ОПТИЧЕСКИМ ТРЕКАМ

А.Е. Колесса, Н.К. Тупица, Н.Г. Андрианов

ПАО «МАК «Вымпел»

E-mail: kolessa@yandex.ru

Рассматривается задача определения параметров орбиты околоземного космического объекта (КО) по угловым измерениям, полученным оптическим телескопом в двух коротких сеансах наблюдения КО на различных витках.

Решение этой существенно нелинейной задачи с применением классических квазилинейных (квазигауссовских) алгоритмов оценивания приводит к неудовлетворительным результатам. В докладе предлагается приемлемое решение, основанное на построении области неопределенности вектора параметров орбиты, построенной по первому короткому треку, выборе из множества принадлежащих этой области гипотетических орбит, сопрягающихся по квадратичной невязке со вторым коротким треком, последующей линеаризации задачи и вычислении якобиана по этим орбитам и построения оценки параметров орбиты и соответствующей ковариационной матрицы ошибок оценивания по двум полученным на разных витках коротким оптическим трекам.

DETERMINATION OF NEAR-EARTH OBJECT ORBIT BASED ON ANGULAR MEASUREMENTS BY OPTICAL TELESCOPE DURING TWO SHORT SESSIONS OF OBSERVATIONS AT DIFFERENT PASSES

A.E. Kolessa, N.K. Tupitsa, N.G. Andrianov

«Vimpel»

E-mail: kolessa@yandex.ru

The problem of near-Earth object orbit determination based on angular measurements by optical telescope during two short sessions of observations at different passes is considered.

A solution of such an essential nonlinear problem with the classical quasi-Gaussian estimation procedure leads to unacceptable results. The report provides an approach based on determination of a confidence region, which contains with a desired probability the orbit state vector estimated in the first session of observation, generation of so called "particles" (partial orbits) within this region and correlation of these particles with the measurements at the second session regarding RMS residual as a measure of correlation. The best correlated particle is used as a reference one to linearize the problem. Then, linearized Kalman filter is used to obtain the quasi-optimal estimate and the covariance matrix of estimation errors.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Е.А. Гришин, А.О. Коноплев, К.Н. Михнев, И.В. Тарасенко

ОАО «НПК «СПП»

E-mail: aokonoplev@yandex.ru

Для решения задачи оперативного контроля над объектами космического мусора (ОКМ) предназначен новейший оптико-электронный комплекс, созданный ОАО «НПК «СПП» по заказу Роскосмоса и предназначенный для работы в составе автоматизированной системы предупреждения об опасных сближениях в околоземном космическом пространстве – АСПОС ОКП. Для решения задачи обнаружения низкоорбитальных ОКМ на высотах до 3500 км сформированы два динамически переориентируемых барьера. Один барьер сформирован на базе двух сверхширокопольных телескопов «Сова-5» диаметром 5 см

с совокупным полем зрения $56^\circ \times 28^\circ$. Этот барьер позволяет обнаруживать низкоорбитальные ОКМ с блеском до 9 зв.вел. и измерять их угловые координаты с точностью $10''$. Второй барьер сформирован на базе двух широкопольных телескопов «Сова-25» диаметром 25 см с совокупным полем зрения $7^\circ \times 14^\circ$. Он позволяет обнаруживать низкоорбитальные ОКМ с блеском до 13 зв.вел. и измерять их угловые координаты с точностью $3''$. Для решения задачи обнаружения высокоорбитальных ОКМ на высотах от 3500 до 50000 км применяется широкопольный телескоп «Сова-75-О» диаметром 75 см с полем зрения $4,8^\circ \times 5,4^\circ$. Этот телескоп позволяет обнаруживать высокоорбитальные ОКМ с блеском до 19 зв.вел. и измерять их угловые координаты с точностью $0,5''$. Созданный оптико-электронный комплекс позволяет решать задачу автономного обнаружения, измерения угловых координат и среднего значения блеска ОКМ на всех орбитах в автоматическом режиме с минимальным задействованием оператора. В настоящее время на территории Алтайского оптико-лазерного центра завершены испытания прототипа указанного комплекса. Дальнейшим развитием будет создание сети комплексов, расположенных на территории России и других государств.

OPTICAL-ELECTRONIC COMPLEX OF DETECTING AND MOTION PARAMETERS MEASUREMENT OF SPACE DEBRIS

E.A. Grishin, A.O. Konoplev, K.N. Mikhnev, I.V. Tarasenko

OJSC "RPC "PSI"

E-mail: aokonoplev@yandex.ru

The new optical-electronic complex was created by OJSC "RPC "PSI" by the order of Russian Space Agency and designed to solve the problem of operative control for the space debris. It is designed for work in the structure of automatized system of warning of dangerous approaches in the near-Earth space. To solve the problem of detection of the low-orbit space debris objects at the height till 3500 km were generated two dynamically reoriented barriers. One barrier was formed on the basis of two extra-wide-field telescopes "Sova-5" with a diameter of 5 cm with a total field of view of $56^\circ \times 28^\circ$. This barrier allows to detect space debris with brightness till 9 star magnitude and measure their angular coordinates with an accuracy of $10''$. The other barrier was formed on the basis of wide-field telescopes "Sova-25" with a diameter of 25 cm with a total field of view of $7^\circ \times 14^\circ$. This barrier allows to detect space debris objects with brightness till 13 star magnitude and measure their angular coordinates with an accuracy of $3''$. A wide-field telescope "Sova-75-O" is used to solve the problems of detection of the high-orbit space debris objects at the height from 3500 km till 50000 km. This telescope allows to detect space debris objects with brightness till 19 star magnitude and measure their angular coordinates with a accuracy of $0,5''$. This optical-electronic complex solve the problem of the autonomous detection, the measurement of angle coordinates, and the average brightness of space debris on all the orbits with the minimum work of the operator in the automatically mode. Tests of the prototype complex currently completed on the territory of Altay optical-laser center. The further progress will be the creation of net of new complexes located on the territory of Russia and other countries.

ОБНАРУЖЕНИЕ НЕИЗВЕСТНЫХ ФРАГМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ОБЛАСТИ ГСО И ВЭО НА СТАНЦИИ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ «АРХЫЗ»

Е.В. Каткова, Н.В. Орехова

Филиал ОАО «НПК «СПП» «СОИ «Архыз»

E-mail: elka@sao.ru

С 2008 года телескоп Цейсс-600 станции оптических наблюдений «Архыз» участвует в наблюдении мелкоразмерных фрагментов ГСО и ВЭО в целях поддержания и пополнения каталога. Приводятся данные об эффективности обнаружения новых фрагментов на примере 73 неидентифицированных объектов, измеренных в 2014 году на Цейсс-600. Рассматривается проблема оперативного подхвата неизвестных объектов другими пунктами и анализируются проведенные сеансы базисных наблюдений пункта Архыз с пунктами Терскол, Китаб, Бюракан, Крым.

DETECTION OF UNKNOWN FRAGMENTS OF SPACE DEBRIS IN GEOSTATIONARY REGION AND HIGH-APOGEE ORBITS ON OPTICAL OBSERVATIONS STATION «ARKHYZ»

E.V. Katkova, N.V. Orekhova

OJS «RPC «PSI», «OOS «Arkhyz»

E-mail: elka@sao.ru

Since 2008 the Zeiss-600 telescope of Optical Observations Station «Arkhyz» participates in observations of small-scale fragments on geostationary and high-apogee orbits for the support and extension of their catalogue. Here we report the data on the efficiency of detection of new fragments using the example of 73 unidentified objects measured by Zeiss-600 in 2014. The problem of rapid reaction support observations by other stations is discussed, and the results of joint observations of Arkhyz station together with stations at Terskol, Kitab, Byurakan and Crimea are analyzed.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНОГО СПУТНИКА «SBIRS GEO-2»

П.П. Сухов¹, В.П. Епишев², К.П. Сухов¹, В.И. Кудак²

¹НИИ «Астрономическая обсерватория» Одесского национального университета им. И. Мечникова,

²Лаборатория космических исследований Ужгородский национальный университет

E-mail: psukhov@ukr.net, lkd.uzhgorod@gmail.com

Новое поколение спутников серии SBIRS (Space-Based Infrared System) системы раннего предупреждения (*Satellite Early Warning System*) ВВС США заменяют спутники предыдущей серии DSP (Defense Support Program). ГСС «Sbirs Geo-2» (USA-241) дислоцирован близ 21° E. Наклон орбиты к экватору $i = 4^{\circ}.7$, эксцентриситет $e = 0.0004$. Платформа A2100MA, разработанная Lockheed Martin и Northrop Grumman, имеет полезную нагрузку: два ИК телескопа системы Шмидта, два ИК датчика. Это датчик широкого поля (scanner sensor), сканирующий поверхность Земли за короткое время, и узкопольный (staring) датчик, просматривающий интересующую область. Размеры ГСС на орбите: 14.81x 6.83 x 6.00 м.

Фотометрические наблюдения в В, V, R фильтрах проводились в Маяках близ равноденствий в 2014 - 2015 гг. Использовался скоростной электрофотометр на основе ФЭУ-79, работающий в режиме счета импульсов. Получено более 20 кривых блеска. По известным размерам ГСС определены: эффективная площадь отражения - $S_{\gamma\lambda}$, коэффициенты отражения - γ_{λ} , периоды изменения блеска, ориентация КА в пространстве и отдельных бликующих фрагментов поверхности, а также (B-V, V-R). Данные колор-индексов показали, что в отраженном от ГСС световом потоке преобладает «красная» составляющая. То есть, в его формировании панели солнечных батарей выполняют второстепенную роль, хотя их периодическое затенение приводит к довольно глубоким провалам на кривых блеска.

Периодическое появление на многих кривых блеска провалов и зеркальных бликов говорит о том, что ГСС находится на орбите не в статическом положении, заданном трехосной ориентацией, а в динамическом движении. На основе компьютерного моделирования предлагается следующая динамика работы спутника "Sbirs Geo-2" на орбите. Винтообразное сканирование видимой земной поверхности ИК датчиками спутника происходят с периодом $P_1 = 15,66$ сек. и покачивание самого ГСС вокруг направления вектора движения спутника по орбите с $P_2 = 62,64$ сек. То есть от северного до южного полюсов. Во всяком случае, это было зафиксировано нами во время большинства сеансов наблюдений.

Таким образом, за время периода покачивания ГСС происходит 2 сканирования видимой части северного и 2 южного полушарий. В некоторые даты динамика КА на орбите менялась.

PHOTOMETRICAL RESEARCH GEOSTATIONARY SATELLITE "SBIRS GEO-2"

P.P. Sukhov¹, V.P. Epishev², K.P. Sukhov¹, V.I. Kudak²

¹ Odessa astronomical observatory,

²Laboratory for space research Uzhgorod National University, Ukraine

E-mail: psukhov@ukr.net, lkd.uzhgorod@gmail.com

Photometrical observations in B,V,R filters were carried in Mayaki near the equinoxes 2014 – 2015y. Used velocity electrophotometer based on the FEU-79 in the pulse-counting mode. Received more than 20 light curves. From the known dimensions are defined; effective reflecting area - S_{λ} , the spectral reflectance index - γ_{λ} , periods of light variation, the orientation of the spacecraft in space and some fragments glint surface, and (B-V, V-R). Color-indices showed that, in the reflected light flux from the GSS prevails "red" component. That is, in its formation solar panels (SP) perform a secondary role.

In the light curves are periodically dips and specular flash. This shows that GSS orbit is not in a static position specified triaxial orientation as in dynamic motion. Based on computer modeling suggests the following dynamics of the satellite "Sbirs Geo-2" in orbit. Helical scanning the Earth's surface visible infrared sensors satellite occurs with a period $P_1 = 15.66$ sec. and swinging of the GSS about the direction of the motion vector of the satellite in an orbit with $P_2 = 62.64$ sec., from the northern to the southern pole. Anyway, this was fixed by us during most sessions observations.

Thus, during the period of swinging GSS going on 2 scan the visible part of the northern and southern hemispheres. In some dates observations dynamics work spacecraft in orbit changed.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ОКОЛОЗЕМНЫХ КА ИЗ КОСМОСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ (МОНИТОРИНГ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА)

Н.И. Шахов¹, А.И. Гладышев², А.О. Жуков^{1,3},

А.И. Захаров³, А.В. Ларин⁴, М.Е. Прохоров³

¹ИНАСАН, ²Военная академия РВСН, ³ГАИШ МГУ

⁴ФГБНУ «Экспертно-аналитический центр» Министерства образования и науки Российской Федерации

Погрешность наиболее точных датчиков ориентации составляет единицы угловых секунд. В ближайшие 10–20 лет эта величина уменьшится на порядок, до десятых долей угловой секунды. При этом сегодня взаимная ориентация датчиков задается конструктивом аппарата в целом и поддерживается за счет механической жесткости. Уже при сегодняшних точностях датчиков системы ориентации такой привязки оказывается недостаточно. Ряд лабораторных и натурных испытаний показывает, что взаимное положение датчиков ориентации изменяется на несколько угловых секунд, а иногда на 10–20 угловых секунд под действием тепловых деформаций и механических воздействий.

Для устранения этого эффекта предложено ввести в системы ориентации космических аппаратов подсистему геометрического контроля, которая позволяла бы в реальном времени определять текущую конфигурацию датчиков системы.

В работе рассматривается повышение точности определения ориентации и координат космических объектов из космоса при описанной выше использовании комплексной системы ориентации при включении в систему ориентации датчиков двух типов: звездного и солнечного.

IMPROVING THE ACCURACY OF DETERMINATION OF COORDINATES-EARTH KA FROM SPACE WHEN USING AN INTEGRATED SYSTEM OF ORIENTATION AND NAVIGATION (MONITORING OF NEAR-EARTH SPACE)

**N.I. Shakhov¹, A.I. Gladyshev², A.O. Zhukov^{1,3},
A.I. Zakharov³, A.V. Larin⁴, M.E. Prokhorov³**

¹INASAN, ² Military Academy of Strategic Missile Forces named after Peter the Great ³SAI MSU

The error of the most precise sensor orientation is units of seconds of arc. In the next 10-20 years, this value will decrease on the order of tenths of a second of arc. When this is the mutual orientation of the sensors is defined by construct of the apparatus and is supported by the mechanical stiffness. Already at present the accuracy of the sensors of the orientation of this reference is not enough. A number of laboratory and field tests shows that the relative position of the sensors orientation changes to a few arc seconds, and sometimes 10-20 seconds of arc under the action of thermal deformation and mechanical damage.

To eliminate this effect have been proposed in attitude control system of spacecraft subsystem geometric control that would allow in real time to determine the current configuration of the sensor system.

This work considers improving the accuracy of determining the orientation and coordinates of space objects from space described above with the use of a comprehensive orientation system for inclusion in the system of orientation of the sensors of two types: stellar and solar.

ОБЛИК ЦЕЛЕВОЙ АППАРАТУРЫ И МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА ДЛЯ 6-ТЕЛЕСКОПНОГО КА (РАДАРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ)

**А.О. Жуков^{1,3}, В.С. Гедзюн¹, А.И. Гладышев²,
А.И. Захаров³, М.Е. Прохоров³, С.А. Серов⁴, Н.И. Шахов¹**

¹ ИНАСАН, ² Военная академия РВСН, ³ ГАИШ МГУ, ⁴ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Сегодня наблюдения космического мусора являются необходимой задачей. Опасность исходит от любого тела с размерами более 1 см. Однако систематические наблюдения таких тел с поверхности Земли затруднены. Поэтому задача космического мониторинга – актуальна. В настоящей работе предлагается вариант из двух КА, позволяющий фиксировать космический мусор вокруг Земли с высокой вероятностью обнаружения.

THE APPEARANCE OF THE TARGET EQUIPMENT AND METHODS OF DETECTING SPACE DEBRIS FOR TELESCOPIC KA (RADAR AND OPTICAL OBSERVATIONS)

A.O. Zhukov^{1,3}, V.S. Gedzyun¹, A.I. Gladyshev²,
A.I. Zakharov³, M.E. Prokhorov³, S.A. Serov⁴, N.I. Shakhov¹

¹INASAN, ²Military Academy of Strategic Missile Forces named after Peter the Great, ³SAI MSU,
⁴MSTU named after N.E. Bauman

Today, space debris observation is a necessary task. The danger comes from any body with dimensions of 1 cm. However, systematic observation of such bodies with the Earth's surface is difficult. Therefore, the task space monitoring – actual. In the present work proposes a variant of the two KA allows you to capture space debris around the Earth with a high probability of detection.

КИТАБ КАК ПУНКТ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕТИ ISON

Е.А. Литвиненко¹, И.Е. Молотов², В.В. Куприянов¹, А.Т. Алиев³

¹ГАО РАН, ² Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

³Астрономический институт АН РУз, Китаб, Узбекистан

E-mail: elit50@rambler.ru, im62@mail.ru, V.K@BK.ru, abbasaliev@rambler.ru

Китаб как наблюдательный пункт сети ISON считает свою историю с декабря 2006 г. В 2009 г. начался новый этап в развитии Китабского пункта. Был построен павильон сразу на три телескопа. Тогда же туда был перенесен из павильона двойного астрографа Цейсса и установлен на автоматизированную монтировку EQ6Pro зеркально-линзовый телескоп конструкции Теребижа-Борисова ORI-22. С ПЗС-камерой FLI PL4301E этот телескоп имеет поле зрения $5.5^\circ \times 5.5^\circ$. Второй телескоп того же производителя, ORI-40, начал работать в январе 2011 г. Телескоп установлен на автоматизированную монтировку WS-240 и с ПЗС-камерой ML09000 имеет поле зрения $2.3^\circ \times 2.3^\circ$. В настоящее время на нем ведутся наблюдения фрагментов космического мусора до 17m. Во второй половине 2015 г. должен быть установлен третий телескоп 30-см ГенонМакс с полем зрения $4.8^\circ \times 4.8^\circ$. Первичная обработка полученных наблюдений проводится при помощи пакета программ Apex II. Планирование наблюдений и управление монтировкой обеспечивает программа CHAOS.

KITAB AS AN OBSERVATIONAL SITE OF THE ISON NETWORK

E.Litvinenko¹, I.Molotov², V.Kouprianov¹, A.Aliev³

¹MAO RAS, ²Keldysh Institute of Applied Mathematics of the RAS

³Ulug-Bek Astronomical Institute of the Uzbek Academy of Sciences

E-mail: elit50@rambler.ru, im62@mail.ru, V.K@BK.ru, abbasaliev@rambler.ru

The history of Kitab as an observational site of the ISON network begins in December 2006. The year 2009 marks a new stage of development of the facility. An observing hut for three telescopes was built. At the same time, a 22 cm catadioptric telescope ORI-22 designed by Terebij and Borisov was transferred from the dome of Zeiss double astrograph and placed on the EQ6 Pro automated mount. Equipped with a FLI PL4301E CCD camera, the telescope has a $5.5^\circ \times 5.5^\circ$ field of view and belongs to the ISON subset of small telescopes for automatic surveying of GEO and HEO down to 15^m. The second telescope of the same origin, 40cm ORI-40, was commissioned in January 2011. The telescope is installed on top of the WS-240 robotic mount; field of view with a FLI ML09000 CCD camera is $2.3^\circ \times 2.3^\circ$. ORI-40 performs follow-up observations of space debris fragments down to 17^m. The third telescope, a 30-cm GENON-Max with a field of view of $4.8^\circ \times 4.8^\circ$ on WS-240 mount, is expected to be installed in the near future. It is intended for automatic surveying of LEO and HEO. Primary data analysis of CCD-images is done with the Apex II software package. Mount control and scheduling is done via the CHAOS software package. Hence the Kitab-ISON observatory is a modern multi-purpose facility for observations of space debris objects in orbits of different classes.

**О НАБЛЮДЕНИЯХ КА «СПЕКТР-Р»
В КУБАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**
А.Л. Иванов, В.А. Иванов, В.Е. Лысенко, И.В. Литвинов, Д.А. Глоба
Кубанский государственный университет
E-mail: ial63@yandex.ru

Приводится методика наблюдений КА «Спектр-Р», а так же результаты и оценка точности измерений за период с 2012 по 2015 год по согласованию с данными от баллистического центра ИПМ им. Келдыша.

**ABOUT THE OBSERVATIONS OF THE SPACECRAFT "SPEKTR-R"
AT THE KUBAN STATE UNIVERSITY**

A.L. Ivanov, V.A. Ivanov, V.E. Lysenko, I.V. Litvinov, D.A. Globa
Kuban State University
E-mail: ial63@yandex.ru

The methodology of observation of the SPACECRAFT "SPEKTR-R", the results and evaluation of measurement accuracy for the period from 2012 to 2015 in agreement with the data from ballistic center of Keldysh Institute of Applied Mathematics is discussed.

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Means and Methods for the Study of Small Bodies in the Solar System

БОЛЬШЕАПЕРТУРНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ В ЗАДАЧАХ ОКОЛОЗЕМНОЙ АСТРОНОМИИ

В.П. Алешин, Е.А. Гришин, О.А. Ивлев, Д.Д. Новгородцев, В.Д. Шаргородский

ОАО «НПК «СПП»

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

В докладе рассматриваются телескопы с апертурой, превышающей 3 м и обеспечивающие скорость перемещения оптической оси – более 4 угловых градусов в секунду. На сегодняшний момент известно три телескопа с такими параметрами – StarFire, AMOS, SST (все США). Находится на этапе сдачи телескоп подобного класса Алтайского оптико-лазерного центра с апертурой 3.12 м (ТИ 3.12). Широкопольный короткофокусный телескоп для контроля ближнего космоса и астероидной опасности (SST) в настоящее время не имеет отечественных аналогов. В докладе рассмотрены особенности длиннофокусных телескопов для решения задач ситуационной оценки ближнего космоса. На примере отечественного телескопа ТИ 3.12 проанализированы технические возможности рассматриваемых инструментов. Оценены перспективы применения большеапертурных телескопов в околоземной астрономии. Изложены возникающие проблемы и намечены пути их разрешения.

GREAT APERTURE TELESCOPES IN THE PROBLEMS OF NEAR-EARTH ASTRONOMY

V.P. Aleshin, E.A. Grishin, O.A. Ivlev, D.D. Novgorodtsev, V.D. Shargorodsky

ОЦ "PRC "PSI"

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

The report considers telescopes with an aperture greater than 3 m and with high-speed movement of the optical axis (more than 4 angular degrees per second). Up to date, there are only three telescopes with such parameters - StarFire, AMOS, SST (all in the USA). A telescope of the same class is under completion at Altai optical laser center, it has aperture 3.12 m. Wide-field telescope with short focus to monitor the near-Earth space and the asteroids threats (SST in the USA) currently has no domestic analogues. The report discusses the features of long-focus telescope for solving a problem of space situational awareness. On the example of domestic telescope TI 3.12 the technical capabilities of mentioned above observation facilities are analyzed. The prospects of the use of telescopes with large aperture in the near-Earth astronomy are estimated. Arising problems are identified and ways of solution are suggested.

ММТ - МНОГОКАНАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГОВЫЙ ТЕЛЕСКОП С СУБСЕКУНДНЫМ ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

**С.В. Карпов^{1,4}, Г.М. Бескин^{1,4}, А.В. Бирюков⁴, С.Ф. Бондарь²,
Е.А. Иванов², Е.В. Каткова², А.В. Перков², В.В. Сасюк^{3,4}**

¹САО РАН, ²НПК «СПП», ³ООО «Параллакс», ⁴Казанский Федеральный Университет
E-mail: karpov.sv@gmail.com

В докладе описываются характеристики созданной в КФУ широкопольной 9-канальной системы оптического мониторинга неба с субсекундным временным разрешением Mini-MegaTORTORA (ММТ). Установленная в САО РАН недалеко от 6-м телескопа БТА, эта система позволяет проводить наблюдения небесной сферы с полем зрения вплоть до 900 квадратных градусов в BVR цветовых полосах, близких к джонсоновским, а также измерять поляризацию. Временное разрешение системы составляет 0.1 сек при проницании около 11 звёздной величины (фильтр V), при увеличении времени экспозиции соответствующим образом улучшается проницание.

Снабженная мощным вычислительным комплексом и программным обеспечением, система проводит автоматизированный поиск, классификацию в реальном времени и исследование транзиентных явлений разной природы, локализованных как в окрестностях Земли, так и далеко за пределами Галактики. В число объектов, массово обнаруживаемых при наблюдениях на ММТ, входят слабые метеоры и искусственные спутники Земли.

В работе обсуждаются возможные астрономические задачи, которые можно решать с помощью ММТ, и описываются результаты первого года работы системы.

ММТ - MULTICHANNEL WIDE-FIELD MONITORING SYSTEM WITH SUB-SECOND TEMPORAL RESOLUTION

**S.V. Karpov^{1,5}, G.M. Beskin^{1,5}, A.V. Biryukov⁴, S.F. Bondar², E.A. Ivanov²,
E.V. Katkova², A.V. Perkov², V.V. Sasyuk^{3,4}**

¹SAO RAS, ²OJS RPC PSI, OOS “Arkhyz”, ³“Parallax” Enterprise,
⁴Engelgardt Observatory, ⁵Kazan Federal University

E-mail: karpov.sv@gmail.com

Here we describe the novel 9-channel wide-field optical monitoring system with sub-second temporal resolution, Mini-MegaTORTORA (ММТ), which is in operation now at Special Astrophysical Observatory on Russian Caucasus. The system is able to observe the sky simultaneously in either wide (~900 square degrees) or narrow (~100 square degrees) fields of view, either in clear light or with any combination of color (Johnson B, V or R) and polarimetric filters installed, with exposure times ranging from 100 ms to 100 s.

The system data analysis pipeline performs automatic detection of rapid transient events, both near-Earth and extragalactic. The objects routinely detected by ММТ include faint meteors and artificial satellites.

We present first results of ММТ operation and discuss its applicability to various tasks of near-Earth astronomy.

ВОЗМОЖНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ АСТЕРОИДОВ

Н.А. Дугин

ФГБНУ НИРФИ, Нижний Новгород

E-mail: ndugin@yandex.ru

В докладе проанализированы результаты экспериментальных работ по радиолокационному исследованию объектов космического мусора и астероидов в околоземном космическом пространстве с использованием как моностатических локаторов, так и многопозиционной РСДБ-сети (радиоинтерферометров со сверхдлинной базой).

Подготовка экспериментов по локации астероидов в радиодиапазоне наталкивается как минимум на две основные проблемы, приводящие к неопределенности оценки величины отраженного от объекта сигнала. Во-первых, неизвестен коэффициент отражения вещества небесного тела в различных диапазонах радиоволн, который по оценкам не будет превышать 7-10%. Во-вторых, сложная форма и сильная неровность поверхности астероидов могут приводить к существенным потерям «полезного» отраженного сигнала даже для тел больших размеров. В проведенных экспериментах отраженный от астероидов сигнал имел крайне нерегулярный характер с моментами практически полного затухания, что делает сомнительным или крайне затратным применение «традиционных» РЛС для решения задачи надежного обнаружения небесных тел малых размеров.

В качестве реальной возможности существенного увеличения эффективности работы РЛС по обнаружению астероидов за пределами лунной орбиты рассматривается применение так называемых «просветных» РЛС, использующих явление существенного увеличения бистатической эффективной отражающей поверхности цели вне зависимости от ее формы и материала при рассеянии зондирующего сигнала вперед, т.е. по направлению главного луча диаграммы направленности локатора. Предложены варианты построения наземно-космических радиолокационных систем для мониторинга космической опасности.

Исследования поддержаны Минобрнауки РФ и РФФИ (грант №13-02-00586а).

THE POSSIBILITIES OF RADAR SYSTEMS IN THE TASK OF ASTEROIDS DETECTION

N.A. Dugin

Radiophysical Research Institute (NIRFI), Nizhnij Novgorod

E-mail: ndugin@yandex.ru

The report analyzes the results of experiments on the radio location study of space debris objects and asteroids in near-Earth space using both monostatic radars and the multielement Very Long Baseline Interferometers.

Preparation of experiments on the radar of asteroids in the radio range meets at least two major problems that lead to uncertainties in estimating of the magnitude of the signal, reflected from the object. Firstly, the reflection coefficient of celestial body surface is unknown in different wavebands, and as it is estimated, will not exceed 7-10%. Secondly, complex shapes and strong roughness of asteroids surface may lead to significant losses of "useful" reflected signal, even for large bodies. In the experiments the signal, reflected from the asteroid, was very irregular with moments of almost complete attenuation, making questionable or extremely costly using of "traditional" radar for solving the problem of reliable detection of celestial bodies with small sizes.

So-called "transparent" radio location is considered as a real possibility of a significant increase of the radar efficiency at the asteroids detection outside the Moon's orbit. Transparent radar use a phenomenon of substantial increase of the bistatic effective reflecting surface regardless of form and material of the target at the scattering signal forward along the direction of the principal beam of locator pattern. The variants of constructing of space-earth radar systems for monitoring space hazards are suggested.

These studies are supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation and Russian Foundation for Basic Research (project N 13–02–00586-a).

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ТЕЛЕСКОПЕ ТИ 3.12 М

В.П. Алешин

ОАО «НПК «СПП»

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

Одной из основных задач вновь вводимого телескопа с диаметром апертуры 3.12 м (ТИ 3.12) Алтайского оптико-лазерного центра является получение и реконструкция изображений ИСЗ и космического мусора. Для этих целей в телескопе предусмотрено два инструмента – трехсопряженная широпольная адаптивная оптическая система (АОС) и спекл-интерферометр. АОС работает в видимом диапазоне с дополнительным приемником в ближнем ИК диапазоне. Спекл-интерферометр имеет два канала, что позволяет вести наблюдения как в видимом, так и в ближнем ИК диапазоне. Проанализированы потенциальные возможности данных инструментов и рассмотрены возникающие проблемы. Изложены возможности гибридных систем получения оптических изображений. Описаны основные принципы алгоритмов реконструкции изображений и анализируются пути повышения их эффективности. Рассмотрен ряд математических методов оптимизации алгоритмов с позиций обратных задач.

METHODS AND ALGORITHMS FOR IMAGE RECONSTRUCTION ON THE TELESCOPE TI 3.12 M

V.P. Aleshin

OJSC "PRC "PSI"

E-mail: aleshin_vl@mail.ru

One of the main functions of the newly introduced optical telescope with an aperture diameter of 3.12 m (3.12 TI) on Altai optical laser center with is an acquisition and image reconstruction satellites and space debris. For this purpose, the telescope has two instruments – multi-conjugate (3 layers) adaptive optical system (AOS) and speckle interferometer. AOS operates in the visible range with an additional receiver in the near-IR range. Speckle interferometer has two channels, allowing you to observe both the visible and near infrared ranges. The potential of these instruments and considered issues are analyzed. Sets out the possibility of hybrid systems produce optical images. The basic principles of algorithms for image reconstruction and analysis of ways to improve their efficiency are investigated. A some of mathematical methods of algorithms optimization from the viewpoint of inverse problems are considered.

ПРОЕКТ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С МАРШЕВОЙ ЭЛЕКТРОРАКЕТНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Е.В. Власенков, Т.Ш. Комбаев, А.М. Крайнов, П.С. Черников, А.Е. Шаханов

НПО им. С.А. Лавочкина

E-mail: jim14@yandex.ru

Одной из актуальных научных задач современных космических исследований является исследование малых тел Солнечной системы, изучение структуры и вещества таких тел позволит развить и уточнить теории происхождения и эволюции Солнечной системы. Кроме этого, в настоящее время, мировым сообществом уделяется огромное внимание, и выделяются значительные финансовые средства на решение проблемы астероидно-кометной опасности, в частности, на разработку методов обнаружения, мониторинга и поиска способов противодействия угрозе столкновений опасно сближающихся с Землей тел. Одним из способов предотвращения столкновения с опасными астероидами является метод управления крупными астероидами с помощью астероидов с меньшей массой («астероидов снарядов»), предложенный специалистами ИКИ РАН, МИЭМ НИУ ВШЭ и ИНАСАН.

Реализация малобюджетного проекта малого космического аппарата с маршевой электроракетной двигательной установкой (МКА с ЭРДУ) позволит провести исследование двух астероидов околоземной группы, а так же проверить концепцию отклонения опасных астероидов. На первоначальном этапе с Земли производится запуск МКА с ЭРДУ, на втором этапе реализуется перелет и выход на орбиту «астероида снаряда», его исследования, на третьем этапе в расчетной точке с помощью ЭРДУ производится коррекция орбиты МКА и его перевод на траекторию гравитационного маневра у Земли, на четвертом этапе выполняется перелет к Земле, затем гравитационный маневр, после которого МКА с ЭРДУ должен выйти на орбиту опасного для Земли астероида. На завершающем этапе миссии предполагается проведение исследований данного астероида с помощью комплекса научной аппаратуры МКА с ЭРДУ.

SMALL SPACECRAFT WITH ELECTRIC PROPULSION SYSTEM FOR RESEARCHING OF SMALL BODIES OF THE SOLAR SYSTEM

E. Vlasenkov, T. Kombayev, A. Kraynov, P. Chernikov, A. Shakhonov

FSUE NPO named after S.A. Lavochkin

One of the urgent tasks of modern scientific space research is the study of small bodies of the solar system. The study of structure and substance of such bodies will allow to develop and refine the theory of the origin and evolution of the solar system. In addition, at present, the international community pays great attention and allocates significant funding to address the asteroid and comet hazard. Particularly in the development of methods for detection, monitoring, and finding ways to counter the threat of collisions with dangerous near-Earth bodies. One way to avoid a collision with dangerous asteroids is a method of managing large asteroids using the ones with smaller mass ("bullet-asteroids"), proposed by experts of IKI, MIEM HSE and INASAN.

The implementation of a low-budget project of small spacecraft with electric propulsion system (SSC with EPS) would conduct to study two near-Earth asteroids, as well as to check the concept of deorbiting of dangerous asteroids. At the initial stage, the SSC with EPS is launched. At the second phase the flight, transfer to "bullet asteroid" trajectory and its studies are realized. At the third stage the correction of orbit of the SC is made by electric propulsion system at a precalculated position and its transition into Earth gravitational slingshot trajectory. At the fourth step the flight to Earth and gravitational slingshot are executed. After that the SSC with EPS should reach the orbit of the asteroid threat to Earth. At the final stage of the mission the researching of this asteroid is supposed to perform with scientific equipment of SSC with EPS.

ИНДИКАТРИСА ОТРАЖЕНИЯ СИЛЬНО ШЕРОХОВАТЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Е.В. Класс, С.А. Ульянов, В.В. Шаховский

ЦНИИХМ

E-mail: elenaklass@yandex.ru

В работе представлены результаты расчетов индикатрисы отражения оптического излучения от сферы, имеющей сильно шероховатую поверхность. Исследования проводились в приближении геометрической оптики с использованием трехмерной программы РОКС-RG, которая моделирует отражение излучения с учетом шероховатости поверхности тела. Геометрия расчета имела два уровня: на макроуровне задавалась сфера с гладкой поверхностью, на микроуровне - геометрия, описывающая шероховатость ее поверхности. Последняя представляла собой подложку, на которой размещались фигуры, моделирующие искомую шероховатость. Были рассмотрены эллипсоидальные или конические шероховатости, выпуклые или вогнутые относительно поверхности подложки. Параметры фигур, образующих шероховатости, варьировались. Показано, что для сферы с выпуклыми неоднородностями зависимость индикатрисы отражения от фазового угла более пологая, чем для сферы с вогнутыми (пористыми) неоднородностями. При одинаковых

значениях аспектного отношения сфера, поверхность которой покрыта порами в виде эллипсоидов, имеет более крутую зависимость в области малых фазовых углов, чем сфера с порами в виде конусов. Фазовая зависимость индикатрисы отражения для сферы с порами в виде эллипсоидов, глубина которых в 3...4 раза больше их радиуса, близка к аналогичной зависимости для Луны.

REFLECTION INDICATRIX OF VERY ROUGH SPHERICAL BODIES

E.V. Klass, S.A. Ulyanov, V.V. Shahovski

E-mail: elenaklass@yandex.ru

The estimation of the reflection of optical radiation from a sphere with very rough surface was under investigation. The results were obtained in the geometrical optics approximation in 3D by ROKS-RG program taking into account the surface roughness. The geometry was divided into two levels: a sphere without roughness was considered at the macro level and the surface irregularities defined the geometry of the micro level. The latter was a substrate with ellipsoidal and conical figures modelling the desired roughness. Both convex and concave figures were considered with variation of their parameters. The dependence of the reflection indicatrix on the phase angle was flatter in the case of convex irregularities than in the case of concave (porous) irregularities. The phase dependence of the reflection function became steeper at low phase angles for ellipsoidal pores than for conical ones with the same aspect ratio. If the depths of ellipsoidal pores were about 3-4 times their radii the correlation between phase angle and reflection indicatrix resembled the lunar one.

ДИАГНОСТИКА МАЛЫХ ФОРМ НА ПОВЕРХНОСТИ АСТЕРОИДА ЭЛЕКТРА ПО ДАННЫМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

Б.Е. Жилиев¹, М.В. Андреев², А.В. Сергеев^{1,2}, В.Г. Годунова¹, В.К. Тарадий^{1,2}
¹МЦ АМЭИ, ²Терскольский филиал ИНАСАН

Детальные модели строения поверхностей астероидов, рассчитываются на основе инверсии V-кривых блеска. Цветовые кривые совместно с инверсионными моделями поверхностей позволяют изучать минералогический состав поверхностей. Быстрая спектрофотометрия, предлагаемая авторами, с временным разрешением несколько минут позволяет изучать минералогический состав поверхностей астероидов, используя технику колориметрии малых форм. На примере астероида 130 Электра показано наличие на его поверхности примерно 14 «пятен» разного минералогического состава размером от 13 до 30 км. Цветовые характеристики «пятен» по данным цветовых диаграмм U – B, B – V, V – R, R – I позволяют в принципе идентифицировать минералогический состав вещества поверхности астероида. Тонкий анализ многоцветных UBVR_I кривых блеска позволяет оценивать количество и размеры «пятен», особенности отражения и рассеивания света материалом «пятен», их структурные особенности. Техника колориметрии малых форм на основе быстрой спектрофотометрии представляет собой новое направление в изучении малых тел Солнечной системы.

DIAGNOSTICS OF SMALL FORMS ON THE SURFACE OF THE ASTEROID ELEKTRA ACCORDING TO SPECTROPHOTOMETRY **B.E. Zhilyaev¹, M.V. Andreev², A.V. Sergeev^{1,2}, V.G. Godunova¹ and V.K. Taradij^{1,2}** ¹ICAMER, ²Terskol branch of INASAN

Detailed models of the structure of the asteroid's surface are usually calculated based on the inversion of V-curves. The color curves in combination with the inversion model of the surface

allow us to study the mineralogical composition of the surface. Fast spectrophotometry, proposed by the authors, with a time resolution of a few minutes allows studying the mineralogical composition of the asteroid's surface, using the technique of colorimetry of small forms. As an example, the asteroid 130 Electra shows the presence on its surface approximately 14 "spots" of different mineralogical composition ranging from 13 to 30 km. The color characteristics of the "spots" according to the U - B, B - V, V - R, R - I color diagrams allow, in principle, to identify the mineralogical composition of the asteroid's surface material. Fine multi-color analysis of the UBVRI light curves allows estimating both the number and size of "spots", especially the reflection and scattering of light by "spots" material and their structural features. The technique of colorimetry of small forms based on fast spectrophotometry is a new way in the study of small bodies in the solar system.

HIGH RESOLUTION SPECTROSCOPY AT PEAK TERSKOL

J. Krelowski

Toruń Center for Astronomy Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland

The interstellar space is filled with clouds of diffuse matter, forming the spectacular spiral arms. Depending on the density, such clouds are usually divided into „diffuse”, „translucent” (their presence revealed by features observed in the spectra of distant stars, shining through these clouds), „dense” and those which give births to new stars. Translucent clouds are especially poorly understood: only a small number of optical absorption features (atomic and molecular ones) is identified there – a vast majority of them, namely the diffuse interstellar bands (DIBs) – remain unidentified. The abundances of ~10 identified molecular species are known for only a very limited number of clouds. It is reasonable to expect that an enormous size gap extending between the simplest 2- or 3-atomic species (currently identified in translucent clouds) on one hand, and the dust grains (at least ~100 nm big) on the other hand, has to be bridged with medium- or large-size molecules. A very high S/N ratio is necessary to detect new features and to obtain valuable quantitative data for those which have already been observed. This should allow reliable modelling of translucent interstellar clouds guided by the observational constraints. Any reliable chemical modelling of translucent clouds requires at least some selected physical parameters (like rotational temperature of the identified molecules or estimated UV flux) and the mutual abundance ratios for as many detected simple molecules as possible. Both: atomic and molecular features originated in translucent clouds are very sharp. The only reliable measurements of their equivalent widths require very high resolution. Also - only a very high S/N ratio of the recorded spectra may lead to such the interesting results like individual rotational temperatures of polar species, like CN. The Maestro spectrograph at the Peak Terskol mimics the resolution of the UVES ESO Paranal spectrograph. The telescope Zeiss 2000 is four times smaller but while using sufficiently many exposures - it is possible to get the spectra of similar quality.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В.К. Розенбуш¹, Н.Н. Киселев¹, Н. В. Карпов²

¹ГАО НАНУ, ²МЦ АМЭИ

E-mail: rosevera@mao.kiev.ua

Поляризация света является ключевой наблюдаемой величиной, позволяющей получать обширную информацию, закодированную в рассеянном излучении астрономических объектов, которые не могут быть получены с помощью спектроскопии, фотометрии или прямых изображений. Широкое применение поляризационных методов в дистанционных исследованиях началось только в конце пятидесятых – начале шестидесятых годов XX века.

Появление новых детекторов (фотоумножители и ПЗС-матрицы) стимулировало создание новых приборов, предназначенных для измерения поляризации излучения объектов Солнечной системы. На основе разработанных методов анализа данных наблюдений и извлечения необходимой информации из конкретных оптических измерений определены оптические и физические характеристики поверхностей и атмосфер многих малых тел Солнечной системы (спутники планет, астероиды, транснептуновые объекты, кометы) и открыт ряд новых явлений и эффектов. Параллельно с созданием наблюдательной базы поляриметрии активно разрабатывались теоретические методы анализа измерений, основанные на строгой теории рассеяния электромагнитных волн морфологически сложными объектами, такими как дисперсные среды и реголитовые поверхности.

В докладе будут представлены результаты поляриметрических исследований малых тел Солнечной системы (астероиды Главного пояса и сближающиеся с Землей, кометы, спутники планет, транснептуновые объекты) и определены задачи их изучения на будущее.

THE CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR POLARIMETRIC STUDIES OF SMALL BODIES OF THE SOLAR SYSTEM

V.K. Rosenbush¹ N.N. Kiselev¹, N.V. Karpov²

¹MAO NASU, ²ICAMER

E-mail: rosevera@mao.kiev.ua

Polarization of light is a key observable to provide extensive information encoded in the scattered radiation of astronomical objects that cannot be obtained by spectroscopy or direct imaging photometry. Widespread use of polarization methods in remote sensing began only in the late 1950s and early 60s of the twentieth century. The emergence of new detectors (photomultipliers and CCD) has stimulated the creation of new instruments designed to measure the polarization of radiation objects of the solar system. On the basis of the developed methods for analyzing observational data and extracting the necessary information from the specific optical measurements, the optical and physical properties of surfaces and atmospheres of many small bodies of the solar system (planets, moons, asteroids, trans-Neptunian objects, comets) are determined and a number of new phenomena and effects is discovered. Simultaneously with the creation of observational databases of polarimetry, theoretical methods of measurement analysis based on rigorous theory of scattering of electromagnetic waves by morphologically complex objects, such as dispersion media and surface regolith, were developed.

The report will present the results of polarimetric studies of small bodies of the Solar system (Main Belt and near-Earth asteroids, comets, planetary moons, trans-Neptunian objects) and objectives of their study in the future.

АПЕРТУРНЫЕ ФОТОПОЛЯРИМЕТРЫ ДЛЯ ТЕРСКОЛЬСКОЙ И КРЫМСКОЙ ОБСЕРВАТОРИЙ. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ

**В.К. Розенбуш¹, Н.Н. Киселев¹, Д.Н. Шаховской², Ю.С. Иванов¹, Н.В. Карпов³,
В.К. Тарадий³, К.А. Антонюк², А.В. Долгополов², С.Н. Колесников⁴**

¹ГАО НАНУ, ²КрАО, ³МЦ АМЭИ, ⁴ОНУ

E-mail: d.shakhovskoy@gmail.com

Поляриметрические инструменты для широкополосных наблюдений можно классифицировать по двум основным параметрам – чувствительность (предельная звездная величина для получения минимально допустимого отношения сигнал шум) и поляризационная точность (предельная ошибка измерения при пренебрежимо малом фотонном шуме). Создание инструментов с высокими значениями обоих параметров сопряжено с непреодолимыми при доступных бюджетах техническими трудностями. Для ряда задач, к числу которых относится исследование тел солнечной системы, оптимальным

является прибор со средними значениями обоих параметров. Таким сочетанием обладают апертурные поляриметры с быстрой механической модуляцией сигнала. Многие приборы такого типа, первоначально разработанные в 70-90е годы прошлого века, существенно устарели. Проект новых поляриметров такого типа для 2.6м телескопа КрАО и 2м телескопа был разработан для максимально эффективного современного воплощения этой схемы. Поляриметры находятся на завершающей стадии изготовления, планируются первые испытания на телескопе в конце 2015г.

APERTURE POLARIMETERS FOR TERSKOL AND CRIMEAN OBSERVATORIES. DESIGN PRINCIPLES AND CAPABILITIES

**V.K. Rosenbush¹, N.N. Kiselev¹, D.N. Shakhovskoy², Y.S. Ivanov¹, N.V. Karpov³,
V.K. Taradij³, K.A. Antonyuk², A.V. Dolgopolov², S.N. Kolesnikov⁴**

¹MAO NASU, ²CrAO, ³ICAMER, ⁴ONU

E-mail: d.shakhovskoy@gmail.com

Broadband polarimeters may be classified with 2 major parameters: Sensitivity (the limiting magnitude to get reasonable SNR) and polarimetric accuracy (the minimal error of polarization measurement attainable when the photon noise is negligible). Development of the instruments with high value of both parameters is not feasible inside reasonable budget. For a number of tasks, including Solar system studies, an instrument with medium values of both parameters is optimal. This combination is characteristic for the aperture polarimeters with fast mechanical modulation. Many instruments of this type were developed in the 70-s to 90-s and now have got obsolete. The project of new polarimeters for the 2.6m telescope of CrAO and the 2-m Terskol telescope is aimed at the development of modern and the most efficient realization of this scheme. Now the polarimeters are in final stage of manufacturing, the first telescope tests are planned for the end of 2015.

АПЕРТУРНАЯ И ПЗС ПОЛЯРИМЕТРИЯ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ЗА И ПРОТИВ

Н.Н. Киселев

ГАО НАНУ

E-mail: kiselevnn@yandex.ru

Поляриметрические наблюдения различных астрономических объектов начали проводиться с начала XIX века и привели к открытию, что их излучение поляризовано. Визуальные (полярископ Лио), фотографические методы позволили установить многие характеристики поляризованного излучения с точностью 0.1 – 0.2%. Бурное развитие фотоэлектрических приемников излучения с 50-х годов прошлого века привело к созданию целого класса апертурных фотоэлектрических поляриметров, регистрирующих степень поляризации с точностью до 0.01%. Новый класс приемников – ПЗС-матрицы произвели революцию в поляризационной технике в середине 70-х годов XX века. Их основное достоинство связано с возможностью изучения более слабых объектов и возможностью изучения пространственного распределения параметров поляризации для не звездообразных астрономических объектов. Мы будем обсуждать преимущества и недостатки методов апертурной и ПЗС-поляриметрии тел Солнечной системы в зависимости от условий наблюдений (небольшие угловые расстояния спутников от родительских планет) и угловых размеров тел (кометы).

APERTURE AND CCD IMAGING POLARIMETRY OF SOLAR SYSTEM BODIES: PRO AND CONTRA

N.N. Kiselev

MAO NASU

E-mail: kiselevnn@yandex.ru

Polarimetric observations of various astronomical objects have been started in the early 19th century and led to the discovery that their radiation is polarized. Visual (polariscope Lyot), photographic techniques have allowed to establish many of the characteristics of polarized radiation with the accuracy on the order of 0.1 - 0.2%. The rapid development of photoelectric detectors in the mid 1950s led to the creation of a class of aperture photoelectric polarimeters, registering the degree of polarization up to 0.01%. A new class of receivers - CCD matrix revolutionized the technique of polarization in the mid 1970s. Its main advantage is associated with the ability to study the fainter objects and the possibility of studying the spatial distribution of the polarization parameters for nonstar-like celestial objects. We will discuss the advantages and disadvantages of CCD and aperture polarimetry of Solar system bodies, depending on the observation conditions (small angular distance of satellites from their parent planets) and angular dimensions of objects (comets).

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В ОБСЕРВАТОРИИ НА ПИКЕ ТЕРСКОЛ

В.К. Тарадий^{1,2}, А.В. Сергеев^{1,2}, Н.В. Карпов²

¹МЦ АМЭИ, ²Терскольский филиал ИНАСАН

Представлено современное состояние телескопов и научного оборудования для астрономических исследований в обсерватории на пике Терскол. Детально рассмотрен состав научных приборов для всех телескопов обсерватории и их технические характеристики. Приведены примеры спектральных, фотометрических и позиционных данных наблюдений, полученных в обсерватории на пике Терскол.

ASTRONOMICAL OBSERVATIONAL COMPLEX AT THE TERSKOL OBSERVATORY

V.K. Taradij, A.V. Sergeev, N.V. Karpov

¹ICAMER, ²Terskol branch of INASAN

The modern state telescopes and scientific equipment for astronomical observations are presented. The scientific instruments for telescopes and technical characteristics of it are discussed. Examples of spectral, photometric and positional observations which were obtained in Terskol observatory are shown.

ФОНОЦЕЛЕВАЯ ОКОЛОЗЕМНАЯ ОБСТАНОВКА

А.И. Гладышев², В.С. Гедзюн¹, А.О. Жуков^{1,3}, А.И. Захаров³,

М.Е. Прохоров³, Н.И. Шахов¹

¹ИНАСАН, ²Военная академия РВСН, ³ГАИШ МГУ

Современные средства ориентации требуют высокой угловой плотности навигационных объектов (звезд). Однако кривые реакции современных кремниевых фоточувствительных приборов не совпадают с кривой видности глаза или кривой чувствительности фотопластины. Но именно самые подробные – самые обширные каталоги – сделаны фотографическим способом (путем сканирования фотопластинок).

Поэтому сегодня актуальна задача пересчета из традиционных фотометрических систем в широкополосные системы характерные для современных КА. Кроме того, сегодня актуальны наблюдения в невидимых глазом диапазонах длин волн. Это УФ и ИК спектральные диапазоны. Настоящая работа посвящена проблеме пересчета из традиционных фотометрических систем в неклассические кривые реакции.

PHONOTARGET NEAR-EARTH SITUATION

**A.I. Gladyshev, V.S. Gedzyun¹, A.O. Zhukov^{1,3},
A.I. Zakharov³, M.E. Prokhorov³, N.I. Shakhov¹**

¹INASAN, ²Military Academy of Strategic Missile Forces named after Peter the Great, ³SAI MSU

Modern means of orientation require high angular density of navigation objects (stars). However, the reaction curves of modern silicon photosensitive devices do not coincide with the curve of the contrast of the eyes or the curve of sensitivity of the photographic plate. But it is the most comprehensive – the most extensive catalogs – made photographic method (by scanning of photographic plates).

Therefore today the actual task of translation from traditional photometric systems in broadband systems characteristic of modern КА. Also today, the actual observation in the invisible wavelength ranges. This UV and IR spectral ranges. The present work is devoted to the problem of translation from traditional photometric systems in non-classical reaction curves.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КАМЕРА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРОВ

С.В. Крючков, В.А. Мазуров

ИНАСАН

E-mail: skruch@inasan.ru, vmazurov@inasan.ru

Работа выполнена в рамках проводимых в ИНАСАН исследований метеоров. Разработано и изготовлено несколько вариантов автоматизированных камер работающих автономно, с возможностью контроля по сети Интернет. При разработке применялись бюджетные решения. Наибольшую проблему представляет защита камеры от внешних воздействий в условиях климата с отрицательными температурами. Написаны программы и накоплен опыт применения разных технических решений. Изготовленные камеры работают в программах наблюдений метеоров.

THE AUTOMATED CAMERA FOR OBSERVING METEORS

S.V. Kryuchkov, V.A. Mazurov

INASAN

E-mail: skruch@inasan.ru, vmazurov@inasan.ru

Work performed under of studies of meteors that are conducted in INASAN. Designed and manufactured several variants of automated cameras that operate autonomously, with the ability to control via the Internet. The budget solutions were applied. The biggest problem is the camera protection from external influences in a climate with negative temperature. Were written the programs, were attain experience of different technical solutions.

МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО И МЕТАНОВОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В СПЕКТРАХ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ В ДИАПАЗОНЕ 600-900 НМ

А.В. Мороженко, А.С. Овсак

ГАО НАНУ

E-mail: mor@mao.kiev.ua, ovsak@mao.kiev.ua

Разработан метод определения аэрозольной поглощающей составляющей τ_{eff}^k эффективной оптической глубины атмосферы планеты-гиганта в диапазоне длин волн $\lambda\lambda$ 600–900 нм. В его основе лежит компенсация эффекта уменьшения значений аэрозольной рассеивающей составляющей τ_{eff}^k на внешних краях коротко- и длинноволнового крыльев полосы поглощения атмосферного метана, рассчитанных при $\tau_{eff}^k = 0$. Устранение этого эффекта методом последовательного подбора величины τ_{eff}^k позволяет определить ее значение. Для расчетов применяются специально разработанные компьютерные программные коды. Метод апробирован с применением данных наблюдений Северного Экваториального Пояса (NEB) диска Юпитера в полосах поглощения метана на длинах волн $\lambda\lambda$ 619 и 727 нм. Впервые получены значения τ_{eff}^k : 0.0770, 0.0784, 0.0706 и 0.0702 на $\lambda\lambda$ 605.5, 631.3, 714.7 и 741.4 нм, соответственно. Благодаря учету поглощения аэрозолем, рассчитанная зависимость от давления величины τ_{eff}^k для широтной полосы NEB Юпитера приобрела достоверный вид.

THE SEPARATION METHOD OF METHANE AND AEROSOL ABSORPTION IN THE SPECTRA OF THE GIANT PLANETS IN THE RANGE OF 600-900 NM

A.V. Morozhenko and A.S. Ovsak

MAO NASU

E-mail: mor@mao.kiev.ua, ovsak@mao.kiev.ua

The method for determination of the aerosol absorption component τ_{eff}^k of the effective optical depth of giant planet in the $\lambda\lambda$ 600–900 nm wavelength range was been developed. It based on a compensation of the effect of decreasing of the aerosol scattering component τ_{eff}^k at the outer ends of short- and long wavelength wings of methane absorption band for a case of $\tau_{eff}^k = 0$. Value of a τ_{eff}^k was been calculated. We have determinate the values of τ_{eff}^k due to the elimination of mentioned effect with help of step by step selection method. The specially developed computer codes was been used for the calculations. We have tested this method with using of observations data for a North Equatorial Belt (NEB) of Jupiter's disk in the absorption bands of methane on $\lambda\lambda$ 619 and 727 nm wavelengths. For the first time it allows us to determine the values of $\tau_{eff}^k = 0.0770, 0.0764, 0.0706$ and 0.0702 on $\lambda\lambda$ 605.5, 631.3, 714.7 and 741.4 nm, respectively. By incorporating the aerosol absorption the new calculated values of τ_{eff}^k in dependence on pressure for the latitude band NEB of Jupiter acquired authentic look.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПЛЕНОК ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПАНОРАМНЫХ СТОКС-ПОЛЯРИМЕТРОВ В ГЛАВНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ НАН УКРАИНЫ

И.И. Синявский¹, Ю.С. Иванов¹, А.П. Видьмаченко¹, А.В. Сергеев²

¹ГАО НАНУ, ²МЦ АМЭИ

E-mail: vida@mao.kiev.ua

В ГАО НАН Украины предложена и реализуется концепция изображающего стокс-поляриметра, позволяющего проводить измерения 4 компонент вектора Стокса одновременно, в широком поле и без ограничений по относительному отверстию системы.

Причем поляриметр может быть преобразован в спектрополяриметр низкого разрешения поворотом колеса со сменными элементами. Для полного использования площади ПЗС-матрицы в приборе установлены четыре плёночных поляризатора с позиционными углами 0° , 45° , 90° , 135° . В изготавливаемом приборе используется система специальных отклоняющих призм в каждом канале, ахроматизированных для спектрального диапазона 420-850 нм. Дисторсия системы менее 0,65%. Также предусмотрена возможность использования дифракционной решётки с частотой до 100 штрихов/мм, работающей на пропускание.

**USING A POLARIZING FILM IN THE MANUFACTURE OF PANORAMIC STOKES
POLARIMETERS AT THE MAIN ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF THE
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE**

I.I. Sinyavskiy¹, Yu.S. Ivanov¹, A.P. Vidmachenko¹, A.V. Sergeev²

¹MAO NASU, ²ICAMER

E-mail: vida@mao.kiev.ua

MAO of NASU proposed and implemented the concept of imaging Stokes polarimeter, which allows to measure four components of the Stokes vector at the same time, in a wide field, and without restrictions on the relative aperture of the system. And polarimeter can be converted into low-resolution spectropolarimeter by rotation of the wheel with replaceable elements. To full utilization of the CCD area in the device installed four film's polarizer with positional angles 0° , 45° , 90° , 135° . In each channel of this device installed the system of special deflecting prisms, which achromatize for the spectral range 420-850 nm. Distortion of less than 0.65%. Also have the opportunity the use of the diffraction grating with a frequency up to 100 lines / mm, working on the transmission.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МЕЗОСКОПИЧЕСКИХ КОЛЕЦ
В КАЧЕСТВЕ ДАТЧИКОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

Д.Н. Третьяк, Е.Н. Тумаев

Кубанский государственный университет

E-mail: tumayev@phys.kubsu.ru

**THE USING OF THE SUPERCONDUCTIVE MESOSCOPIC RINGS
AS A MAGNETIC FIELD SENSORS**

D.N. Tretyak, E.N. Tumayev

Kuban State University

В последнее время, в связи с успехом нанотехнологий, возрос интерес к низкоразмерным системам, в частности, к сверхпроводящим мезоскопическим (квантовым) кольцам. Такие кольца диаметром 2-3 мкм, шириной 0.2-0.4 мкм и толщиной 40-70 нм, представляющие собой алюминиевую пленку, нанесенную на диэлектрическую керамику, могут использоваться в качестве датчиков магнитных полей. При охлаждении до температуры $0.95T_c$, где T_c – критическая температура, составляющая для алюминия величину 1.24 К, кольцо переходит в сверхпроводящее состояние, и в нем возникает незатухающий ток, величина которого определяется внешним магнитным полем, что и позволяет использовать кольцо в качестве датчика. Принцип действия датчиков на основе сверхпроводящих колец, связан с дискретностью токовых состояний кольца, вследствие чего даже незначительное изменение внешнего магнитного поля вызывает скачкообразное переключение между состояниями сверхпроводящего тока. Аналогичным образом, токовые состояния сверхпроводящих колец скачкообразно меняются при поглощении кванта реликтового

излучения. Нами было исследовано влияние магнитного поля на токовые состояния мезоскопических колец.

В настоящее время теоретическое исследование распределения токов ограничивается, как правило, симметричными кольцами. Исключение составляют асимметричные кольца со смещенным центром отверстия. С другой стороны, технология создания мезоскопических колец позволяет получать кольца сложной геометрии.

Авторами разработан метод, позволяющий рассчитывать распределение токов в кольцах сложной геометрии, заключающийся в том, что система уравнений Гинзбурга-Ландау-Максвелла (ГЛМ) дополняется подходящим выбором калибровки вектор-потенциала магнитного поля: градиентная добавка к вектор-потенциалу выбирается, исходя из геометрии кольца. Таким образом, метод заключается в том, что уравнения ГЛМ дополняются еще одним уравнением в частных производных для градиентной добавки к вектор-потенциалу внешнего магнитного поля. Полученная таким образом система уравнений, дополненная граничными условиями, решалась нами численно.

С помощью данного метода проведена классификация токовых состояний в симметричных и асимметричных круглых кольцах, кольцах квадратной формы, сцепленных кольцах одинаковых и различных диаметров. Обнаружен сложный характер распределения токов в несимметричных кольцах. Так, в симметричных кольцах токовые состояния классифицируются как содержащие один вихрь, и содержащие два противоположно ориентированных вихря, а в асимметричных кольцах со смещенным центром отверстия, при некоторых значениях внешнего магнитного поля возникают состояния с третьим вихрем, локализованным в широкой части кольца. Обнаружены «щели» в спектре сверхпроводящих состояний кольца, т.е., переходы кольца из сверхпроводящего в нормальное состояние, возникающие при некоторых значениях магнитного поля, меньших его критической величины. Дано объяснение этому эффекту как обусловленному пространственным квантованием орбит Ландау спаренных электронов в магнитном поле. Обнаружено, что в сцепленных кольцах имеется взаимосвязь между величинами магнитного потока, захваченного каждым кольцом.

ИССЛЕДОВАНИЯ АСТРОКЛИМАТА В РАЙОНЕ АПШЕРОНСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

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

¹Кубанский государственный университет, ²ООО Национальное Астрономическое Агентство

E-mail: ial63@yandex.ru, natalja.naa@yandex.ru

Приводится методика и результаты исследования астроклимата в районе п. Мезмай Апшеронского района Краснодарского края в период с 1985 года по 2015 год. В настоящее время в этом месте закончено строительство наблюдательной базы.

THE ASTRONOMIC CLIMATE RESEARCH IN THE AREA OF APSHERONSK DISTRICT OF KRASNODAR REGION

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

¹Kuban State University, ²National Astronomical Agency LTD

E-mail: ial63@yandex.ru, natalja.naa@yandex.ru

The methodology and results of the study of astronomic climate in the area p. Mezmay in Apsheronsk district of Krasnodar region in the period from 1985 to 2015 is discussed. Currently the construction of observational base is finished in this place.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ LX600

А.Л. Иванов¹, В.А. Иванов¹, В.Е. Лысенко¹, И.Ю. Мхитаров²,

¹Кубанский государственный университет, ²КРОО НМТСС

E-mail: ial63@yandex.ru

Приводятся данные испытания спектрофотометрического комплекса по реальным объектам, дается описание специализированного программного пакета «МаксКомет» предназначенного для автоматизации процесса наблюдений.

UNIVERSAL SPECTROPHOTOMETRIC COMPLEX ON EQUATORIAL PLATFORM LX600

A.L. Ivanov¹, V.A. Ivanov¹, V. E. Lysenko¹, I.Yu. Mkhitarov²

¹Kuban State University, ²KROO NMTSS

E-mail: ial63@yandex.ru

Data of tests of the spectrophotometric system on real objects is shown, the description of the specialized software package "Maxcomet" intended for automation of process observations is given.

ОЦЕНКА ТЕКУЩИХ ПАРАМЕТРОВ БОРТОВЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЁТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Е.О. Ерёмин^{1,2}, И.О. Крахмальный², Г.Ю. Харламов¹

¹ОАО «ОКБ МЭИ», ²МИРЭА

E-mail: e.o.ereimin@gmail.com, igorsmile2006@yandex.ru, gukh2011@yandex.ru

Рассматриваются вопросы определения чувствительности, динамического диапазона, угловой и линейной разрешающих способностей бортовых оптико-электронных приборов космических аппаратов в процессе полётной калибровки. Предлагается вариант оценивания ориентации оптической оси бортового оптико-электронного прибора в заданной измерительной системе координат. Показан подход к оцениванию взаимной ориентации совокупности бортовых оптико-электронных приборов.

Оценивание чувствительности и динамического диапазона основано на использовании инструментальной фотометрической системы бортового оптико-электронного прибора.

Определение углового разрешения предлагается выполнять на основе наблюдений космических объектов естественного происхождения, присутствующих в астрономических каталогах двойных систем. Показан подход к оценке линейного разрешения на основе наблюдений Луны и поверхности Земли.

Представлены некоторые результаты обработки реальных кадров бортовых оптико-электронных приборов в процессе проведения калибровочных наблюдений.

ESTIMATION OF THE CURRENT PARAMETERS OF ON-BOARD OPTOELECTRONIC DEVICES DURING FLIGHT TESTS

E.O. Eremin^{1,2}, I.O. Krakhmalniy², G.U. Kharlamov¹

¹JSC «OKB MEI», ²MIREA

E-mail: e.o.ereimin@gmail.com, igorsmile2006@yandex.ru, gukh2011@yandex.ru

We consider issues of estimating sensitivity, dynamic range, angular and linear resolving power of on-board optoelectronic devices in the process of flight calibration. In this paper suggested a way of estimating the orientation of the optical axis of the on-board optoelectronic device in a predetermined measurement coordinate system. We show approach to estimating the relative orientation of several optoelectronic devices.

Evaluation of sensitivity and dynamic range is based on using of instrumental photometric system of on-board optoelectronic device.

Determination of the angular resolution is proposed to carry out on the basis of observations of space objects of natural origin, present in the astronomical catalogs of double systems. Approach to estimating linear resolution on the basis of observations of the moon and the Earth's surface is under discussion.

Some results of processing real video frames of on-board optoelectronic devices in the process of calibration observations are shown.

КАЛИБРОВКА БОРТОВЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КА РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г.Ю. Харламов¹, И.О. Крахмальный², Е.О. Ерёмин^{1,2}, С.А. Серов³

¹ОАО «ОКБ МЭИ», ²МИРЭА, ³МГТУ им. Н.Э. Баумана

E-mail: gukh2011@yandex.ru, igorsmile2006@yandex.ru, e.o.eremin@gmail.com, docent-serov@rambler.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с проведением калибровочных наблюдений звездных датчиков, бортовых оптико-электронных систем КА ДЗЗ и инспекции на основе проведения наблюдений совокупности небесных объектов естественного происхождения (звезд, звездных скоплений, ярких планет солнечной системы и т.п).

Процесс калибровки реализуется в несколько этапов: планирования, проведения калибровочных наблюдений и их обработки.

Предлагается вариант реализации программно-алгоритмического комплекса планирования калибровочных наблюдений основанный на применении следующего специального программного обеспечения:

- прогнозирования положения космических объектов естественного происхождения;
- прогнозирования движения ИСЗ;
- моделирования режимов ориентации КА;
- моделирования функционирования бортовых оптико-электронных приборов;
- высокодетальной визуализации процессов проведения калибровочных наблюдений.
- формирования циклограмм проведения калибровочных наблюдений.

Рассматривается вариант реализации программно-алгоритмического комплекса планирования калибровочных наблюдений основанный на применении следующего специального программного обеспечения:

– выделения изображений в видеокадрах основанного на адаптивных алгоритмах формирования глобальных и локальных пороговых значений в зависимости от пространственно-временных параметров фоновой и сигнальной составляющих в последовательности видеокадров;

– идентификации и оценивания параметров совокупности заданных опорных объектов в последовательности видеокадров;

– определения текущих параметров оптико-электронных приборов (чувствительности, угловой и линейной разрешающей способностей, значений темнового тока и т.п.);

– качественная и количественная оценка искажений в бортовых ОЭП и тракте преобразования и передачи видеокадров;

– оценивание ориентации оптической оси бортового ОЭП в заданной измерительной системе координат;

– оценивание взаимной ориентации совокупности бортовых ОЭП.

Представлены результаты обработки реальных видеокадров бортовых ЭОП в процессе проведения калибровочных наблюдений.

CALIBRATION OF ON-BOARD OPTOELECTRONIC DEVICES IN THE CONDUCT OF FLIGHT TESTS AND OPERATION OF SPACECRAFT FOR VARIOUS PURPOSES

G.Yu. Kharlamov¹, I.O. Krakhmalniy², E.O. Eremin^{1,2}, S.A. Serov³

¹JSC «OKB MEI», ²MIREA, ³MSTU named after E.V. Bauman

E-mail: gukh2011@yandex.ru, igorsmile2006@yandex.ru, e.o.eremin@gmail.com

We consider issues related to the conduct of calibration observations of star sensors, optoelectronic systems, remote sensing satellites and inspection on the basis of observations of the conjunction of celestial objects of natural origin (stars, star clusters, bright planets in the solar system, etc).

The calibration process is implemented in several stages: planning, conducting calibration observations and their processing.

We present variant of implementation of software for solving complex planning of calibration observations based on the use of the following special software:

- prediction of the position of space objects of natural origin;
- prediction of the movement of the satellite;
- simulation of orientation modes of the spacecraft;
- simulation of the functioning of optoelectronic devices;
- highly detailed visualization of the processes of calibration observations.
- formation cyclograms of calibration observations.

We consider a variant of implementation of software for solving complex planning of calibration observations based on the use of the following special software:

- selection images in the video frames based on the adaptive algorithms of generating global and local threshold values depending on the spatio-temporal parameters of background and signal components in the sequence of video frames;
- identification and parameter estimation of a set of specified reference objects in the sequence of video frames;
- determine the current settings of optoelectronic devices (sensitivity, angular and linear resolution abilities, values of dark current, etc);
- qualitative and quantitative assessment of the distortions in on-board optoelectronic devices and tract conversion and transmission of video frames;
- evaluation of the orientation of the optical axis of the on-board optoelectronic device in a given measurement coordinate system;
- evaluation of the mutual orientation of the totality of the on-board optoelectronic devices.

Some results of processing real video frames of on-board optoelectronic devices in the process of calibration observations are shown.

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ КА

И.О. Крахмальный¹, Е.О. Ерёмин^{1,2}, Г.Ю. Харламов²

¹МИРЭА, ²ОАО «ОКБ МЭИ»

E-mail: igorsmile2006@yandex.ru, e.o.eremin@gmail.com, gukh2011@yandex.ru.

Работа посвящена реализации решения задач обработки калибровочных наблюдений звездных датчиков, бортовых оптико-электронных систем КА ДЗЗ и инспекции.

Рассматриваются алгоритмы предварительной и первичной обработки калибровочных наблюдений электронно-оптических приборов, адаптирующиеся с техническим характеристикам ЭОП, параметрам внутренних и внешних факторов влияющих на качество обрабатываемых последовательностей видеок кадров.

Приведены примеры обработки реальных последовательностей видеок кадров.

**AN ADAPTIVE ALGORITHM FOR THE IDENTIFICATION OF SPACE OBJECTS
DURING THE PROCESSING OF THE CALIBRATION OBSERVATIONS OF FLIGHT
TESTS OF THE SPACECRAFT**

I.O. Krakhmalniy¹, E.O. Eremin^{1,2}, G.Y. Kharlamov²

¹MSTU MIREA, ²OJSC «OKB MEI»

E-mail: igorsmile2006@yandex.ru, e.o.eremin@gmail.com, gukh2011@yandex.ru

The work is devoted to the implementation of the decision of tasks of processing calibration observations of star sensors, side optoelectronic systems of ERS and inspection satellites.

The algorithms for preliminary and primary processing of calibration observations of optoelectronic devices, conforming with the specifications of it, the parameters of internal and external factors affecting the quality of the processed sequence of video frames.

Examples of processing the real sequence of video frames are shown.

Алфавитный указатель

Alphabetical index

- Abdulloev S.Kh., 27, 63
Aksenov O., 89, 94
Alehina N.I., 39
Aleksandrova A.G., 70
Aleshin V.P., 106, 109
Alimov O.A., 50
Alybin V.G., 71
Andreev M.V., 58, 96, 111
Andrianov N.G., 99
Andruk V.M., 51
Antoniuk K., 55, 63
Antonyuk K.A., 114
Arinin M.A., 52
Avdyushev V.A., 92
Babadzhanov P.B., 12, 32
Bagrov A., 36, 60, 61, 75
Bakanas E.S., 17
Bakholdin A.V., 76
Bakhtigaraev N.S., 87, 96, 97
Barabanov S.I., 17, 23, 28, 47, 64
Baransky A.R., 58
Bashakova E.A., 16
Belkovich O.I., 34
Belyj A.M., 71
Berdnikov A., 80
Berezin V.V., 71
Beskin G.M., 30, 89, 107
Bezgodov K.A., 24
Biryukov A.V., 30, 89, 107
Blokhin A.V., 50
Bodrova Yu.S., 74, 77
Bolgova G., 33
Bondar A., 57
Bondar S.F., 30, 89, 107
Bondarenko Yu.S., 37, 39
Bordovitsyna T.V., 93
Bulgakov N.N., 71
Buriev A.M., 24
Busarev V.V., 23, 47
Butenko G.Z., 51, 96
Bykova L.E., 53
Byleva T.P., 69
Chazov V.V., 87, 97
Chechetkin V.M., 70
Chernetenko Yu.A., 9, 19, 39
Chernikov P., 110
Chubey M.S., 76
Churyumov K.I., 13, 22, 31
Chuvashov I.N., 29, 92
Dashkiev G.N., 22
Derevyanka A.E., 65
Devyatkin A.V., 15, 16
Dolgoplov A.V., 114
Dugin N.A., 108
Dyagilev R.A., 42
Egorova L.A., 43
Elkin K.S., 71, 74, 98
Emel'yanenko N.Yu., 19, 30
Emel'yanenko V.V., 8, 66
Emel'yanov V.A., 71, 74, 77, 98
Epishev V.P., 102
Eremin E.O., 120, 122, 123
Ermakov P.N., 71
Ershov A.N., 71
Eselevich M.V., 84
Galeev A.I., 52
Galushina T.Yu., 17, 24, 67, 70
Gedzyun V.S., 116
Gladyshev A.I., 103, 104, 116
Glazachev D.O., 40, 41, 42
Globa D.A., 65, 105
Godunova V.G., 51, 111
Golubaev A.V., 21
Gorshanov D.L., 16
Goryashin V.E., 84
Grishin E.A., 100, 106
Grishin K.A., 35
Guo P., 73
Ibadinov K.I., 24
Ipatov S.I., 6
Ivanov A.L., 65, 105, 119, 120
Ivanov A.V., 16
Ivanov E.A., 30, 89, 107
Ivanov V.A., 65, 105, 119, 120
Ivanov V.N., 97
Ivanov Y.S., 114
Ivanov Yu.S., 118
Ivanova N. V., 119
Ivashkin V.V., 68, 73
Ivlev O.A., 106
Jenniskens P., 41, 42
Kalashnikova T.M., 50
Karashevich S.V., 16
Karpov N.V., 96, 113, 114, 115
Karpov S.V., 30, 89, 107
Kartashova A., 33
Kastel' G.R., 39
Katkova E.V., 30, 89, 101, 107
Kazantsev N.V., 67
Khakhinov V.V., 84
Khamroev U.Kh., 12
Kharlamov G.Yu., 120, 122, 123
Kharlamov V., 41
Kharlamov V.A., 42
Kholshchevnikov K.V., 70
Khutorovsky Z., 82
Kim A., 86, 95
Kiselev N., 55, 63, 113, 114, 115
Kislitskiy M.I., 75
Klass E.V., 111
Klunko E.V., 84
Klyanchin A., 57
Kochetova O.M., 39
Kokhirova G.I., 12, 27, 32
Kokina E.D., 85
Kokina T.N., 85
Kolesnikov S.N., 114
Kolessa A.E., 82, 97, 99
Komarova E., 36
Kombaev T., 110
Konoplev A.O., 100
Konovalova N.A., 56
Kostyuk N.D., 97
Kouprianov V.V., 16, 76, 85
Krakhmalniy I.O., 120, 122, 123
Kramintsev A.P., 44
Kraynov A., 110
Krełowski J., 112
Krivokoneva G.K., 47
Kryuchkov S.V., 17, 116
Kudak V.I., 102
Kuleshov Yu.P., 71, 72
Kulikova N.V., 14
Kulyk I.V., 58
Kushnarev D.S., 84
Kuznetsov V.B., 27, 39
Kuznyetsova Y., 57
L'vov V.N., 76
Lang A., 68
Larin A.V., 103
Lebedev V.P., 84
Leonov V., 36, 59, 60, 61
Levkina P.A., 87, 96
Levko G.V., 76
Lipnitskiy Yu.M., 46
Litvinov I.V., 65, 105
Lokhin V.V., 43
Lototsky A., 95
Lukyanov A., 82, 86, 90
L'vov V.N., 16
Lyashenko A.Yu., 16
Lysenko V.E., 65, 105, 119, 120
Maltsev A., 86, 95
Markelov S.V., 76
Marov M.Ya., 6
Martyusheva A.A., 16
Maslov V.V., 98
Mazurov V.A., 116
Medvedev A.V., 84
Medvedev Yu.D., 13, 19, 37, 38, 39
Melnikov E., 94
Mendoza D.A., 85

- Merkushev Yu.K., 74, 77, 98
- Meshcheryakov S.A., 46
- Mhitarov I.Yu., 120
- Mikhnev K.N., 100
- Molotov I.E., 78, 85
- Morozhenko A.V., 25, 117
- Murtazov A.K., 79
- Mustafina A.R., 52
- Mysnik V.P., 71
- Nalivkin M.A., 66
- Naroenkov S., 80
- Naroenkov S.A., 19, 29, 66
- Narziev M., 50, 62
- Naumov K.N., 16
- Nefedev Yu.A., 34
- Niganova E.N., 53
- Nikolenko I.V., 17
- Nosatenko P.Ya., 71
- Novgorodtsev D.D., 106
- Novichonok A.O., 35
- Obrubov Yu.V., 32
- Oleynikov I., 94
- Orekhova N.V., 30, 89, 101
- Ovsak A.S., 117
- Perkov A.V., 30, 89, 107
- Perov N.I., 49
- Petrov N.A., 69
- Petrova S.N., 16
- Pit N., 63
- Podobnaya E., 41
- Pol' V.G., 81
- Popova O.P., 40, 41, 42
- Prishchepenko A.B., 70
- Prokhorov M.E., 72, 73, 80, 103, 104, 116
- Pruglo A., 86, 95
- Prystavski T.O., 35
- Puzin V.B., 47
- Radchenko V.A., 97
- Rahmatullaeva F., 55, 63
- Raikunov K.G., 74
- Ravdin S., 86, 95
- Romanyuk Ya.O., 58
- Rosenbush V.K., 55, 113, 114
- Rusakov V.S., 47
- Rusov S.A., 16
- Rybnov Yu.S., 41, 42
- Rykhlova L.V., 5, 44, 71, 96
- Sakhanova A.A., 49
- Sasyuk V.V., 30, 89, 107
- Savanov I.S., 66
- Savel'ev M.I., 45
- Sazonov V.S., 70
- Scherbina M.P., 23
- Selay R., 85
- Sergeev A.V., 57, 96, 111, 115, 118
- Sergienko M.V., 32, 35
- Serov S.A., 104, 122
- Shahovski V.V., 111
- Shakhov N.I., 103, 104, 116
- Shakhovskoy D.N., 114
- Shargorodsky V.D., 106
- Shavlovskiy V.I., 26
- Shefer V.A., 18
- Shelyakov M.A., 64
- Shematovich V.I., 15
- Shor V.A., 39
- Shpitalnik M., 82
- Shugarov A.S., 66, 80
- Shushpanov A.S., 30, 34
- Shustov B.M., 71, 80
- Shuvalov V.V., 40, 41, 42
- Sidorenko V.V., 10
- Simonov A.V., 81
- Sinyavskiy I.I., 118
- Skripnichenko P.V., 17, 24, 67
- Slesarenko V.Yu., 16
- Sokolov I., 57
- Sokolov L.L., 69
- Sokolova M.G., 30, 32, 35
- Sokov E.N., 16
- Sokova I.A., 16
- Steklov A.F., 22, 31
- Steklov E.A., 22
- Sukhov K.P., 102
- Sukhov P.P., 88, 102
- Sungatullin R.H., 48
- Svetsov V., 40
- Taradij V.K., 5, 111, 114, 115
- Tarasenko I.V., 100
- Terebizh V.Y., 66
- Terentjeva A.K., 64
- Tergoev V.I., 84
- Tischenko V.I., 14
- Tomilova I.V., 93
- Tretyak D.N., 118
- Trubetskaya I., 40
- Trushkova E.A., 91
- Tsekmeister S.D., 16, 76
- Tselmovich V.A., 48
- Tumayev E.N., 118
- Tupitsa N.K., 99
- Ubozhenko D., 89
- Ulyanov S.A., 111
- Uralskaya V.S., 7
- Usanin V.S., 30
- Usoltseva O.A., 42
- Vafin R.A., 48
- Vahitov E., 90
- Vartanyan Yu., 89
- Vasiliev A.A., 69
- Vavilov D.E., 13, 38, 39
- Vedenkin N., 80
- Velichko F.P., 54
- Velichko S.F., 54, 57
- Velichko V.G., 54
- Veniaminov S., 89, 94
- Vidmachenko A.P., 22, 25, 26, 31, 54, 57, 118
- Vinogradova T.A., 9, 11, 39
- Vlasenkov E., 110
- Voropaev V.A., 85
- Yakovenko Yu.P., 71
- Yakovlev V.A., 39
- Yakubovsky S., 94
- Yurasov V.S., 91
- Zakharov A., 80
- Zakharov A.I., 72, 73, 103, 104, 116
- Zausaev A.F., 20
- Zheleznov N.B., 39
- Zhilyaev B.E., 111
- Zhukov A.O., 73, 103, 104, 116
- Zinoviev S.V., 16
- Абдуллоев С.Х., 27, 63
- Авдюшев В.А., 92
- Аксенов О.Ю., 89
- Аксёнов О.Ю., 94
- Александрова А.Г., 69
- Алехина Н.И., 38
- Алешин В.П., 106, 109
- Алиев А.Т., 104
- Алимов О.А., 50
- Алыбин В.Г., 71
- Андреев М.В., 57, 96, 111
- Андрианов Н.Г., 99
- Андрук В.Н., 51
- Антонюк К., 55, 63, 113
- Аринин М.А., 51
- Бабаджанов П.Б., 11, 31
- Багров А.В., 36, 59, 61, 74
- Баканас Е.С., 16, 26
- Барабанов С.И., 16, 23, 26, 28, 46, 64
- Баранский А.Р., 57
- Бахолдин А.В., 75
- Бахтигараев Н.С., 86, 96, 97
- Башакова Е.А., 16
- Безгодов К.А., 23
- Белый А.М., 71
- Белькович О.И., 33
- Берёзкин В.В., 71
- Бескин Г.М., 29, 88, 107
- Бирюков А.В., 29, 88, 107
- Блохин А.В., 50
- Бодрова Ю.С., 74, 77
- Болгова Г.Т., 33
- Бондаренко Ю.С., 37, 38
- Бондарь А.В., 57
- Бондарь С.Ф., 29, 88, 107
- Бордовицына Т.В., 92
- Булгаков Н.Н., 71
- Буриев А.М., 24
- Бусарев В.В., 23, 46
- Бутенко Г.З., 51, 96
- Быкова Л.Е., 53
- Былева Т.П., 69
- Вавилов Д.Е., 12, 37, 38
- Вартаньян Ю., 89
- Васильев А.А., 69
- Вафин Р.А., 47
- Вахитов Э.Н., 90
- Величко С.Ф., 54, 57
- Величко Ф.П., 54
- Вениаминов С.С., 89, 93, 94
- Видьмаченко А.П., 22, 24, 25, 30, 54, 57, 117
- Виноградова Т.А., 8, 10, 38

- Власенков Е.В., 109
Галеев А.И., 51
Галушина Т.Ю., 17, 23, 67, 69
Гедзюн В.С., 103, 115
Гладышев А.И., 102, 103, 115
Глазачев Д.О., 39, 40, 41
Глоба Д.А., 65, 105
Годунова В.Г., 51, 111
Голубаев А.В., 21
Горшанов Д.Л., 16
Горяшин В.Е., 83, 87
Гришин Е.А., 99, 106
Гришин К.А., 35
Гуо П., 72
Дашкиев Г.Н., 22
Девяткин А.В., 15, 16
Денесюк А.П., 83
Деревянка А.Е., 64
Дженнискенс П., 40, 41
Долгополов А.В., 113
Дугин Н.А., 107
Дягилев Р.А., 41
Егорова Л.А., 43
Ёлкин К.С., 71, 74, 98
Емельяненко В.В., 8, 66
Емельяненко Н.Ю., 18, 30
Емельянов В.А., 71, 74, 77, 98
Епишев В.П., 101
Ерёмин Е.О., 120, 121, 122
Ермаков П.Н., 71
Ершов А.Н., 71
Еселевич М.В., 83, 87
Железнов Н.Б., 38
Жилаев Б.Е., 111
Жуков А.О., 73, 102, 103, 115
Заусаев А.Ф., 20
Захаров А.И., 71, 73, 79, 102, 103, 115
Зиновьев С.В., 16
Ибадинов Х.И., 24
Иванов А.В., 16
Иванов А.Л., 65, 105, 119, 120
Иванов В.А., 65, 105, 119, 120
Иванов В.Н., 96
Иванов Е.А., 29, 88, 107
Иванов Ю.С., 113, 117
Иванова Н.В., 119
Ивашкин В.В., 68, 72
Ивлев О.А., 106
Ипатов С.И., 6
Казанцев Н.В., 67
Калашникова Т.М., 50
Карашевич С.В., 16
Карпов Н.В., 96, 112, 113, 115
Карпов С.В., 29, 88, 107
Карташова А.П., 33
Кастель Г.Р., 38
Каткова Е.В., 29, 88, 101, 107
Ким А.К., 85, 95
Киселев Н., 55, 63
Киселев Н.Н., 112, 113, 114
Кислицкий М.И., 74
Класс Е.В., 110
Клунко Е.В., 83
Клянчин А.И., 57
Кокина Е.Д., 84
Кокина Т.Н., 84
Колесников С.Н., 113
Колесса А.Е., 82, 96, 99
Комарова Е.С., 36
Комбаев Т.Ш., 109
Коновалова Н.А., 56
Коноплев А.О., 99
Коробцев И.В., 87
Костюк Н.Д., 97
Кохирова Г.И., 11, 31
Кочетова О.М., 38
Крайнов А.М., 109
Краминцев А.П., 44
Крахмальный И.О., 120, 121, 122
Кривоконева Г.К., 46
Крючков С.В., 16, 116
Кудак В.И., 101
Кузнецов В.Б., 26, 38
Кузнецова Ю.Г., 57
Кулешов Ю.П., 71
Кулик И.В., 57
Куликова Н.В., 13
Куприянов В.В., 16, 75, 104
Купрянов В.В., 84
Кушнарев Д.С., 83
Лан А., 68
Ларин А.В., 102
Лебедев В.П., 83
Левкина П.А., 86, 96
Левко Г.В., 75
Ледков А.А., 42
Леонов В.А., 36, 58, 59, 61
Липницкий Ю.М., 46
Литвиненко Е.А., 104
Литвинов И.В., 65, 105
Лотоцкий А.В., 95
Лохин В.В., 43
Лукьянов А.П., 82, 85, 90
Лысенко В.Е., 65, 105, 119, 120
Львов В.Н., 16, 75
Ляшенко А.Ю., 16
Мазуров В.А., 116
Мальцев А.В., 85, 95
Маркелов С.В., 75
Маров М.Я., 6
Мартюшева А.А., 16
Маслов В.В., 98
Медведев А.В., 83
Медведев Ю.Д., 12, 19, 37, 38
Мельников Е.К., 93
Мендоса Д.А., 84
Меркушев Ю.К., 74, 77, 98
Мещеряков С.А., 46
Мисник В.П., 71
Михнев К.Н., 99
Мишина М.Н., 87
Молотов И.Е., 78, 84, 104
Мороженко А.В., 24, 117
Муртазов А.К., 79
Мустафина А.Р., 51
Мхитаров И.Ю., 120
Назирова Р.Р., 42
Наливкин М.А., 66
Нарзиев М., 49, 62
Нароенков С.А., 18, 28, 66, 79
Наумов К.Н., 16
Нефедьев Ю.А., 33
Ниганова Е.Н., 53
Николенко И.В., 16, 26
Новгородцев Д.Д., 106
Новичонок А.О., 35
Носатенко П.Я., 71
Обрубков Ю.В., 31
Овсак А.С., 117
Олейников И.И., 83, 93
Орехова Н.В., 29, 88, 101
Павлов С.А., 83
Перков А.В., 29, 88, 107
Перов Н.И., 48
Петров Н.А., 69
Петрова Н., 16
Пить Н., 63
Подобная Е.Д., 40, 41
Поль В.Г., 80
Попова О., 39
Попова О.П., 40, 41
Приставский Т.Е., 35
Прищепенко А.Б., 69
Прохоров М.Е., 71, 73, 79, 102, 103, 115
Пругло А.В., 85, 95
Пузин В.Б., 26, 46
Равдин С.С., 85, 95
Радченко В.А., 96
Райкунов К.Г., 74
Рахматуллаева Ф., 55, 63
Розенбуш В.К., 55, 112, 113
Романюк Я.О., 57
Русаков В.С., 46
Русов С.А., 16
Рыбнов Ю.С., 40, 41
Рыхлова Л.В., 5, 44, 71, 96
Саванов И.С., 66
Савельев М.И., 45
Сазонов В.С., 70
Сасюк V.V., 107
Сасюк В.В., 29, 88
Саханова А.А., 48
Светцов В., 39
Селая Р., 84
Сергеев А.В., 57, 96, 111, 115, 117
Сергиенко М.В., 32, 34
Серов С.А., 103, 121
Сидоренко В.В., 9
Симонов А.В., 80
Синявский И.И., 117

Скрипниченко П.В., 17, 23, 67	Теребиж В.Ю., 66	Хахинов В.В., 83	Шаховской Д.Н., 113
Слесаренко В.Ю., 16	Терентьева А.К., 64	Холшевников К.В., 69	Шеляков М.А., 63
Соков Е.Н., 16	Тищенко В.И., 13	Хуторовский З.Н., 82	Шематович В.И., 14
Сокова И.А., 16	Томилова И.В., 92	Цекмейстер С.Д., 16, 75	Шефер В.А., 18
Соколов И.В., 57	Третьяк Д.Н., 118	Цельмович В.А., 47	Шор В.А., 38
Соколов Л.Л., 69	Трубецкая И., 39	Чазов В.В., 86, 97	Шпитальник М.Ц., 82
Соколова М.Г., 29, 32, 34	Трушкова Е.А., 91	Чернетенко Ю.А., 8, 19, 38	Шувалов В.В., 39, 40, 41
Стеклов А.Ф., 22, 30	Тумаев Е.Н., 118	Черников П.С., 109	Шугаров А.С., 66, 79
Стеклов Е.А., 22	Тупица Н.К., 99	Чечеткин В.М., 69	Шустов Б.М., 71, 79
Сунгатуллин Р.Х., 47	Убоженко Д., 89	Чубей М.С., 75	Шушпанов А.С., 29, 33
Сухов К.П., 101	Ульянов С.А., 110	Чувашов И.Н., 28, 92	Щербина М. П., 23
Сухов П.П., 87, 101	Уральская В.С., 7	Чурюмов К.И., 22, 30	Эйсмонт Н.А., 42
Тарадий В.К., 5, 111, 113, 115	Усанин В.С., 29	Шавловский В.И., 25	Юрасов В.С., 91
Тарасенко И.В., 99	Усольцева О.А., 41	Шаргородский В.Д., 106	Яковенко Ю.П., 71
Тергоев В.И., 83	Хамроев У.Х., 11	Шаханов А.Е., 109	Яковлев В.А., 38
	Харламов В.А., 40, 41	Шахов Н.И., 102, 115	Якубовский С.В., 94
	Харламов Г.Ю., 120, 121, 122	Шаховский В.В., 110	