

Российская академия наук
Институт динамики геосфер (ИДГ РАН)
Институт геохимии и аналитической химии
им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН)
Комитет по метеоритам РАН
Институт астрономии РАН (ИНАСАН)
Московский государственный университет им.
М.В.Ломоносова (МГУ)
Государственный астрономический институт
им. П.К.Штернберга МГУ
НИИ механики МГУ

Russian Academy of Sciences
Institute of Geospheres Dynamics (RAS)
Vernadsky Institute of Geochemistry and
Analytical Chemistry (RAS)
Committee of Meteorites (RAS)
Institute of Astronomy (RAS)
Lomonosov Moscow State
University (MSU)
Shternberg State Institute
of Astronomy (MSU)
Research Institute of Mechanics (MSU)

International Conference

100 YEARS SINCE TUNGUSKA PHENOMENON:

PAST, PRESENT AND FUTURE

June 26–28, Moscow

ABSTRACTS

Международная Конференция

100 лет ТУНГУССКОМУ ФЕНОМЕНУ:

ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

26–28 июня, Москва

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Moscow

2008

Сборник содержит тезисы докладов конференции “100 лет Тунгусскому феномену: прошлое, настоящее, будущее”, Москва 26-28 июня 2008 г. Доклады, представленные в сборнике, охватывают широкий круг вопросов, связанных с Тунгусским явлением, изучением малых тел солнечной системы и проблемой астероидно-кометной опасности.

Тезисы разделены на три раздела: Тунгусское событие, Малые тела, Кометно-астероидная опасность.

В сборнике публикуются тезисы докладов на английском языке, тексты русскоязычных авторов – на русском и английском (в том виде, в котором представили авторы). Небольшая часть русскоязычных участников конференции не смогла представить английский вариант, и в этих случаях публикуется лишь русский текст.

The book includes abstracts submitted to the conference “100 years since Tunguska phenomenon: Past, present and future”, Moscow, June 26-28, 2008. The abstracts presented in the book embrace a wide field of problems related to the Tunguska phenomenon, studies of small bodies of the solar system, and the problem of hazards due to comets and asteroids.

The abstracts are divided into three sections: Tunguska Event, Small Bodies, Comet-Asteroid Hazard.

The abstracts are published in English, and the texts of Russian-speaking authors – in Russian and in English (in the versions submitted by authors). A small part of Russian-speaking participants could not provide an English version and we publish only Russian variants in these cases.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. ТУНГУССКОЕ СОБЫТИЕ

Section 1. TYNGUSKA EVENT

Современное состояние поиска вещества тунгусского космического тела (<i>В.А. Алексеев</i>) Modern state of search of material of Tunguska cosmic object (<i>V.A. Alekseev</i>)	14
Как найти Тунгусский метеорит? Завещание Кулика – научная программа XXI века (<i>В.А. Алексеев, Н.Г. Алексеева, П.А. Морозов, Л.Н. Логанова</i>) How to search for Tunguska meteorite? Kulik's will is a scientific program of 21st century (<i>V.A. Alekseev, N.G. Alekseeva, P.A. Morozov, L.N. Logunova</i>)	15
Рассеивание материала Тунгусского метеорита (<i>Н.А. Артемьева, В.В. Шувалов</i>) Dispersion of Tunguska projectile (<i>N.A. Artemieva, V.V. Shuvalov</i>)	16 17
Оценка величины метеорной фракции в теле Тунгусского болида (<i>А.В. Багров, Г.Т. Болгова, А.П. Карташова, В.А. Леонов, А.К. Муртазов</i>) Estimation of mass of meteoroid matter in the body of Tuguska fireball (<i>A.V. Bagrov, G.T. Bolgova, A.P. Kartashova, V.A. Leonov, A.K. Murtazov</i>)	18 19
50 лет Комплексной самостоятельной экспедиции (КСЭ) (<i>А.П. Бояркина, Г.Ф. Плеханов</i>) ... Complex Initiative Expedition - 50 (CIE-50) (<i>A.P. Boyarkina, G.F. Plekhanov</i>)	20 21
Развитие пыльно-вихревой модели заключительной стадии падения Тунгусского метеорита (<i>Е.И. Васильев, А.С. Демин</i>) Development of dusty-vortical model of final stage of Tunguska phenomenon (<i>E.I. Vasilev, A.S. Demin</i>)	22 23
Об ограничениях на плотность и скорость Тунгусского тела с учетом эффектов 2-го порядка (<i>А.В. Генк</i>) About limitations for density and velocity of Tunguska meteor with calculations of the 2-d order effects (<i>A.V. Genk</i>)	24 25
Об идентификации кометы Вольфа-1908а и отсутствии влияния Тунгусского взрыва на глобальное потепление (<i>Б.Р. Герман</i>) About identification of a comet of Wolf -1908a and about absence of influence on global warming of explosion on Tunguska (<i>B.R. German</i>)	26 26
Интерпретация пульсаций в Киле и иркутской магнитограммы 1908 г. и новое направление в исследованиях Тунгусского феномена (<i>Б.Р. Герман</i>) Interpretation of pulsations in Kiel both magnetogram from Irkutsk and a new direction in researches of the Tunguska phenomenon (<i>B.R. German</i>)	27 27
Доказательство кометной структуры Тунгусского тела (<i>О.Г. Гладышева</i>) Evidence of comet structure of the Tufuska body (<i>O.G. Gladysheva</i>)	28 29
Геологические вопросы разгадки Тунгусского феномена (<i>Б.Н. Голубов</i>) Geological questions for solution of the Tungus phenomenon (<i>B.N. Golubov</i>)	30 31
Состояние и итоги теоретических исследований феномена Тунгусского метеорита (<i>С.С. Григорян</i>) State and results of theoretical studies of the Tunguska meteorite phenomenon (<i>S.S. Grigorian</i>)	32
Реанимация гипотезы Л.А. Кулика об огненной струе Тунгусского метеорита (<i>Е.В. Дмитриев</i>) Reanimation of a hypothesis of L. A. Kulik about fiery jet the Tungus meteorite (<i>E.V. Dmitriev</i>)	35 36

О необычной эксплозивной структуре вблизи Тунгусского вывала леса (В.А. Дорофеев) ...	37
About an unusual explosive structure near the Tunguska tree fall (V.A. Dorofeev)	38
Физические параметры шлейфа выпадений вещества Тунгусского метеорита в междуречье Тэтэрэ и Южной Чуни (И.К. Дорошин, С.В. Кривяков, Д.В. Яшков)	39
Physical parameters of the fall train of the Tunguska meteorite matter in the territory between the rivers Tetere and South Chunja (I.K. Doroshin, S.V. Krivjakov, D.V. Yashkov)	40
Об интерпретации изотопных сдвигов по C_{13} и C_{14} в торфах района падения Тунгусского метеорита (И.К. Дорошин)	41
On the interpretation of the C_{13} and C_{14} isotope shift in the peatmoss of the Tunguska meteorite impact area (I.K. Doroshin)	42
Траектория и орбита Тунгусского метеорита (И.Т. Зоткин)	43
Trajectory and orbit of Tunguska meteorite (I.T. Zotkin)	43
Об аналитической теории Тунгусского взрыва (С. Ибодов, Ф.С. Ибодов, С.С. Григорян) ...	44
On the analytical theory of the Tunguska explosion (S. Ibadov, F.S. Ibadov, S.S. Grigoryan)	45
Магнитно-ионосферный эффект столкновения Земли с Тунгусским космическим телом (К.Г. Иванов)	46
Magnetoionospherical effects of the Earth-Tungus cosmic body impact (K.G. Ivanov)	46
Вещество Тунгусской кометы в торфе с места катастрофы (Е.М. Колесников, К. Расмуссен)	47
Tunguska comet material in peat from the explosion epicentre (E.M. Kolesnikov, K.L. Rasmussen)	48
Кислотные дожди на месте Тунгусской катастрофы 1908г. (Н.В. Колесникова, Е.М. Колесников, П. Джоаккини, Т. Бёттгер)	49
Acid rains at the 1908 Tunguska explosion site (N.V. Kolesnikova, E.M. Kolesnikov, P. Gioacchini, T. Böttger)	50
Взрыв Тунгусского метеорита и образование вывала леса с учетом градиента скорости ветра (П.Ф. Коротков)	51
The Tunguska meteorite explosion and flattened forest origin with consideration for the wind velocity gradient (P.F. Korotkov)	52
Тунгусское космическое тело в свете новейших эволюционных представлений о ядрах комет (В.А. Кривицкий)	53
Tunguska cosmic object in the light of newest evolutionary ideas about comet nuclei (V.A. Krivitskiy)	53
О природе «светлого пятна» в районе падения Тунгусского метеорита (С.В. Кривяков, Е.В. Хамматова, И.К. Дорошин)	54
About nature of the "Light spot" in the Tunguska meteorite fall area (S.V. Krivjakov, E.V. Khammatova, I.K. Doroshin)	55
О возможном механизме образования Тунгусского вывала (В.М. Кувшинников)	56
Possible mechanism of formation Tungus tree fell (V.M. Kuvshinnikov)	56
Вариации геомагнитного поля, вызванные Тунгусским событием 1908 года (Т.В. Лосева, М.Ю. Кузьмичева)	57
Variations of geomagnetic field caused by 1908 Tunguska event (T.V. Losseva, M.Yu. Kuzmicheva)	58

О возможной природе подобия геомагнитного эффекта Тунгусского метеорита и геомагнитного эффекта (SFE) мощной рентгеновской вспышки (X = 18) 04.11.2003 года (Б.А. Пархомов)	59
About a possible nature of similarity of geomagnetic effect of Tunguska meteorite and geomagnetic effect (SFE) of a powerful x-ray flare (X = 18) of 04.11.2003 (V.A. Parkhomov) ...	60
Парадоксы Тунгусского метеорита (Г.Ф. Плеханов)	61
Paradoxes of Tungus meteorite (G.F. Plekhanov)	62
Структура вывала леса, вызванного Тунгусской катастрофой 1908 г. (Г.Ф. Плеханов)	63
Structure of the forest fall caused by the Tungus Catastrophe in 1908 (G.F. Plekhanov)	64
Глобальные атмосферные эффекты лета 1908 года (В.А. Ромейко)	65
Global atmospheric phenomena of summer 1908 (V.A. Romejko)	
Удар Тунгусского космического тела: факты, модели, интерпретация наблюдений (В.В. Светцов)	66
Impact of Tunguska cosmic object: Facts, models, understanding of observations (V.V. Svetsov)	67
Механический эффект Тунгусского взрыва: вывал леса, землетрясение, оценки энергии (В.В. Светцов)	68
Mechanical effect of Tunguska airburst: Tree fall, earthquake, energy estimates (V.V. Svetsov)	69
Моделирование разрушения лесного массива ударной волной, вызванной падением крупного космического тела (В.В. Ситник)	70
Modeling of forest destruction with a shock wave, due to the fall of the large cosmic body (V.V. Simik)	71
Движение Тунгусского космического тела в атмосфере Земли: окончательное решение (В.П. Стулов)	72
Tunguska cosmic body motion in the Earth's atmosphere: final decision (V.P. Stulov)	72
Проблема Тунгусского метеорита в канун 100-летней годовщины его падения (Аэротермобаллистика болидов) (Г.А. Тирский)	73
The problem of Tunguska meteorite on the eve of its fall centenary (Aerothermoballistics of bolides) (G.A. Tirskiy)	74
Метеорные взрывы в атмосфере Земли (В.В. Шувалов)	75
Aerial bursts in the Earth's atmosphere (V.V. Shuvalov)	76
Траектория Тунгусского космического тела по показаниям очевидцев (Л.Е. Эпикетова)	77
Trajectory of Tunguska Cosmic Body on the basis of witness testimonies (L.E. Epiketova)	79
Chemical signature of the Tunguska Event in Greenland Ice (M. Baillie)	80
New Simulations Suggest that Tunguska Yield has been Overestimated (M.B.E. Boslough, D.A. Crawford)	81
Numerical simulations of low-velocity impacts into weak soils: implications for the formation of Lake Cheko (G.S. Collins)	82
Lake Cheko: a crater left by a fragment of the Tunguska Cosmic Body (L. Gasperini, E. Bonatti, G. Longo)	83
Discovery of PGEs and other elements anomalies near the 1908 Tunguska explosion site (Quanlin Hou, Liewen Xie, E.M. Kolesnikov, N.V. Kolesnikova, Qing Liu)	84

Geochemical studies of spherules from the Tunguska site (<i>C. Koeberl, B.P. Glass, F. Brandstätter, M. Chaussidon</i>)	85
The new map of the Tunguska tree fall (<i>G. Longo, M. Di Martino, G.V. Andreev, J.F. Anfinogenov, L.I. Budaeva, E. Kovrigin</i>)	86
The Tunguska Object, Comet Encke and the Taurids (<i>P. McCafferty</i>)	87
100 years of the Tunguska Phenomenon and Russian-German cooperation (<i>G. Polzer</i>)	87
A CO ₂ -plume over the Tunguska area in the days after the 1908 impact (<i>K.L. Rasmussen, P. Ditlevsen, F. Praëm-Larsen</i>)	88
2D and 3D visualization of the Tunguska central area (<i>C.A. Volpicelli, M. Di Martino, G. Longo, R. Serra</i>)	90
Раздел 2. МАЛЫЕ ТЕЛА	
Section 2. SMAL BODIES	
Математическое моделирование движения астероидов на основе методов Адамса с переменным шагом (<i>В.В. Абрамов</i>)	92
Mathematical modeling of the asteroids motion based on Adams methods with a variable step size (<i>V.V. Abramov</i>)	93
Моделирование потоков астероидов, сближающихся с планетами (<i>Е.С. Баканас, С.А. Нароенков</i>)	94
The modelling of asteroid streams approaching with planets (<i>E.S. Bakanas, S.A. Naroenkov</i>)	94
О наблюдениях тел с размерами Тунгусского метеорита в некоторых метеорных потоках (<i>С.И. Барабанов, Е.С. Баканас</i>)	95
About observations of bodies with the sizes of the Tunguska meteorite in some meteoric streams (<i>S.I. Barabanov, E.S. Bakanas</i>)	95
Микрометеориты из ледникового щита Новой Земли (<i>Д.Д. Бадюков</i>)	96
Micrometeorites from the Glacier Sheet of the Novaya Zemlya (<i>D.D. Badjukov</i>)	97
Моделирование движения фрагментов разрушенного метеороида. Оценка расстояния разлета (<i>Н.Г. Барри</i>)	98
Modeling of the movement of meteoroid fragments. An estimation of separation distance (<i>N.G. Barri</i>)	99
Астероиды и кометы из облака Оорта в околоземном пространстве (<i>Е.Е. Бирюков</i>)	100
Asteroids and comets from Oort cloud in near-Earth space (<i>E.E. Biryukov</i>)	101
Долгосрочные численные теории движения комет (<i>Ю.С. Бондаренко, Ю.Д. Медведев</i>)	102
Long-term numerical theories of cometary motions (<i>Yu.S. Bondarenko, Yu.D. Medvedev</i>)	102
Поляриметрия кометы 73P/Швассманна-Вахманна (<i>С.Ф. Величко, Ф.П. Величко</i>)	103
Polarimetry of comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3 (<i>S.F. Velichko, F.P. Velichko</i>)	104
Проект Вера – первые прямые исследования околокометного пространства (<i>М.И. Веригин</i>)	105
VEGA mission: first in situ studies of near cometary space (<i>M.I. Verigin</i>)	106
Происхождение астероидов Солнечной системы (<i>А.В. Витязев, Г.В. Печерникова</i>)	107
Origin of asteroids of the Solar system (<i>A.V. Vityazev, G.V. Pechernikova</i>)	108

Исследование движения астероидов, попадающих в сферу тяготения Земли в ближайшие 120 лет (<i>Т.Ю. Галушина</i>)	109
The investigation of motion of the asteroids coming upon gravitation sphere of the Earth in next 120 years (<i>T.Yu. Galushina</i>)	110
Анализ результатов наземных наблюдений метеоров и болидов (<i>М.И. Грицевич</i>)	111
An analysis of results of Earth observations of meteors and fireballs (<i>M.I. Gritsevich</i>)	112
Структурные аспекты разрушения метеоритов различных типов при ударных нагрузках (<i>В.И. Гроховский, А.Ф. Кокорин, С.В. Гладковский</i>)	113
Structural aspects of breakup of meteorites of various types under shock loadings (<i>V.I. Grohovskiy, A.F. Kokorin, S.V. Gladkovskiy</i>)	
Создание банков данных астероидов, сближающихся с Землей (<i>С.С. Денисов</i>)	114
Creation databank of the asteroids which having approaching with Earth (<i>S.S. Denisov</i>)	115
Точное решение задачи о термоупругом разрушении метеороида (<i>Л.А. Егорова, В.В. Лохин</i>)	116
Exact solution of the problem of thermo-elastic breakup of meteoroids (<i>L.A. Egorova, V.V. Lokhin</i>)	
Динамическая эволюция комет из внешней части Солнечной системы в околоземное пространство (<i>В.В. Емельяненко</i>)	117
Dynamical evolution of comets from the outer Solar system to near-Earth space (<i>V.V. Emel'yanenko</i>)	118
Исследование вероятности столкновения астероида с планетой методом Монте-Карло (<i>Н.Б. Железнов</i>)	119
The study of probability of asteroid encounter with a big planet by Monte Carlo method (<i>N.B. Zheleznov</i>)	120
Определение эллипсоидов рассеяния для тел, сближающихся с Землей, и оценка вероятности их столкновения с Землей (<i>А.С. Заботин, Ю.Д. Медведев</i>)	121
Determination of dispersion ellipsoid of parameters orbit for bodies approaching the Earth and their probabilities of a collision with the Earth (<i>A.S. Zabotin, Yu.D. Medvedev</i>)	121
Эволюция орбит астероидов групп Аполлона, Амура, Атона, сближающихся с Землей (<i>А.Ф. Зайцаев</i>)	122
Evolution of the orbits of Apollo, Amour, Aten group asteroids approaching the Earth (<i>A.F. Zausaev</i>)	122
Эволюция орбит короткопериодических комет с 1800 по 2204 гг. (<i>А.А. Зайцаев</i>)	123
Evolution of the orbits of short-period comets from 1800 to 2204 (<i>A.A. Zausaev</i>)	123
Миграция комет на орбиты ОСЗ и вероятности их столкновений с Землей (<i>С.И. Ипатов</i>)	124
Migration of comets into NEO orbits and probabilities of their collisions with the Earth (<i>S.I. Ipatov</i>)	125
Скорости материала, выбрасываемого с кометы при ее столкновении с небесным телом (<i>С.И. Ипатов, М.Ф. А'Херн</i>)	126
Velocities of material ejected from a comet at its collision with a celestial body (<i>S.I. Ipatov, M.F. A'Hearn</i>)	127
Оптические характеристики и уравнение состояния паров вещества космических тел, вторгающихся в атмосферу Земли (<i>И.Б. Косарева</i>)	128
Optical characteristics and equations of state of vapors of cosmic bodies invading the Earth atmosphere (<i>I.B. Kosarev</i>)	129

Эксперимент «Интроскоп» по обнаружению малых небесных тел во внутренних областях Солнечной системы (С.В. Кузин, А.В. Зайцев, В.Д. Кузнецов, В.А. Шор, Б.Д. Яковлев, А.С. Трушин)	130
Experiment 'INTROSCOPE' on discovery of small celestial bodies in the internal part of the Solar system (S.V. Kuzin, A.V. Zaitsev, V.D. Kuznetsov, A.S. Trushin, V.A. Shor, B.D. Yakovlev)	131
Кометы и эволюция метеороидных комплексов (Н.В. Куликова, В.И. Тищенко, Д.А. Калинин)	132
Comets and meteoroid complexes evolution (N.V. Kulikova, V.I. Tishchenko, D.A. Kalinin)	132
Экзотическое вещество в полимиктовых брекчиях HED (К.А. Лоренц)	133
Exotic materials of HED meteorites (C.A. Lorenz)	134
Малые тела: Миграция и следствия (М.Я. Маров)	135
Small bodies: Migration and implications (M.Ya. Marov)	136
О плотности пылевой среды в области Койпера (С.А. Мещеряков)	137
On the density of dust in the Kuiper Belt region (S.A. Meshcheryakov)	137
Учет динамических резонансных эффектов в статистических распределениях орбитальных параметров малых тел Солнечной системы (Б.Р. Муштайлов, В.С. Теплицкая)	138
Accounting dynamic resonance effects in the statistical distributions of orbital parameters of the minor planets of Solar system (B.R. Mushailov, V.S. Teplitskaya)	138
О некоторых общих закономерностях динамической эволюции экзопланет и планет Солнечной системы (Б.Р. Муштайлов, Л.М. Ивановская)	139
About some general regularities of dynamic evolution extra solar planets and Solar system (B.R. Mushailov, L.M. Ivanovskaya)	139
Космическая миссия посещения астероида АПОФИС (В.Г. Польш, М.Б. Мартынов, А.В. Симонов, М.Н. Хайлов)	140
Space mission of visiting of asteroid Apophis (V.G. Pol, M.B. Martynov, A.V. Simonov, M.N. Hailov)	141
О потенциальной точности определения орбиты астероида и ограничивающих её факторах (В.Г. Польш, В.А. Шор)	142
About potential accuracy of the determination of the asteroid's orbit and its limiting factors (V.G. Pol, V.A. Shor)	143
Определение размеров малых метеорных тел (Н.В. Попеленская)	144
The determination of the small meteoric bodies sizes (N.V. Popelenskaya)	145
Спутниковые и наземные наблюдения болидов и суперболидов (О.П. Попова)	146
Satellite and ground based observations of bolides and superbolides (O.P. Popova)	146
Аномально быстрый инфразвук от Витимского болида (Ю.С. Рыбнов, О.П. Попова)	147
Anormally fast infrasound of Vitim bolide (Yu.S. Rybnov, O.P. Popova)	147
Режимы испарения крупных метеоритов в плотных слоях атмосферы планет (В.С. Сазонов)	148
Regimes of evaporation of large meteorites in dense layers of atmospheres of planets (V.S. Sazonov)	148
Новые ограничения на массовую плотность ядер некоторых короткопериодических комет (Ю.А. Снеткова, Ю.П. Филиппов)	149
New restrictions on nucleus mass density of some short-periodic comets (Ju.A. Snetkova, Ju. Philippov)	150

Резонансные орбиты астероидов, сближающихся с Землей (<i>Л.Л. Соколов, А.А. Башиаков</i>)	151
Near Earth objects resonance orbits (<i>L.L. Sokolov, A.A. Bashakov</i>)	151
Расчет плотностей потоков газовой и пылевой фракций внутренней комы кометы 67P/Churyumov—Gerasimenko вблизи перигелия (<i>Ю.П. Филиппов, Ю.А. Снеткова</i>)	152
A calculation of gas and dust flux densities of inner coma for 67P/Churyumov-Gerasimenko in the vicinity of the comet perihelion (<i>Ju.P. Philippov, Ju.A. Snetkova</i>)	153
С какой точностью известна орбита (99942) Апофис и какова вероятность столкновения с ним после 2029 г. (<i>В.А. Шор, О.М. Кочетова, Ю.А. Чернетенко</i>)	154
How precise is our knowledge of (99942) Apophis orbit and what is probability of Apophis collision with the Earth after 2029 (<i>V.A. Shor, O.M. Kochetova, Yu.A. Chernetenko</i>)	155
Исследование обстоятельств падения Витимского болида 2002 года (<i>С.А. Язев, В.С. Антипин</i>)	156
Investigating the circumstances of the 2002 Vitim bolide fall (<i>S.A. Yazev, V.S. Antipin</i>)	157
Fall of the Q2 secondary nucleus of comet Shoemaker-Levy 9 as “the Tunguska meteorite” phenomenon in the jovian atmosphere on 20 July 1994 (<i>K.I. Churyumov, V.G. Kruchynenko, V.V. Kleshchonok, L.S. Chubko</i>)	158
On collision of the copper-aluminium impactor as an artificial meteoroid with the 9P/Tempel 1 nucleus on 4 July 2005 (<i>K.I. Churyumov, V.G. Kruchynenko, L.S. Chubko</i>)	159
Curuçá 1930: a Mini-Tunguska? (<i>Guadalupe Cordero-Tercero, Arcadio Poveda</i>)	160
Light curve and photometrical peculiarities of periodic comet 17P/Holmes (<i>V.S. Filonenko, K.I. Churyumov</i>)	161
Раздел 3. КОМЕТНО-АСТЕРОИДНАЯ ОПАСНОСТЬ	
Section 3. COMET-ASTEROID HAZARD	
Патомский кратер в Восточной Сибири: история изучения и результаты комплексных исследований последних лет (<i>В.С. Антипин, А.Г. Дмитриев, В.И. Воронин, А.М. Федоров, С.А. Язев</i>)	163
The Patom crater in Eastern Siberia: exploration history and recent complex investigation results (<i>V.S. Antipin, A.G. Dmitriev, V.I. Voronin, A.M. Fedorov, S.A. Yazev</i>)	164
Тунгусский метеорит и астероидная опасность (<i>А.В. Багров, А.К. Муртазов, В.И. Фельдман</i>)	165
The Tunguska meteorite and asteroid hazard (<i>A.V. Bagrov, A.K. Murtazov, V.I. Fel'dman</i>)	166
Геологическая и геохимическая роль ударных процессов в эволюции планет и малых тел Солнечной системы (<i>А.Т. Базилевский, О.И. Яковлев</i>)	167
Geological and geochemical role of impact processes in evolution of planets and small bodies of the Solar system (<i>A.T. Basilevsky and O.I. Yakovlev</i>)	168
Моделирование образования уникального Патомского кратера (<i>Ю.К. Бивин, И.В. Симонов</i>)	169
Simulation of the unique Patomskiy crater formation (<i>Yu.K. Bivin and I.V. Simonov</i>)	170
О гипотезе Эдмунда Галлея и признаках импактного происхождения впадины Южного Каспия в плиоцене (<i>Б.Н. Голубов, С.Г. Геворкян</i>)	171
About hypothesis of Edmund Halley and attributes for impact origins of the Southern Caspian Sea basin in Pliocene (<i>B.N. Golubov, S.G. Gevorkjan</i>)	172

Аэробаллистический прогноз районов падения небесных тел типа Тунгусского метеорита (В.А. Дерюгин, В.Н. Дубовик, А.В. Зайцев)	173
The aeroballistic forecast of areas of falls of celestial bodies such as Tunguska meteorite (V.A. Deryugin, V.N. Dubovik, A.V. Zaitsev)	174
Опасность ежедневных «Тунгусских» событий вследствие взрыва ледяной оболочки Каллисто (Э.М. Дробышевский)	175
Threat of every day Tunguska-type events as result of Callisto's ice envelope explosion (E.M. Drobyshevski)	176
Первый активный кометный эксперимент: Тунгуска-1908, Сибирь (Э.М. Дробышевский)	177
The first active cometary experiment: Tunguska-1908, Siberia (E.M. Drobyshevski)	178
Космические телескопы для обнаружения малых опасных небесных тел и определения их параметров движения (В.А. Емельянов)	179
Space telescopes for the small hazardous celestial body detection as well as their motion parameter determination (V.A. Emeljanov)	179
Группа молодых метеоритных кратеров на востоке Московской области (С.Ю. Енгальчев)	180
Group of young meteor craters in the east of Moscow area (Russia) (S.J. Engalychev)	181
Об открытии новых метеоритных кратеров в Ярославской области (Россия) (С.Ю. Енгальчев)	182
About discovery of new meteor craters in the Yaroslavl area (Russia) (S.J. Engalychev)	183
Анализ временных рядов импактных событий исторического прошлого (Н.В. Задонина, К.Г. Леви, С.А. Язев)	184
The analysis of time numbers (lines) of impact events in the historical past (N.V. Zadonina, K.G. Levi, S.A. Yazev)	185
Научно-технические, организационно-правовые и нравственные аспекты обеспечения защиты Земли от астероидно-кометной опасности (А.В. Зайцев, А.А. Клаповский)	186
Scientific and technical, organizational-legal and moral aspects of ensuring defense of the Earth from asteroid-comet dangers (A.V. Zaitsev, A.A. Klapovsky)	187
Международный проект «Цитадель-1» - реальная основа для обеспечения планетарной безопасности (А.В. Зайцев, Д.В. Петров, О.Н. Шубин)	188
The international project «Citadel-1» is a real basis for guarantee of planetary safety (A.V. Zaitsev, D.V. Petrov, O.N. Shubin)	189
О предотвращении возможного столкновения астероида Apophis с Землей (В.В. Ивашкин, К.А. Стихно)	190
On prevention of possible collision of asteroid Apophis with Earth (V.V. Ivashkin, C.A. Stikhno)	191
О возможности повторного взрыва в антиподе места падения крупного метеорита (П.Ф. Коротков)	192
On the possibility of a second explosion in the antipode of a large meteorite falling place (P.F. Korotkov)	192
Экологические и социотехноприродные аспекты астероидно-кометной опасности и защиты от нее (С.В. Кричевский)	193
Ecological and socio-techno-natural aspects of asteroidal-cometary hazard and protection against it (S.V. Krichevsky)	194

Защита от астероидно-кометной опасности как приоритет стратегий деятельности России и мирового сообщества в XXI веке (<i>С.В. Кричевский</i>)	195
Protection against asteroidal-cometary hazard as a priority of activity strategies for Russia and world community in XXI century (<i>S.V. Krichevsky</i>)	196
Биотический кризис позднего плейстоцена – раннего голоцена: космическая катастрофа? (<i>К.Г. Леви</i>)	197
Biological crisis of late Pleistocene - early Holocene: Space catastrophe? (<i>K.G. Levi</i>)	197
Астероидно-кометная опасность: состояние проблемы (<i>Д.Ф. Лупишко</i>)	198
Asteroid-comet hazard: state of the problem (<i>D.F. Lupishko</i>)	199
Концепция перспективного устройства генерации направленного и когерентного гамма-излучения большой мощности как элемента системы защиты Земли от астероидно-кометной опасности (<i>В.Н. Моторин, С.К. Крикалёв</i>)	200
Conception of perspective device for generation of directed and coherent gamma-radiation of high power as an element of the Earth defense system from asteroid and comet hazard (<i>V.N. Motorin, S.K. Krikalev</i>)	201
Поток лунных метеоритов на Землю (<i>М.А. Назаров</i>)	202
The Flux of Lunar Meteorites onto the Earth (<i>M.A. Nazarov</i>)	203
Глобальные вымирания биоты, падения космических тел и геологическая цикличность (<i>Г.В. Печерникова, Д.О. Глазачев, А.В. Витязев</i>)	204
Global mass extinctions of life, impacts and geological cyclicality (<i>G.V. Pechernikova, D.O. Glazachev, A.V. Vityazev</i>)	205
О возможности использования лазерных технологий при решении проблем кометно-астероидной опасности (<i>В.П. Савиных, В.П. Васильев, И.И. Краснорылов</i>)	206
On the possibility of applying laser technologies to solving problems of comet and asteroid impact hazards (<i>V.P. Savinykh, V.P. Vasiliev, I.I. Krasnorylov</i>)	207
Модель нестационарного воздействия концентрированных потоков энергии на опасные для Земли космические объекты с целью их отклонения (<i>В.С. Сазонов</i>)	208
Model of transient action of concentrated energy flux on hazardous for Earth cosmic objects for their diverting (<i>V.S. Sazonov</i>)	208
Возможное использование систем ракетно-космической обороны в составе СПЗ «Цитадель» для нейтрализации ОКО декаметровых масштабов (<i>Б.И. Семенов, В.В. Трекин, А.В. Зайцев</i>)	209
The possible use of missile-space defense systems as part of the «Citadel» Planetary Defense System for neutralizing hazardous space bodies of decameter scale (<i>B.I. Semyonov, V.V. Trekin, A.V. Zaitsev</i>)	210
Предотвращение опасных космических столкновений с помощью ядерных взрывов: возможности и проблемы (<i>В.А. Симоненко</i>)	211
Hazardous impacts prevention with the help of nuclear explosions: opportunities and problems (<i>V.A. Simonenko</i>)	212
Оценки ударного воздействия газового пузыря на астероид (<i>И.В. Симонов</i>)	213
Some estimates of impact on asteroid by a gas cloud (<i>I.V. Simonov</i>)	214
О принципиальной реальности организации противодействия астероидной угрозе (<i>А.В. Симонов, В.Г. Поль, В.А. Шор</i>)	215
On the fundamental reality of the organization of opposition to the asteroid threat (<i>A.V. Simonov, V.G. Pol, V.A. Shor</i>)	216

Обнаружен вещественный след падения кометы в Шатурском районе Московской области (<i>Н.А. Филин</i>)	217
Material evidence of comet falling to the Earth in Shaturskii region (<i>N.A. Filin</i>)	218
Сравнительный анализ ударной и вулканической гипотез массовых вымираний (<i>В.М. Хазинс</i>)	219
Comparative analysis of impact and volcanic hypotheses of the mass extinctions (<i>V.M. Khazins</i>)	220
Первая находка силикаглассов в переходном слое на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Вост. Альпы) (<i>В.А. Цельмович, А.Ф. Грачев, О.А. Корчагин</i>)	221
The first finds of silica glass from the Cretaceous-Paleogene (K/T) boundary clay layer in the Gams stratigraphic sequence, Eastern Alps (<i>V.A. Tselmovich, A.F. Grachev, O.A. Korchagin</i>) ...	222
Топография больших ударных кратеров обратной стороны Луны (<i>М.И. Шпекин, Б.Н. Родионов, Р.А. Ситдикова</i>)	223
Topography of large impact craters of the far side of the Moon (<i>M.I. Shpekin, B.N. Rodionov, R.A. Sitdikova</i>)	224
Проблема астероидно-кометной опасности и Тунгусский феномен (<i>Б.М. Шустов, Л.В. Рыхлова</i>)	225
The asteroid-comet hazard problem and the Tunguska phenomenon (<i>B.M. Shustov, L.V. Rykhlova</i>)	226
Near Earth Objects in the Context of the United Nations (<i>R. Crowther</i>)	227
NASA's Near Earth Object Observation Program – Past, Present and Future (<i>L.N. Johnson</i>)	228
A comprehensive program for countermeasures against potentially hazardous objects (<i>W.F. Huebner, L.N. Johnson</i>)	229
Rim morphology of the Kärđla crater based on reflection seismic and ground penetrating radar investigations (<i>A. Jõełeht, J. Plado</i>)	230
Chinese Near Earth Object Survey (<i>Guangyu Li, Haibin Zhao, Jiexin Yang and Qi Wang</i>)	231
Impact crater statistics, Galactic perturbations and giant comet disintegration (<i>W.M. Napier</i>)	232
Ground penetrating radar imagery of the Estonian meteorite impact sites (<i>J. Plado, A. Jõełeht and U. Preeden</i>)	233
The Chiemgau crater strewn field (Southeast Bavaria, Germany): Evidence of a Holocene large impact event (<i>M.R. Rappenglück, K. Ernstson</i>)	234

Раздел 1. ТУНГУССКОЕ СОБЫТИЕ

Section 1. TYNGUSKA EVENT

В.А. Алексеев

ГНЦ РФ Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований

Прошло столетие с тех пор, как Тунгусское космическое тело (ТКТ) взорвалось в центре в центре сибирской тайги. Его падение признано во всем мире как своеобразный эталон удара космического тела (на памяти человечества датировано произвел вывал леса на площади 2150 кв. км).

Рассмотрим три этапа поиска частиц ТКТ.

1) Л.А. Кулик с 1927 г. безуспешно пытался найти фрагменты ТКТ. В 1938-1939 г. он подвел итог своим работам и наметил дальнейшие исследования Земляничной поляны (на Южном болоте). Это направление мы восприняли как его посмертное завещание. Для этого необходимо провести экспедиционные исследования с применением глубинного георадара нового типа, разработанного в ИЗМИРАНе. Георадар позволяет изучать глубины земли и находить там не магнитные предметы на глубинах до 100 м. В 2007 году нами проведены испытания такого георадара на леднике Эльбруса до глубины 112 м и установлена внутренняя структура ледника Горабаши, найдены пустоты, которые могут быть в мерзлом грунте тайги. Для этой работы мы выбрали цепочку предполагаемых падений фрагментов ТКТ на линии округлых болот (Бублик, Суловская воронка и округлая поверхность Земляничной поляны). Особый интерес представляют более южные округлые острова Южного болота. Выявленный Л.А. Куликом деформированный пенёк в Суловской воронке может быть обработан крупными фрагментами ТКТ, как это произошло при падении Сихотэ-Алиньского метеорита.

2) В послевоенные годы проводились экспедиции под руководством К.П. Флоренского, а также Комплексной Самодетельной Экспедиции (КСЭ), организованной Г.Ф. Плехановым и Н.В. Васильевым. В почвах были найдены оплавленные шарики, в датированных слоях мхов в вечной мерзлоте были найдены геохимические аномалии, предположительно связанные с 1908 годом.

Интерпретация этих результатов встречает определенные трудности. Мы отметили сложность тектонической постройки котловины Кулика сетью перекрестных разломов, на которых произошло землетрясение, вызванное ТКТ. Как показали наши данные, землетрясения приводят к длительной дегазации с обогащением редких земель урана и тория. Может влиять на обогащение мхов аэрозолями извержение вулкана Ксудач 1908 г. и др.

3) Последнее время появились датированные анализы по частицам, внедренным в смолу деревьев, которые Дж. Лонго определил как остатки разрушенного астероида. Алексеев проанализировал в смоле деревьев потоки направленных скоростей частиц и определил их геохимический анализ: Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, Cu, Ti, Fe. Этот состав близок к составу частиц, полученных на аппаратах ВЕГА и ДЖОТТО во время эксперимента их встречи с кометой Галлея в 1986 г. Однако по сравнению с рядом кометы Галлея у нас есть Ti. В процессе исследования образцов кометы Вильда-2 показали состав меди и титана, похожий на состав наших частиц в смоле. Обсуждаются результаты, полученные в проекте Stardust и наших частиц. Отношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}=1.2\cdot 10^{-3}$ на частично ядерный синтез. Определена кометная пыль в янтарях и высказано предположение, что янтари образуются от ударов комет о лесные массивы.

В настоящее время в США и Европе проведена серия экспериментов по изучению комет. Россия имеет, возможно, единственный шанс быть на уровне этих экспериментов, если продолжит поиск вещества Тунгусского космического тела с помощью современных методов исследования.

**Как найти Тунгусский метеорит? Завещание Кулика – научная программа XXI века
(How to search for Tunguska meteorite? Kulik's will is a scientific program of 21st century,
V.A. Alekseev, N.G. Alekseeva, P.A. Morozov, L.N. Logunova)**

В.А. Алексеев^{1,2}, Н.Г. Алексеева², П.А. Морозов¹, Л.Н. Логунова³

¹ ИЗМИРАН, ² ТРИНИТИ, ³ ГПЗ Тунгусский

С момента катастрофы уже прошло сто лет, но до настоящего момента не обнаружено вещество Тунгусского метеорита. Поэтому создаются модели, что все вещество испарилось, рассеялось и улетело.

Взрыв Тунгусского метеорита во всем мире принят как эталон метеоритной и астероидной опасности, но при этом, существуют лишь многочисленные гипотезы о природе явления. В настоящее время только в смоле деревьев найдены частицы, которые можно интерпретировать, как частицы от взрыва Тунгусского метеорита.

До настоящего времени поиски вещества велись исключительно в пределах области вывала деревьев, эпицентра взрыва. Но при взрыве мощности 5-40 мегатонн и на высоте от 5 до 20 км крупные куски ТКТ могли упасть и за пределами эпицентра.

В Москве имеются уникальные приборы, георадары, способные просвечивать землю до глубины 100 м. Эти приборы разработаны сотрудниками ИЗМИРАНА и были нами испытаны в 2007 году на ледниках Эльбруса. Установлена внутренняя структура ледника Гора Баши. Отчет представлен в Академию наук, вице-президенту РАН академику Н.П. Лаверову. Подобная работа была сделана впервые в мире.

С помощью георадаров можно обнаружить куски Тунгусского космического тела, если только они сохранились на глубинах до 100 м.

На территории ГПЗ мы выделяем площадки, где могли бы сохраниться куски Тунгусского космического тела. Эти площадки установлены на основе прежних многочисленных экспедиционных исследований. К числу этих площадок относятся болото Бублик, Сусловская и Клюквенная воронки, расположенные на одной линии, аномалии на островах Южного болота, озеро Чеко (где проводил работы в 1963 году отряд В.А.Кошелева). Исследование Клюквенной воронки, которую выбрал Л.А.Кулик на основании вывала леса, мы воспринимаем как его завещание. Пень, найденный Куликом в Сусловской воронке имел такие же повреждения, как деревья в районе падения Сихотэ-Алиньского метеорита, рядом с которыми находили металлические осколки.

Мы предлагаем провести исследования выбранных площадок в районе эпицентра катастрофы с помощью георадаров новейшего типа. Пора найти Тунгусский метеорит, и решить крупнейшую загадку XX века силами российских специалистов.

Полученные ранее Е.М.Колесниковым и др. данные по обогащению различными элементами и изотопами слоя торфа 1908 года вполне можно объяснить чисто земными причинами. 1. При землетрясении от взрыва имела место дегазация глубинных структур палеовулкана. При любом землетрясении происходит перераспределение летучих элементов в газовой и аэрозольной фазе. Эти элементы отличаются от тугоплавкого вещества траппов. 2. Аэрозоли извержения вулкана Ксудач на Камчатке в 1907 году могли изменить элементный состав выпавший в районе Тунгуски. 3. Современные данные показывают, что большинство комет обогащены дейтерием, в то время как Е.М.Колесников и др. получили обеднение. При дегазации тектонических структур – разломов, грязевых вулканов наблюдается широкий диапазон изотопных аномалий как положительных, так и отрицательных. 4. Обогащение иридием и элементами платиновой группы бывает связанным с вулканической деятельностью. При извержении вулкана Килауеа в аэрозолях были зафиксированы чрезвычайно высокие концентрации иридия. На вулканах Курильских островов происходит формирование современных месторождений рения и элементов платиновой группы.

Таким образом, природа элементных и изотопных аномалий, вероятно, не имеет отношения к Тунгусскому метеориту. Остается искать крупные куски, чтобы установить, что же было на самом деле.

Рассеивание материала Тунгусского метеорита

Н.А. Артемьева, В.В. Шувалов

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия.

E-mail: nata_artemeva@rambler.ru, shuvalov@idg.chph.ras.ru

Наиболее загадочным явлением, связанным с Тунгусским метеоритом, является отсутствие материала ударника вблизи «бабочки». В этой работе мы моделируем развитие плюма Тунгуски, используя 2-3-хмерную программу SOVA, дополненную уравнениями состояния для хондритного материала и воздуха. Мы начинаем с моделирования входа в атмосферу 50-метрового тела со скоростью 18 км/с под углом 45° (что соответствует полной энергии в 10 Мт ТНТ). На высоте 6-8 км, где ударник превращается в струю, состоящую из смеси испаренного-расплавленного хондрита и горячего воздуха, мы интерполируем двумерные распределения на трехмерную сетку (с осью Z, направленной вдоль траектории). В это же время мы трансформируем непрерывное распределение хондритного материала в частицы различного размера, обычно в диапазоне от 1 мкм до 1 мм. Начальная скорость частиц равна скорости газа.

В то время как ударные волны, возникшие при пролете метеорита, достигают поверхности и, взаимодействуя с ней, образует известный вывал леса, горячий след начинает всплывать в атмосфере, увлекая за собой частицы. Ускорение газа и частиц вдоль следа приводит к образованию пузыря примерно через 30-40 с. Затем плюм продолжает расширяться баллистически. Нижняя его часть (ниже 100 км) остается достаточно узкой, в то время как верхняя часть принимает сферическую форму и расширяется до нескольких сотен километров. Через 3-4-минуты частицы и газ начинают двигаться вниз под действием силы тяжести. При этом частицы тормозятся на разных высотах в зависимости от их размера. Нижняя часть плюма становится практически горизонтальной и соответствует границе между сильно и слабо стратифицированной атмосферой (на высоте 100 км). Коллапс плюма вызывает колебания атмосферы и дополнительное радиальное расширение плюма и содержащихся в нем частиц.

Наша модель ясно показывает, что ни один фрагмент разрушившегося метеорита не мог достигнуть поверхности вблизи места удара (точнее, места, где ударная волна достигла поверхности). Вместо этого, весь материал рассеивается на тысячи км вдоль следа, т.е. в направлении, противоположном направлению удара. Выпадение этого материала на поверхность определяется, в конце концов, размером частиц и местными атмосферными условиями.

Данная работа была поддержана РФФИ (проект № 07-06-00026).

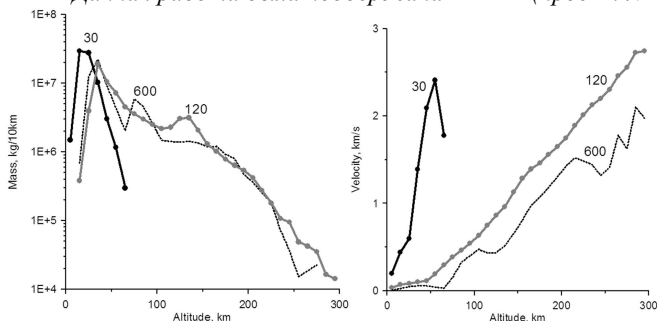


Рис.1 Распределение материала ударника (слева) и его скорости по высоте в разные моменты времени: черная линия – 30 с, серая – 120с, пунктир–600 с.

Dispersion of Tunguska projectile

N.A. Artemieva, V.V. Shuvalov

Institute for Dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia.

E-mail: nata_artemeva@rambler.ru, shuvalov@idg.chph.ras.ru

The most enigmatic effect of Tunguska is an absence of meteoritical material near the impact site. We study Tunguska plume evolution and dispersion of the projectile material, using 2D-3D SOVA code complemented by equations of state for air and chondritic material. We start with 50-m-diameter asteroid entering the Earth's atmosphere with velocity of 20 km/s at 45° (total energy of 10 Mtons). At an altitude of ~6-8 km above the surface, where the projectile is transformed into a vapor-air jet and is totally decelerated, we interpolate all 2D distributions into 3D mesh (with the Z-axis along the trajectory). At the same time moment, continuous distribution of the projectile material is substituted by particles of various sizes (usually in the range from 1 μ m to 1mm). Initial velocity of any particle is equal to local gas velocity.

While shock waves generated during the entry reach the surface and create the forest fallout, hot wake itself is buoyant and begins to accelerate upward, carrying away the particles. Strong material motion along the wake results in formation of a well defined bubble at the moment of about 30–40 s. Further the plume expands ballistically. The lower part of the plume (below 100 km) is quite narrow with diameter of about 20 km, while the upper part is practically spherical and extends to hundreds of km. The downward motion of ejected gas (and particles) begins approximately 3-4 min after the impact. The falling mass is decelerated at different altitudes because of different sizes of re-entering particles. However, the bottom boundary of the falling plume is almost horizontal and is located at an altitude of ~100 km, near the boundary between strongly stratified (below 100 km) and weakly stratified (above 100 km) layers of the Earth's atmosphere. The collapsing plume also compresses atmosphere, initiates its strong oscillations, which lead to additional lateral dispersion of the projectile material.

Our model clearly shows that no one piece of Tunguska “meteorite” strike the surface within the area of “butterfly” fallout. Instead, it was dispersed in uprange direction up to a few thousand km away from the impact site. Its final deposition (and concentration) depends on particle size distribution and on local atmospheric conditions.

Acknowledgement. This work was supported by RFBR (project no. 07-05-00026).

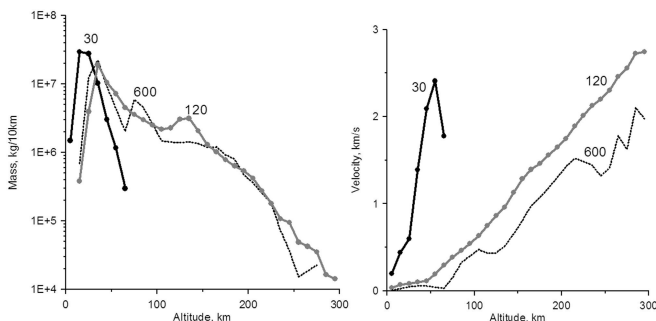


Fig.1 Distribution of the projectile mass (left) and velocity (right) with altitude at various time moments: black line – 30 s; gray line 120 s; dotted line – 600 s.

Оценка величины метеорной фракции в теле Тунгусского болида

А.В. Багров¹, Г.Т. Болгова¹, А.П. Карташова¹, В.А. Леонов¹, А.К. Муртазов²

Институт астрономии РАН¹, Москва, Россия,

e-mail: abagrov@inasan.ru, e-mail: gbolgova@inasan.ru,

e-mail: akartashova@inasan.ru, e-mail: leonov@inasan.ru,

Рязанский ГПУ им. С.А.Есенина², Рязань, Россия, E-mail: akm@ttc.ryazan.ru

Исходя из того, что тело Тунгусского болида являлось осколком кометного ядра, можно оценить массу содержащейся в нем метеорной фракции. После полного распада комет на ее орбите остается множество частиц из тугоплавкого материала, которые образуют поток метеороидов. На Земле наблюдается несколько метеорных потоков, чья связь с родительскими кометами установлена и не подвергаются сомнению. Для пяти комет установлены массы их ядер, составляющие от $5 \cdot 10^{13}$ до $6 \cdot 10^{19}$ кг. Многолетние исследования притока метеорного вещества из таких потоков позволило получить оценку полной массы метеорного вещества. Для потока Персеиды она оценивается в 10^{13} кг. Если предположить, что родительское кометное ядро имело массу, равную средней массе кометных ядер, т.е. $10^{16} \div 10^{17}$ кг, то отношение масс летучей компоненты к тугоплавкой в кометных ядрах составляет от 200 до 2000. Принимая массу Тунгусского тела за $2 \cdot 10^9$ кг, приходим к оценке возможной массы тугоплавкого вещества в нем в $10^7 \div 10^8$ кг, или от 10^4 до 10^5 тонн. Это на 2-3 порядка больше массы Сихотэ-Алиньского метеорита. Все это вещество должно было выпасть на землю, так как кинетическая энергия кометного ядра при движении в атмосфере должна расходоваться на испарение летучей фракции, а тугоплавкие вкрапления должны просто тормозиться почти без потери массы. Даже если предположить, что распределение частиц по массам не сильно отличается от квадратичного, то в области падения Тунгусского метеорита должны были бы выпасть многотонные монолитные тела, что противоречит результатам экспедиционных исследований. Следовательно, кометное происхождение Тунгусского болида выглядит неправдоподобно.

Приведенный подход к оценке массы метеорной фракции в теле Тунгусского болида основан на предположении о кометах как родоначальниках метеорных потоков. Вместе с тем в Солнечной системе наряду с кометными ядрами второго поколения [1], содержащими вкрапления метеоритной материи, должны сохраняться первичные планетезимали, состоящие исключительно из смеси замерзших газов и пыли межзвездного типа. Такое тело после полного испарения летучей составляющей должно оставить не менее 0,1% своей массы в виде пылевых частиц субмикронных размеров, которые не поддаются обнаружению на месте падения. А распыление 100 тысяч тонн пыли по всей территории Земли было бы сопоставимо с годичным притоком метеорной пыли в земную атмосферу, и не могло бы быть обнаружено даже в датированных 1908 годом слоях льда в Антарктиде или других ледников. Поэтому полное отсутствие тугоплавких фрагментов на месте падения Тунгусского метеорита следует отнести к аргументам в пользу его природы как планетезимали первого поколения, то есть первичного протопланетного вещества.

Литература

[1] Багров А.В. Два поколения кометных ядер и наблюдательные различия в последствиях их распада // Околосолнечная Астрономия. Труды конференции. Т. 1. Терскол, 8-13 сент. 2003. Институт астрономии РАН. СПб.: ВВМ, 2003. С. 125-133

Estimation of mass of meteoroid matter in the body of Tunguska fireball

A.V. Bagrov¹, G.T. Bolgova¹, A.P. Kartashova¹, V.A. Leonov¹, A.K. Murtazov²

Institute of Astronomy RAS¹, Moscow, Russia,

e-mail: abagrov@inasan.ru, e-mail: gbolgova@inasan.ru,

e-mail: akartashova@inasan.ru, e-mail: leonov@inasan.ru

Ryazan State Pedagogic University², Ryazan, Russia, E-mail: akm@ttc.ryazan.ru

Supposing that the body of Tunguska fireball was a fragment of comet nuclei, it is possible to estimate total mass of its refractory meteoroid matter. After total decay of comet there are a number of particles on its orbit, that are refractory hard moldings, producing meteoroid stream. In the Earth's atmosphere some meteor showers are observed and connected to parent comets no doubts. For five comets masses of comet nuclei were obtained to be from $5 \cdot 10^{13}$ to $6 \cdot 10^{19}$ kG. Long-time study of the input meteor matter flux allows estimating of total mass in observed meteoroid streams. Particularly, for young and strong Perseids it is believed to be about 10^{13} kG. Supposing that its parent comet had nucleus with common to other comet's mass, it would be about $10^{16} \div 10^{17}$ kG, and the ratio of volatility matter mass to refractory one inside comet nuclei may be from 200 to 2000. As mass of the Tunguska fireball was $2 \cdot 10^9$ kG, we may estimate its possible refractory matter fraction as $10^7 \div 10^8$ kG or from 10^4 to 10^5 tons. This is hundred or thousand times more than the Sikhote-Align meteorite was. All this material has to be fallen on the earth, because the kinetic energy of comet nucleus collision would mostly be spent for evaporating of volatility components when refractory particles would be decelerated without any mass lost. Even if we suppose that mass distribution of refractory fraction did not seriously differ from square law, there would be fallen some tons boulders to the center of the Tunguska explosion. But they were not detected by any of numerous expeditions, so this hypothesis contradicts to reality. So the ordinary comet nucleus does not seem to be an origin of Tunguska Phenomena.

Described above approach to the mass estimation of meteor fraction in the body of Tunguska fireball was based on suggestion that all comets are parent bodies of meteoroid streams. Besides that numerous primary planetesimals that contain exclusively mixture of frozen gases and dust particles similar to interstellar ones have to remain in the Solar system, as well as comet nuclei of the second generation that contain intrusions of meteorite matter [1]. Any primary planetesimals after evaporation of its volatiles has to produce at least 0,1% primary mass remnants in the form of sub-micron dust particles that cannot be detected in the epicenter. Moreover, dispersion of nearly 100 thousand tons of the dust over Earth's surface would be comparative to one-year meteor dust influx to the Earth, so it could not be detected even in Antarctic glaciers or other ones. So the total absence of any refractory fragments of the Tunguska fireball in its explosion epicenter has to be an argument for the Tunguska phenomena nature as hitting of planetesimal of the first generation, i.e. of the primary protoplanetary matter.

References

[1] Bagrov A.V. The two generations of comet nuclei and observable differences in results of their decay. // Near-Earth Astronomy - 2003. Proceedings of conference held on September 8-13, 2003, peak Terskol. // Institute of astronomy RAS - SPb.: 2003. - pp.125-133. (in Russian).

50 лет Комплексной самостоятельной экспедиции (КСЭ)

А.П. Бояркина, Г.Ф. Плеханов

Томский госуниверситет, Россия. Email: a-boyarkina@yandex.ru, G_Plehanov@mail.ru

После экспедиции Комитета по метеоритам (КМЕТ) АН СССР 1958 г. доказавшей отсутствие в районе Тунгусской катастрофы (ТК) кратера, метеорита, не обнаружившей там значительного количества магнетитовых шариков в почвах и официально высказавшей правомерность предположений о воздушном взрыве возникло три группы лиц продолживших ее исследования:

1. Комитет по метеоритам АН СССР (КМЕТ) в 1961 – 62 гг. продолжил искать следы падения гигантского метеорита, не обнаружил их и прекратил дальнейшие полевые исследования. Тогда же начались расчетные работы газодинамиков по обоснованию возможности воздушного взрыва в атмосфере метеорного тела.

2. Сторонники альтернативных гипотез, которые пытались обосновать природу ТК новыми, пока неизвестными в науке закономерностями,

3. КСЭ, поставившая своей целью сбор достоверных фактов о событии, чтобы описать КАК произошла ТК и на этой основе ответить на вопрос: «Что это такое».

Для выявления аномалий по времени события были разосланы запросы в большинство обсерватории мира, что позволило обнаружить геомагнитный эффект ТК, собрать и проанализировать материалы, характеризующие метеорологическую обстановку того времени, провести изучение архивов и газетных публикаций в Томске, Иркутске, Красноярске, Ленинграде, Москве. Провести опросы очевидцев события.

За 50 лет организовано более 60 экспедиций в район ТК и контрольные районы. Проведены следующие виды основных работ, завершившиеся оформлением итоговых документов. (Указаны фамилии только ведущих исполнителей.)

1. Каталог вывала леса (В.Г.Фаст, 1960 – 80 гг.);
2. Каталог пожарных поражений ветвей деревьев, переживших ТК в центре, или «лучистый ожог». (Г.М.Зенкин, А.Г.Ильин, В.А.Воробьев, 1960 – 90 гг.);
3. Каталог морфометрических аномалий сосен. (Л.Г.Плеханова, 1963–78 гг.);
4. Каталог силикатных сферул в торфе (Н.В.Васильев, Ю.А.Львов, 1964 – 80 гг.);
5. Карта последствий пожара 1908 г. (И.К.Дорошин, Н.Г.Абрамов, 1959 – 2006);
6. Карта ускоренного прироста леса (Ю.М.Емельянов, 1960 – 66 гг.);
7. Дополнительные опросы очевидцев (Л.А.Эпикетова, 1959 – 80 гг.);
8. Изотопные исследования торфа (Е.М.Колесников, 1974 – 98 гг.);
9. Термолюминесценция минералов (Б.Ф.Бидюков, 1974 – 98 гг.);
10. Металлометрия и флорометрия (В.К.Журавлев, 1959 – 2006 гг.);
11. Магниторазведка (А.Ф.Ковалевский, 1960 г.);
12. Электроразведка (Ю.А.Гришин 1988 г.);
13. Дана оценка состояния болот центра ТК. (Ю.А.Львов, 1960 – 88 гг.);
14. Поиск кусков метеорита, (Д.Ф.Анфиногенов, И.К.Дорошин, 1965 – 2007 гг.)
15. Радиоактивность района ТК (Е.В.Кириченко, 1959 – 60 гг.)

И еще более 30 частных направлений работ.

В разные периоды времени КСЭ для официализации своего существования выступала как Томские отделения ВГО, ВАГО, Сибирская комиссия по метеоритам и космической пыли, проблемная лаборатория Томского госуниверситета. С такими грифами было издано 14 сборников научных работ, 16 номеров журнала «Тунгусский вестник», более 25 монографий, научно-популярных и художественных книг.

Через КСЭ прошло более 1000 человек, часть из которых связала свою деятельность с наукой. В настоящее время из их числа более 40 человек являются докторами наук, более 70 – кандидатами по различным специальностям.

В 2008 г. стартует КСЭ – 50 с теми же целями.

Complex Initiative Expedition - 50 (CIE-50)

A.P. Boyarkina, G.F. Plekhanov

Tomsk State University, Russia, Email: a-boyarkina@yandex.ru, G_Plekhanov@mail.ru

After the expedition organized by the Committee for meteorites (CMet) under the Academy of Sciences of the USSR in 1958, which proved the absence of the meteorite crater in the region of the Tungus Catastrophe (TC), which did not find a considerable amount of magnetite balls in the soils there, and which officially corroborated the legitimacy of suppositions concerning the air explosion, there emerged 3 groups of people who continued the TC investigations:

1. The Committee for meteorites (CMet) under the Academy of Sciences of the USSR continued during 1961-62 the search of the traces of the gigantic meteorite, but did not find them and stopped further field explorations. At the same time the specialists in gas dynamics began the calculation works in order to substantiate the feasibility of the air explosion of the meteorite body in the atmosphere.

2. The proponents of the alternative hypotheses who tried to substantiate the nature of the TC by the new mechanisms so far unknown to science.

3. The CIE seeking to collect reliable facts about the event in order to describe HOW the TC took place and on this basis to answer the question: "What is it?"

To ascertain the anomalies occurring during the event inquiries were sent to many world observatories, which enabled them to discover a geomagnetic effect of the TC, to collect and analyze the materials which characterized meteorologic conditions at the time, to study the archives and newspaper publications in Tomsk, Irkutsk, Krasnoyarsk, Leningrad, Moscow, to question the witnesses of the event.

During the 50 years more than 60 expeditions went to the TC region and the areas being monitored. Much research work has been accomplished, which has been completed by presentation of the concluding documents. (Only the names of the leading workers are given):

1. Catalogue of the forest fall (V.G. Fast, 1960-80);
2. Catalogue listing the fire damages of trees which had survived the TC in the centre. (G.M. Zenkin, A.G. Ilyin, V.A. Vorobyov, 1960-90);
3. Catalogue of morphometric anomalies on pines (L.G. Plekhanova, 1963-78);
4. Catalogue of silicate spherules in peat (N.V. Vasiliev, Yu.A. Lvov, 1964-80);
5. Map of the fire after-effects (I.K. Doroshin, N.G. Abramov, 1959-2006);
6. Map of rapid forest growth (Yu.M. Emelyanov, 1960-66);
7. Repeated questioning of witnesses (L.A. Epictetova, 1959-80);
8. Isotope studies of peat (E.M. Kolesnikov, 1974-98);
9. Thermoluminescence of minerals (B.F. Bidiukov, 1974-98);
10. Metallometry and florometry (V.K. Zhuravlyov, 1959-2006);
11. Magnetoprospecting (A.F. Kovalevsky, 1960);
12. Electric prospecting (Yu.A. Grishin, 1988);
13. Estimation of the state of marshes in the centre of TC (Yu.A. Lvov, 1960-88);
14. Prospecting of meteorite parts (D.F. Anfinogenov, I.K. Doroshin, 1965-2007);
15. Radioactivity of the TC region (E.V. Kirichenko, 1959-60);

There are still more than 30 of other lines in these investigations. At different periods of time in order to impart the CIE an official status it often appeared on behalf of the Tomsk department of AUGS, AUAGO, the Siberian commission for meteorites and cosmic dust, or as a problem laboratory of Tomsk State University. Under their aegis the CIE published 14 collections of scientific papers, issued 16 numbers of the journal "Tunguski vestnik", more than 25 monographs, popular-science and fiction books.

More than 1000 people had been members of the CIE at different time. In 2008 the CIE-50 is starting with the same targets.

Развитие пыльно-вихревой модели заключительной стадии падения Тунгусского метеорита

Е.И. Васильев, А.С. Демин

Волгоградский госуниверситет, Волгоград, Россия.

E-mail: vasil-ei@vlink.ru, e-mail: compmech@volsu.ru

Стулов В.П. (2006) на основе анализа уноса массы наиболее известных метеорных явлений показал, что известное Тунгусское падение 30 июня 1908 года в сущности было гигантским микрометеором, т.е. тело разрушилось и сгорело в атмосфере, не испытав сколь либо существенного торможения. Отличительной особенностью этого явления был лишь масштаб тела, благодаря которому тело сгорело не в верхних слоях атмосферы (как обычные микрометеоры) а на высоте 10-11 км, т.е. достигло границы тропосферы. Торможение спутной струи из продуктов горения и разрушения тела образовало огромное облако, газодинамическое воздействие которого на поверхность земли и привело к вывалу леса на большой площади.

Узким местом этого сценария является заключительная стадия. Может ли горячее облако достигнуть поверхности земли и вызвать разрушения на той площади и именно той конфигурации, которая имело место в реальности?

Авторы данной работы показывают, что указанные сомнения устраняются, если учесть, что атмосфера в месте падения была в перегретом (т.е. в неустойчивом) состоянии, а облако продуктов горения и разрушения тела имело близкий к единице показатель адиабаты. По сведениям очевидцев можно заключить, что в конце июня 1908 года над Восточной Сибирью располагался обширный антициклон, поэтому тезис о смещении распределения температуры атмосферы в сторону неустойчивости (т.е. о перегреве нижних слоев атмосферы) вполне оправдан. При высоких скоростях полета в следе за интенсивно испаряющимся телом идет обратный процесс конденсации и образования микрочастиц. По этой причине облако продуктов горения правомерно рассматривать как равновесную по скоростям и температуре смесь запыленного газа. Показатель адиабаты такой смеси зависит от концентрации пыли и существенно ниже показателя адиабаты чистого газа.

Рассматривается задача о движении тороидального вихревого облака (вихревого кольца) в атмосфере и последующем его взаимодействии с земной поверхностью. Атмосфера Земли неоднородна и задается распределением температуры по высоте. Полагалось, что в начальный момент вихревое кольцо запыленного газа расположено на высоте 11 км и движется с некоторой начальной скоростью под углом 15° к горизонту. В такой постановке задача является существенно трехмерной.

Численное моделирование осуществлялось 3D-вариантом W-схемы на криволинейной подвижной сетке. Расчеты показали, что:

1. из-за силы тяжести и стратификации атмосферы угол траектории вихревого кольца быстро увеличивается, и оно почти отвесно падает на поверхность земли;
2. при растекании кольца на поверхности образуется интенсивный разбегающийся цилиндрический вихрь (вихревой вал), который является начальной причиной вывала леса, а также порождает интенсивную вертикальную конвекцию в атмосфере;
3. конвекция в атмосфере приводит к образованию вторичного, более сильного воздушного вихревого вала, который играет основную роль по формированию вывала леса наблюдаемой конфигурации, т.е. в форме "бабочки".

Development of dusty-vortical model of final stage of Tunguska phenomenon

E.I. Vasilev, A.S. Demin

Volgograd State University, Volgograd, Russia.

E-mail: vasil-ei@vlink.ru, e-mail: compmech@volsu.ru

Stulov V.P. (2006) has executed the analysis of an ablation of the most known meteoric phenomena and has shown, that known Tunguska phenomenon of June 30, 1908 in effect was a huge micrometeorite, i.e. the body was shattered and has burned down in atmosphere without the essential deceleration. A distinctive feature of this phenomenon was only scale of a body, due to which one the body has burned down not in high layers of atmosphere (as most micrometeorites) and at the altitude 10-11 km, i.e. has achieved boundary of a troposphere. The braking of the combustion products has generated a huge cloud. The impact of this cloud with a surface of the Earth has caused a fall of a forest on the large area.

The weak place of this script is final stage. Whether the hot cloud can achieve a surface of the Earth and cause destruction on that area and specific configuration, which one took place in a reality?

The authors of the given paper show as all doubt are removed, if to take into account, that the atmosphere in an impact area was in overheated (i.e. in unstable) condition, and cloud of combustion products of a body has a specific ration close to unit. The information of the eyewitnesses allows conclude, that at the end of June, 1908 above Eastern Siberia the vast anticyclone placed, therefore thesis about transformation of the vertical temperature distribution of atmosphere to the instability (i.e. about an overheating of the sub-troposphere) has confirmation. At high speeds of flight in a track behind an intensively evaporating body there is an opposite process of condensation and formation of micro-particles. For this reason the cloud of the combustion products may be considered as the equilibrium mixture of dusty gas. The heat ratio of such mixture depends on the dusty concentration and much below heat ratio of a pure gas.

The problem about motion of a toroidal vortical cloud (vortex ring) in atmosphere and its impact with a surface is considered. The atmosphere is non-uniform and was set by distribution of temperature on an altitude. It was supposed that in the initial moment the vortex ring of dusty gas is arranged at the altitude 11 km and goes with some initial velocity bevel way 15° to horizon. In such statement the problem is essentially three-dimensional. The numerical modeling implemented 3D-version of the W-scheme on a curvilinear adaptive grid. The calculations have shown, that:

1. Because of gravity and stratification of atmosphere the trajectory angle of a vortex ring is fast augmenting, and the dusty cloud is falling on a surface of the Earth almost vertical;
2. At a spreading of a ring on a surface the intensive cylindrical vortex (vortical roller) is forming. This vortical roller is an initial reason of a fall of a forest, and it also spawns an intensive vertical convection in atmosphere;
3. The convection in atmosphere results in formation secondary, of more strong air vortical roller, which one plays main role in formation of the observed configuration of a forest fall, i.e. in the "butterfly" shape.

Об ограничениях на плотность и скорость Тунгусского тела с учетом эффектов 2-го порядка

А.В. Генк

СПбГИЭУ (ИНЖЕКОН), С.-Петербург, Россия. E-mail: genk_av@mail.ru

В работе рассматриваются теоретические ограничения на плотность (при заданной скорости) или на скорость (при заданной плотности) Тунгусского космического тела (ТКТ), полученные с учетом взаимодействия взрывной и баллистической ударных волн (эффект 2-го порядка) на основе фактических данных по вывалу леса. При этом под эффектом 1-го порядка понимается общая строгая радиальность и отсутствие полосового вывала леса.

Оригинальная методика оценки результатов этого взаимодействия (который мы и следуем и здесь, и в [1]) была впервые предложена в [2]. Даже если интенсивность баллистической ударной волны была много меньше взрывной и недостаточной для вывала леса, баллистическая волна неизбежно оставляет объективный след в картине вывала, произведенного взрывной волной. Этот след состоит в повороте векторов упавших деревьев, - тем более сильном, чем сильнее баллистическая волна. Поворот будет иметь место отнюдь не везде, а только в двух секторах, симметричных относительно проекции траектории позади эпицентра. Анализ, проведенный в [2] на основе статистической обработки данных азимутов более 30 тыс. упавших деревьев показал, что средний угол систематического отклонения векторов от эпицентра в указанных секторах действительно есть и равен всего лишь 8° .

Если предположить, что взрыв ТКТ и все разрушения в тайге произошли за счет кинетической энергии этого тела, то тогда из известных формул для цилиндрического взрыва можно выразить значение минимально возможной плотности тела (при заданной его скорости): $\rho_{\text{т min}} = 6,86 \cdot 10^{-2} (C_x)^{3/2} (E_{\text{к}}/r^3 a^3) (\Delta P/P)^{-4} v^{-\epsilon}$, где мы ввели эффективный коэффициент ϵ , учитывающий влияние неоднородности атмосферы. По данным [3] и последующих работ величина ϵ может колеблется в пределах 0,05-0,2. Принципиальное отличие наших оценок от [2] и [3] в том, что мы при расчете $\rho_{\text{т min}}$ учитываем эффект 2-го порядка – угол поворота направлений упавших деревьев в вышеуказанных секторах зоны вывала должен быть мал! Как показано в [2], наблюдаемому углу поворота в 8° соответствует давление баллистической волны почти на порядок меньшее, чем ограничение 1-го порядка, т.е. $\Delta P \leq 0,006-0,007 \text{ кг/см}^2$. Именно это значение и следует подставлять в формулу для определения минимальной плотности, что увеличивает оценку $\rho_{\text{т min}}$ в десятки и сотни раз по сравнению с [2,3].

Использование ограничения 1-го порядка ($\Delta P \leq 0,05 \text{ кг/см}^2$) [2,3] в данном случае недопустимо – оно соответствует давлению баллистической волны хотя и меньшему, но близкому к порогу полосового вывала. А это в свою очередь неизбежно ведет к большому ($20^\circ-40^\circ$!) углу поворота направлений упавших деревьев от радиального в указанных секторах, которое *не наблюдается* в действительности. Другими словами, сочетание обычной плотности тела $1-8 \text{ г/см}^3$ с большой скоростью (порядка 30 км/с) - при условии взрыва за счет его кинетической энергии - *противоречит фактическому материалу* по вывалу. Пролет такого тела на высоте порядка 10 км неизбежно привел бы к углу поворота направлений упавших деревьев (в некоторых областях зоны вывала), *многократно превышающему* наблюдаемый!

Литература

[1] Генк А.В. В сб.: 100 лет Тунгусскому кометному телу. С.-Петербург, 2008. С. 38-45 [2] Золотов А.В. Проблема Тунгусской катастрофы 1908 г. Минск, 1969. [3] Бронштэн В.А. Воздушные волны Тунгусского метеорита // Астрон. вестн. 1969. Т. 3. №4. С. 214-222; Астрон. вестн. 1972. Т. 6. №1. С. 22-28.

About limitations for density and velocity of Tunguska meteor with calculations of the 2-d order effects

A.V. Genk

SPbSEEU (ENGECON) St.-Petersburg, Russia. E-mail: genk_av@mail.ru

Theoretical limitations for density (with fixed velocity) or for velocity (with fixed density) of Tunguska space meteor (TSM) are considerable in this paper. It was received with calculations of explosion and ballistic shock waves interaction (2-d order effect) based on actual dates of forest overturned. In this consideration the 1-t order effect is exact radial direction of the overturned and the lack of ballistic cylindrical forest overturned.

The original estimation method of this interaction results (which we are following here and in [1]) was suggested first in [2]. Even if the intensity of ballistic shock waves was much less than explosion one and it was insufficient for forest overturned, the ballistic shock waves inevitable retaining objective trace in explosion shock waves forest overturned. This trace is turning of overturned trees directions. And this turning will more if the ballistic shock waves will powerful. This turning will take place not in all area, but only in two sectors behind epicenter that is symmetrical to trajectories projection. The analysis (performed in [2] and based on statistical dates processing of more than 30 thousands overturned trees) show, that the average angle of systematic direction divergence from epicenter in marked sectors is actually and it equal only 8° .

We assume now, that explosion of TSM and all destructions in taiga is the result of the kinetic energy transformation. Then it may be expressed the value of minimal meteor density (with fixed velocity) from the well know correlations for cylindrical explosion: $\rho_{\tau \min} = 6,86 \cdot 10^{-2} (C_x)^{3/2} (E_{\kappa} r^3 a^3) (\Delta P/P)^{-4} v \cdot \varepsilon$, where we introduce effective coefficient ε for calculation influence of atmosphere inhomogeneous. The value of ε may change in the range 0,05-0,2 from the dates [3] and another papers. Principle difference of our calculation $\rho_{\tau \min}$ from [2, 3] is that we calculate 2-d order effect – direction divergence angle of overturned trees in marked sectors must be small! As it shown in [2], observed divergence angle (8°) correspond to the pressure of ballistic shock waves almost for the one order less, then 1-t order limitation, i.e. $\Delta P \leq 0,006-0,007 \text{ kg/sm}^2$. Just this value it is necessary to substitute in formula for minimal meteor density, that increases the quantity $\rho_{\tau \min}$ in tens and hundreds to compare with [2, 3].

To use 1-t order limitation ($\Delta P \leq 0,05 \text{ kg/sm}^2$) [2, 3] in this case inadmissible. It corresponds to pressure of ballistic shock waves also less, but near to the border of cylindrical forest overturned. And this inevitable leads to the large ($20^\circ-40^\circ$) angle of turning overturned trees directions in marked sectors, that's no observed in reality. Another words, the combination of real density of meteor ($1-8 \text{ g/sm}^3$) with a large velocity (approximately 30 km/s) - and condition of the only kinetic energy transformation – is contradict to actual dates of forest overturned. The flight of such body on approximately 10 km height inevitable lead to the angle of turning overturned trees (in some marked sectors of overturned trees region) much more real observed!

References

- [1] Genk A.V. In 100 years anniversary of the Tunguska comet's body. St.-Petersburg, 2008. P. 38-45 (in Russian).
- [2] Zolotov A.V. Problem of the Tunguska catastrophe 1908 year. Minsk, 1969 (in Russian).
- [3] Bronshten V.A. Air waves of the Tunguska meteorite // Astronom. vestnik. 1969. V. 3. № 4. P. 214-222; Astronom. vestnik. 1972. V. 6. № 1. P. 22-28 (in Russian).

Об идентификации кометы Вольфа-1908а и отсутствии влияния Тунгусского взрыва на глобальное потепление

Б.Р. Герман

Отдел низких температур и высоких давлений Физико-технического института Академии Наук, Донецк, Украина. E-mail: borisgerman@hotmail.com

Комета Вольфа-1908а была потеряна астрономами в январе 1908 г. Попытку связать её с Тунгусским феноменом предпринял недавно В.Ромейко [1]. Однако следует указать, что объект Вольфа ещё в 1919 г. был однозначно идентифицирован с астероидом 516 Амхерстия [2] и поэтому никак не может иметь отношения к Тунгусскому феномену.

Недавно член-корр. РАН В.Шайдуров [3] выдвинул гипотезу изменения баланса воды в мезосфере в результате Тунгусского взрыва, выдавая её за альтернативу глобальному потеплению из-за парниковых газов и связывая с ростом наблюдений серебристых облаков. Но после Тунгусского взрыва вплоть до 1930-х годов особой активности серебристых облаков не отмечалось, а до 1908 г. они наблюдались даже чаще [4, fig. 15]. При этом потеря синхронности тренда температур в обоих полушариях Земли была отмечена только в первое десятилетие, примыкающее к Тунгусскому взрыву [5]. В остальные 10-летние периоды, с 1884 г. по 1978 г. включительно, подобного нарушения нет. Значит, и нет альтернативного варианта глобального потепления.

About identification of a comet of Wolf -1908a and about absence of influence on global warming of explosion on Tunguska

B.R. German

Department of Low Temperature and High Pressure, Phys.-Tech. Institute Academy of Sciences, Donetsk, Ukraine. E-mail: borisgerman@hotmail.com

Some researchers already considered the comet of Wolf-1908a, lost by astronomers in January, 1908, how source of the Tunguska meteorite. Recently V.Romejko [1] had undertaken such attempt again. However else in 1919 year Wolf's object has been unequivocally identified with an asteroid 516 Amherstia [2].

V.Shajdurov [3] has put forward a hypothesis of change of balance of water in mesosphere as a result of Tunguska-1908 explosion, proposing it as alternative to global warming as a result of increase in greenhouse gases. He wrote that it has correlated with growth of observation of silvery clouds. But after Tunguska-1908 explosion up to 1930th years so much increase of silvery clouds were not marked, and before 1908 year they were observed even more often than in 1908 year [4, fig.15]. Researchers registered a loss of synchronism of change of temperatures in both hemispheres of the Earth only in the first 10-year period after Tunguska-1908 explosion [5]. During other 10-years periods, from 1884 to 1978, similar changes is not present. Therefore no exists alternative variant of global warming 'Tungus-1908'.

References (литература):

- [1] Romeiko V. Ognennaya sleza Faetona. Izdatelstvo Veche, 2006. 177 p. (in Russian).
- [2] Zwick F. Identität des Kometen 1908a (Wolf) mit 516 Amherstia // Astronomische Nachrichten. 1919. № 4990. P. 345.
- [3] Shaidurov V. Atmospheric hypotheses of Earth's global warming. Report № MA-05-15. Univ. of Leicester: Tech. 2005. 8 p.
- [4] German B. Die Loesung des Tunguska Problems(d). ISBN 9783000227394, Freiburg, 2007.
- [5] Turko R. et al. An Analysis of the 1908 Tunguska Meteor Fall // Icarus. 1982. V. 50. P. 1-52.

Интерпретация пульсаций в Киле и иркутской магнитограммы 1908 г. и новое направление в исследованиях Тунгусского феномена

Б.Р. Герман

Отдел низких температур и высоких давлений Физико-технического института Академии Наук, Донецк, Украина. E-mail: borisgerman@hotmail.com

Расчёты показали, что странные магнитные пульсации, регистрировавшиеся в г.Киле 29-30 июня 1908 г. проф. Л. Вебером [1], хорошо объясняются инфразвуковыми волнами, исходящими из эпицентра будущего взрыва на Тунгуске. Аналогично, характерные изменения на иркутской магнитограмме соответствует приходу пакета рэлеевских поверхностных волн из Куликовского эпицентра, которые имели вертикальную составляющую и также могли инициироваться инфразвуком [2, s.38] .

В завершении доклада я хотел бы обратить внимание исследователей, что параметры (масса, высота) и время продвижения к Тунгуске атмосферного фронта (маскона), возможно, возникшего в области лунной тени во время солнечного затмения 28 июня 1908 г. [2, s.29], соответствуют высоте (8,5 км) и времени взрыва, полученным до сих пор для потенциального космического болида. Вероятно, следует продолжить научные изыскания и моделирование в этом направлении.

Interpretation of pulsations in Kiel both magnetogram from Irkutsk and a new direction in researches of the Tunguska phenomenon

B.R. German

Department of Low Temperature and High Pressure, Phys.-Tech. Institute Academy of Sciences, Donetsk, Ukraine. E-mail: borisgerman@hotmail.com

Calculations have shown, that the strange magnetic pulsations, which registered in Kiel 29-30 June, 1908 by prof. L. Weber [1], correlated with the infrasonic waves which are starting in an epicentre of the future explosion on Tunguska. In a similar way, characteristic variations on magnetogram from Irkutsk conforms to arrival of a surface Rayleigh waves from an epicentre which also are correlating with an infrasound. The vertical component of these waves was the reason of registration of a magnetic substorm in Irkutsk [2, s.38].

In end of the report I would like to pay attention, that parameters (weight, height) and time of move to Siberia of atmospheric front (i.e. mascon - concentration of masses), which probably arisen in the area of a lunar shadow during a solar eclipse on June, 28th, 1908 [2, s.29], correspond to height (8,5 km) and to time of explosion of potential cosmic Tunguska bolid. Possibly, it is necessary to continue scientific researches and a modelling in this direction.

References (литература)

- [1] Weber L. Astronomische Nachrichten. 1908. Band 178. P. 23.
- [2] German B. Die Lösung des Tunguska-1908 Problems. ISBN 9783000227394, Freiburg, 2007.

Доказательство кометной структуры Тунгусского тела

О.Г. Гладышева

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Olga.Gladyшева@pop.ioffe.ru

Изотопный анализ торфяных отложений, проведенный Львовым и Колесниковым с соавторами, показал, что в слоях торфа катастрофического времени содержится органика космического происхождения. Обратив внимание на этот факт можно сделать следующие выводы. 1. На поверхность земли опустились фрагменты органического вещества массой $\geq 10^{-3}$ кг. 2. Органическое вещество ТМ обладало следующими свойствами: а) При температурах земной поверхности оно было твердым или достаточно вязким; б) В его состав входили углеводороды; в) Если рассматривать состав элементов, то в органике углерода содержится $< 44\%$; г) Органика разлагалась и усваивалась растениями достаточно долго > 10 лет. Кроме этого обнаружено, что содержание органической компоненты космического тела в торфяных отложениях значительно превышает количество силикатной составляющей, следовательно, органика не соприкасалась с пылевыми частицами. Предлагается модель структуры Тунгусского тела в виде покрытых органикой слипшихся ледяных гранул (размером ~ 100 мкм), имеющих пылевые частицы в качестве ядер. Подобного рода структуры должны были образоваться при постепенном охлаждении протопланетного облака, когда на пылевых частицах конденсируется вода, образуя астрофизический лед, на который в результате дальнейшего охлаждения конденсируются летучие органические вещества, CH_4 , NH_3 , H_2S , CO и т.д. Длительное время на поверхности астрофизического льда эта смесь подвергается облучению, в том числе и ультрафиолетом, бомбардировке потоками частиц, кратковременному разогреву при прохождении, например, ударных волн и т.д., что приводит к полимеризации исходных составляющих. В результате этого и образовалось органическое вещество, являющееся твердым или достаточно вязким при температурах земной поверхности, которое доставило на землю Тунгусское тело. Существование органического вещества на поверхности гранул, которое становится вязким при разогреве, объясняет не только возможность образования достаточно прочных гигантского размера рыхлых структур с плотностью менее 1 г/см^3 , но и особенности разрушения ТМ в земной атмосфере.

Evidence of comet structure of the Tunguska body

Dr. O.G. Gladysheva

Ioffe Physical-Technical Institute,

Olga.Gladysheva@pop.ioffe.ru

Isotopic analyses of peat sediments made by Yu.A. L'vov and E.M. Kolesnikov with colleagues showed that peat levels located at a short distance to the catastrophe time contain interplanetary organic material. From this fact we draw following conclusions. 1) The organic fragments, which had a mass of $\geq 10^{-3}$ kg, reached the earth's surface. 2) The organic composition of the Tunguska body has the following properties: a) Solid or sufficiently viscous for the earth's surface temperatures; b) Carbohydrates were a part of its composition; c) In paying attention to the elemental composition of the organic substance, we can note that it contains less than $< 44\%$ carbon; d) The organics of the space body were decomposed and assimilated by plants for a long period of > 10 years. An interesting peculiarity of the allocation of the Tunguska body remnants on earth's surface is the fact that in peat samples the amount of organic compounds exceeds the amount of dust (silicate) particles many times over. This contradicts the well-known ratio between organic and silicate components in comets and meteorites. It is obvious that dust particles had no direct contact with the organic fragments, otherwise, they would have been retained by viscous organics. The TM structure model as adglutinated ice grains (~ 100 μm in size), covered with organic, having dust particles as their cores, is offered. Such structures could be formed in the initial protoplanetary nebula. Under the reducing temperature, the water vapour started condensing onto the dust particles. During the subsequent temperature decrease, the surface of these that were covered by ice grains became the place for precipitating organic molecules, which existed in the initial nebula and froze such gases as NH_3 , CO_2 , H_2S , and so on. The influence of radiation and thermal processes as well as irradiation by fast neutrons on the transformation of organics on astrophysical ices led to the polymerisation of a simple species. As a result organic substance, which was transported to earth by the Tunguska body, was formed. Using this model we can explain the grouping of separate granules in gigantic bodies (comets), along with the explosive injection of particles and gases as a result of the heating of a space body, as well as the considerable strength of a sufficiently brittle object.

Геологические вопросы разгадки Тунгусского феномена

Б.Н. Голубов

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва. E-mail: bgolubov@mail.ru

Тунгусское событие, зафиксированное 30.06.1908 г., имело характер мощного взрыва и было изначально связано с падением метеорита вблизи г. Стойковича. Но многолетний поиск обломков космического вещества оказался безуспешным. Суждения о месте падения и природе инопланетного тела остаются гипотетичными. В противовес выдвинуты гипотезы о земной природе Тунгусского взрыва в виде землетрясения, выброса из недр горючих газов, разрыва шаровой молнии и т.д. Развязка клубка этих загадок усматривается в решении двух групп геологических вопросов. Первая из них, "космическая", сводится к дилемме: либо остатки Тунгусского метеорита будут найдены вблизи г. Стойковича, либо метеорит здесь не падал и его поиск следует вести в другом месте. Вторая группа вопросов, "земная", ведет к анализу особенностей современной геодинамической активности, а также разгрузки подземных флюидов Тунгусской синеклизы и, наконец, к палеомагнитному анализу сибирских траппов, которые могут хранить память об ударе шаровой молнии.

Увлечательность загадок Тунгусского события привела к угрозе нарушения дикой природы этого края по причине хлынувших сюда туристов, а также геолого-разведочных работ в связи с поисками месторождений углеводородов, сопровождавшихся серией подземных ядерных взрывов в Эвенкии и т.д. В 1985 г. этот район был объявлен Академическим заказником и в 1996 г. реорганизован в Тунгусский государственный заповедник, играющий важную роль в социально-экономической жизни Эвенкии. Характерны призывы к обеспечению радиационной безопасности местного населения, мотивированные тем, что Тунгусский взрыв якобы сопровождался аннигиляцией космического вещества с выделением огромного количества ядерной энергии.

Цель доклада – наметить пути однозначной разгадки Тунгусского феномена, что связано с решением трех задач. Первая из них - оценка методических просчетов в разгадке природы Тунгусского события, которая базируется на данных полевых наблюдений, петрографического анализа горных пород "Камня Джона", спектрального анализа микроскопических частиц самородного железа, анализа органического вещества, содержащегося в образцах этого "Камня". Показано, что за "оплавленные шарики" инопланетного тела были приняты мелкие сферолиты кварцевого состава, характерные для вулканогенных пород региона. Повышенное содержание Br, Zn, Pb, Hg, Na, Au, Mo, Rb, Co и других элементов в слое торфа полностью соответствует набору элементов земной коры. Это опровергает мнение о доставке таких элементов из космоса в 1908 г. Выявленную здесь повышенную активность изотопов ^{14}C и ^{39}Ar неправомерно связывать с нейтронным потоком Тунгусского взрыва, поскольку такая точка зрения не учитывает эффекта глобальных выпадений радионуклидов в результате множества испытаний ядерного оружия. Горизонт, маркирующий событие 1908 г., в случае его реальности, должен был бы отчетливо наблюдаться в разрезе почвенного покрова, т.е. поиск этого горизонта необходимо вести путем картирования, а не подсчета "годовых слоев" мохового покрова. Вторая задача сводится к анализу геологических особенностей эпицентра "Тунгусского взрыва" на основе даны полевых наблюдений и дешифрирования космоснимков. Установлено, что кратероподобная форма "эпицентра" соответствует древней перм-триасовой вулкан-плутонической структуре. Третья задача сводится к определению схемы плановых геолого-геофизических, геохимических, а также почвенных и биохимических исследований в эпицентральной зоне предполагаемого места падения Тунгусского метеорита.

Geological questions for solution of the Tungus phenomenon

B.N. Golubov

Institute of Dynamics of Geospheres of the Russian Academy of Science, Moscow.

E-mail: bgolubov@mail.ru

The Tungus event fixed 30.06.1908, had character of powerful explosion and has been initially connected with falling a meteorite near the Stoykovich Mnt. But long-term search of fragments of space substance has appeared unsuccessful. Judgements about a place of falling and the nature of body from another planet remain as hypothesis only. In a counterbalance hypotheses about the terrestrial nature of Tungus explosion in the form of earthquake, emission from depth of natural gases, break of a fireball etc. are put forward. The outcome of a tangle of these riddles is seen in the decision of two groups of geological questions. First of them, "space", is reduced to a dilemma: or the rests of the Tungus meteorite will be found near the Stoykovich Mnt., or the meteorite here did not fall also its search it is necessary to conduct in other place. The second group of questions, "terrestrial", conducts to the analysis of features of modern geodynamic activity, and also unloading of underground fluids of Tungus depression and, at last, to paleomagnetic analysis of Siberian traps which can keep memory of fireball impact.

Fascination of riddles of Tungus event has led to threat of infringement of the wild nature of this territory because of the tourists who have rushed here, and also prospecting of hydrocarbon deposits, underground nuclear explosions accompanied by a series in the Evenkyia, etc. In 1985 this area has been declared as Academic Reserve and in 1996 is reorganized in the Tungus National Park playing the important role in social and economic life of the Evenkyia. Appeals to maintenance of radiating safety of local population, founded a motive that Tungus explosion was ostensibly accompanied by annihilation of space substance with allocation of huge quantity of a nuclear energy are characteristic.

The purpose of the report – to plan ways of a unequivocal solution of the Tungus phenomenon that is connected with the decision of three problems. First of them - an estimation of methodical miscalculations in a solution of the nature of Tungus event which is based on the data of field investigations, the petrographic analysis of rocks " John's Stone ", the spectral analysis of microscopic particles of native iron, the analysis of the organic substance containing in samples of this "Stone". It is shown, that for " the melted off small balls of body from another planet" have been accepted fine quartz spherulites, characteristic for volcanic rocks of region. Raised contents of Br, Zn, Pb, Hg, Na, Au, Mo, Rb, Co and other elements in a layer of peat completely corresponds to a set of earth's crust elements. It denies opinion on delivery of such elements from space in 1908. The revealed here high activity of isotopes ^{14}C and ^{39}Ar is wrongful for connecting with a neutron stream of Tungus explosion as such point of view does not consider effect of global fall of radionuclides as a result of tests of the nuclear weapon. The horizon marking event 1908, in case of its reality, should be observed clearly in a section of a soil, i.e. search of this horizon is necessary for conducting by mapping, instead of calculation of " year layers " moss cover. The second problem is reduced to the analysis of geological features of an epicentre " Tungus explosion " on the basis of geological field investigations and decoding of space photos. It is established, that crater like form of "epicentre" corresponds to the ancient Permian-Triassic volcanic-plutonic structure. The third problem is reduced to definition of the scheme of systematic geology-geophysical, geochemical, and also soil and biochemical researches in epicentral zone of a prospective place of falling of the Tungus meteorite.

Состояние и итоги теоретических исследований феномена Тунгусского метеорита*

(State and results of theoretical studies of the Tunguska meteorite phenomenon,

S.S. Grigorian, E-mail: grigor@imec.msu.ru)

С.С. Григорян

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

E-mail: grigor@imec.msu.ru

Положение дел с научными исследованиями проблем, связанных с феноменом падения Тунгусского метеорита, в настоящее время никакими существенными новыми научными событиями не может быть охарактеризовано – после проведения в 2003 году юбилейной научной конференции, посвященной 95-летию события (Москва, ГАИШ, 24-25 июня 2003г.), на которой мной было зафиксировано, что проблему количественного описания процессов, сопровождающих вторжение небесных тел в атмосферы планет и Солнца, в принципиальном отношении следует считать решенной. Это заключение было принято собравшимися на завершающем заседании конференции, - после этого, действительно, ничего принципиально нового сделано не было (об этом свидетельствует и содержание поступивших на нынешнюю юбилейную конференцию докладов). В связи с этим я подтверждаю в настоящем моем докладе это положение дел и в качестве основного содержания тезисов этого доклада воспроизвожу тезисы моего доклада на юбилейной конференции 2003 года, опубликованные в изданном в том же году под моей редакцией сборнике тезисов докладов той конференции.

1. Вопрос приобрел актуальность в связи с «приходом» в область исследования проблемы Тунгусского метеорита специалистов-механиков. После первых, не вполне адекватных попыток разных авторов, мной были выполнены две работы [С.С.Григорян, 1976, 1979], в которых сделаны количественные оценки всех эффектов, сопровождающих движение тела в атмосфере с космическими скоростями, и построена сравнительно простая, доступная пониманию не только узких специалистов, количественная теория явления. Значительно позднее (спустя 17 и 14 лет) эта теория была повторно «построена» американцами [J.N.Hills, M.P.Goda, 1993]. В.А.Бронштен добавил к моей теории учет абляции (испарения) материала метеороида [Бронштен, 1985, 1994], дающий малую поправку к основной динамике. Проблема, таким образом, была в принципе решена.

2. Однако появилась ошибочная теория других американцев [C.F.Chyba, R.J.Thomas, K.J.Zahnle, 1993] для количественного описания Тунгусского события, из которой авторами был сделан вывод об астероидной природе этого феномена. В процессе дискуссии по данной проблеме на очередном симпозиуме, состоявшемся в Москве в 1995 году, профессором Джузеппе Лонго из Болонского университета было предложено провести специальный симпозиум – очную научную «дуэль» - между русскими и американскими учеными по поводу «Тунгуски», которая и состоялась в Болонском университете в 1996 году, на которую, однако, американцы не явились, и им было «засчитано поражение». Я же представил на этом симпозиуме обстоятельный доклад с количественными результатами, решающими вопрос о динамике Тунгусского феномена и подобных ему событий, подтверждающими гипотезу о кометной его

* Из уважения к докладчику и его званию оргкомитет конференции сделал исключение из правил, разрешив представить текст тезисов в расширенном варианте.

природе, а также демонстрирующими в деталях существо и количественную меру ошибок американцев. Этот доклад был позднее опубликован [С.С.Григорян, 1998].

Ныне, кажется, никто из серьезных ученых уже не сомневается в пригодности моей теории к описанию процессов, протекающих при вторжении относительно крупных небесных тел в атмосферу планет, а также и Солнца.

3. В процессе подготовки доклада на симпозиуме в Болонье мной была построена и теория, учитывающая возможные вращательные движения вторгающегося в атмосферу планеты небесного тела, из которой, по проделанным оценкам, следовало, что такие движения могут быть весьма интенсивными и приводить к иному типу разрушения тела – за счет центробежных сил. Таким образом, разрушение может быть двустадийным – сначала за счет разрыва на части метеороида из-за вращательных движений, порождающих в нем критические растягивающие напряжения, затем (ниже в атмосфере) – за счет раздавливания с последующим растеканием в стороны и резким торможением обломков, порождающим «взрывной» эффект в атмосфере.

4. Моя теория была использована для расчета последствий вторжения кометы Шумейкеров-Леви-9 в атмосферу Юпитера в 1994 году, проведенного до самого события [С.С.Григорян, 1994], и ее предсказания впоследствии полностью подтвердились наблюдениями события.

5. Эта теория была применена также и для объяснения поведения комет семейства Крейца при их приближении к Солнцу и дала простые и ясные результаты [С.С.Григорян и др., 1997]. Из них следовало, в частности, что при вторжении небесного тела с размерами, к примеру, порядка размеров кометы Галлея на «поверхности» Солнца возникает возмущение с энергией порядка энергии максимальных по интенсивности вспышек на Солнце.

6. Рядом авторов позднее были предприняты попытки учесть в теории последовательное дробление небесного тела в атмосфере с использованием тех или иных предположений о природе и деталях такого процесса. Все эти попытки являются существенно схематичными, ибо в них постулируется, что на каждом этапе последовательного дробления каждый фрагмент исходного тела делится на одно и то же число одинаковых последующих фрагментов, что, конечно, не может соответствовать действительности. Я полагаю, что процесс последовательного дробления вообще не нужно пытаться описывать детерминистическими «красивыми» теориями, так как в действительности последовательное дробление обусловлено неоднородностью распределения прочности материала в исходном теле, которое, конечно же, носит случайный характер, и поэтому сам этот процесс со всеми его количественными характеристиками тоже будет обладать существенно вероятностными свойствами. Этот вывод очень хорошо демонстрируют имеющиеся материалы визуальных наблюдений разрушения советской космической станции «Мир» и американского челнока «Колумбия» при недавней его аварии в атмосфере Земли.

7. Особо надо отметить появление серии работ разных авторов, в которых «взрыв» метеороида в атмосфере моделируется буквально, т.е. принимается, что в момент быстрого дробления метеороида можно его заменить сжатым газом и далее с помощью ныне хорошо разработанных вычислительных программ рассчитывать поставленную таким образом газодинамическую задачу. Такое моделирование грубо неверно, поскольку процесс деформирования и торможения совокупности обломков, в которую превратился метеороид в результате быстрого дробления, не может быть заменен ее мгновенным превращением в газ – на этот процесс влияют инерционные и

«твердотельные» эффекты при деформировании, растекании и торможении обломков совокупности.

В связи с этим еще раз надо заявить, что детальные расчеты «судьбы» каждого обломка при дроблении, по той или иной схеме, мало интересны – реальный процесс дробления совсем не детерминированный.

В заключение можно заявить, что проблему количественного описания движения, разрушения и торможения вторгающихся в атмосферы планет и Солнца небесных тел (астероидов, комет и т.п.) в принципиальном отношении и в деталях математического моделирования следует считать решенной.

К этому тексту следует лишь добавить, что на настоящую юбилейную конференцию, как и на предыдущую, также представлены как известные научные сообщения, дополняющие деталями картину изученности обстоятельств Тунгусского феномена, так и в заметной мере наукообразные сочинения, - увы, предмет нашей конференции таков, что с «объяснениями» к нему стремится множество дилетантов и плохо образованных людей. И с этим ничего поделать невозможно...

Одно обстоятельство требуется отметить особо: в «корпусе» представленных на эту конференцию докладов значительно возросло число таковых, содержащих результаты численного компьютерного моделирования «взрыва» метеорита путем постановки газодинамической задачи с начальными данными, в которых тело метеорита мгновенно превращается в сжатый газ. Но об этом подходе мной было сказано все, что нужно, уже на прошлой конференции, и моя негативная его оценка, конечно, сохраняется и теперь.

Наконец, я не могу не отметить, что нынешняя юбилейная конференция неоправданно помпезна при ограниченной действительно новой научной составляющей в представленных докладах. Все важное было сказано пять лет тому назад на нормальной, без "помпы", научной конференции, и рядовое космическое событие, каковым является «Тунгусское диво», не заслуживает такого «парада» науки, – оргкомитетом, возглавляемым одним генеральным председателем и восемью (!) сопредседателями, каковым представляется настоящая конференция!

Литература

- Григорян С.С.* К вопросу о природе Тунгусского метеорита // ДАН СССР. 1976. Т. 231. №1. С. 57-60.
- Григорян С.С.* О движении и разрушении метеоритов в атмосферах планет // Космические исследования. 1979. Т.17. №6. С. 875-893.
- Hills J.N., Goda M.P.* The fragmentation of small asteroids in the atmosphere // Astron. J. 1993. V.105. № 3. P. 1114-1144.
- Бронштен В.А.* О динамике разрушения крупных метеороидов // Космические исследования. 1985. Т. 23. №5. С. 797-799.
- Бронштен В.А.* Применение теории Григоряна к расчету дробления гигантских метеороидов // Астрономический вестник. 1994. Т. 28. №2. С. 118-124.
- Chyba C.F., Thomas P.J., Zahnle K.J.* The 1908 Tunguska explosion: Atmospheric disruption of a stony asteroid // Nature. 1993. V. 361. P. 40-44.
- Grigorian S.S.* The cometary nature of the Tunguska meteorite. On the predictive possibilities of mathematical models // Planet. Space Sci. 1998. V.46. № 2/3. P 213-217.
- Григорян С.С.* О столкновении кометы Шумейкеров-Леви-9 с Юпитером в июле 1994 года // Доклады РАН. 1994. Т.338. №6. С. 752-754.
- Григорян С.С., Ибодов Ф.С., Ибадов С.* Об эволюции комет вблизи Солнца: кометы семейства Крейца // Доклады РАН. 1997. Т.354. №2. С. 187-189.

Е.В. Дмитриев

Астрономическое Общество, Москва, Россия, E-mail: evdmitriev@gmail.com

Проведенными исследованиями твердо установлен факт присутствия в почвах эпицентра катастрофы большого количества кометных маркеров – стримергласов [1]. Их появление могло произойти только в результате массированного выпадения кометной пыли, что позволяет считать Тунгусский метеороид обломком ядра эруптивной кометы [2]. Однако сразу возникает вопрос, каким образом кометная пыль осела в эпицентре, а не была вся вынесена в стратосферу восходящими потоками горячего воздуха, нагретого взрывом метеороида? Для решения этой проблемы, было предложено, что космическое тело не было ледяным, а представляло собой ком смерзшегося аэрозоля [2]. Основа кома был мелкозернистый песчаник – алевролит [3], он же и явился источником кометной пыли. Механические свойства такого песчаника таковы, что при достижении разрушающих нагрузок, он, минуя стадию обломков, сразу рассыпается на мелкие частицы [4]. Предложенная модель хорошо объясняет квазимгновенное разрушение Тунгусского тела на высоте 5-10 км, в результате чего образуется сильно нагретое болидное облако аэрозоля, которое, несмотря на высокую температуру, по-видимому, из-за высокой насыщенности воздуха тяжелыми пылевыми частицами, обладало *отрицательной плавучестью*. Подобно пирокластическому потоку, оно, в какой-то мере двигаясь еще по инерции, устремилось вниз и вызвало необычный ожог растительности, который, как утверждал Л.А. Кулик, не свойственен пожарам. И неважно, как образовалось это нагретое облако - от взрыва вулкана или взрыва метеороида - оно будет обладать высоким поражающим воздействием на местность. Здесь уместно вспомнить, как смертоносные пирокластические потоки вулкана Бонпеле в 1902 г. мгновенно погубили 29500 человек (уцелело лишь 2 жителя!). Действие горячего потока аэрозоля в районе Тунгуски не было столь катастрофическим. Это связано, по-видимому, с большей высотой образования облака и сквозным прохождением нижних слоев атмосферы спускающегося к земле потока, что способствовало подмешиванию в него холодного воздуха. Судя по наличию следов повсеместного ожога, температура потока была выше 300 °С. Полное отсутствие в пробах грунта оплавленных или искривленных стримергласов, имеющих температуру размягчения 1400 °С означает, что облако взрыва не могло быть нагрето выше этой температуры. Внешне картина происходящих в атмосфере процессов должна быть схожа с мощным кучевым облаком темно-серого цвета с широкой воронкой как у торнадо, в которой происходило опускание к земле раскаленного аэрозоля. В дальнейшем он растекался широким потоком по местности, обжигая крону и стволы поваленных и стоящих на корню деревьев, наземную растительность и лесную подстилку. Поэтому, в дальнейшем, болидную струю аэрозоля по аналогии с пирокластическими потоками будем называть *болидным потоком аэрозоля (БПА)*. Таким образом, найденный механизм образования БПА подтверждает вердикт Л.А. Кулика, вынесенный всему увиденному в эпицентре катастрофы еще в 1927г. - *«Струю огненной из раскаленных газов и холодных тел метеорит ударил в котловину с ее холмами, тундрой и болотами»*.

Литература

- [1] Дмитриев Е.В. Тунгусский сборник.(2-я ред.). М.: МГДТДиО, 2000. [2] Дмитриев Е.В. Околоземная астрономия – 2005. Казань, 2006. [3] Дмитриев Е. Техника-молодежи. 2006. № 4, 5. [4] Зоткин И.Т., Астрономический календарь на 1990 г. М.: Наука, 1989. *Примечание:* статьи Е.В. Дмитриева размещены на сайте К.А. Хайдарова <http://bourabai.kz/dmitriev/index.htm>.

Reanimation of a hypothesis of L. A. Kulik about fiery jet the Tungus meteorite

E.V. Dmitriev

Astronomical Society, Moscow, Russia, E-mail: evdmitriev@gmail.com

The lead researches firmly established fact of presence in grounds an epicenter of accident of a plenty comet markers – “streamerglasses” [1]. Their occurrence could occur only as a result of the massed loss comet dust that allows considering Tungus meteoroid as a fragment of a kernel erupt comet [2]. However at once there is a question how comet dust has settled in an epicenter, instead of all has been born in a stratosphere by ascending streams of hot air, heated by explosion of meteoroid? For the decision of this problem, it was offered, that the space body was not ice, and represented whom frozen together an aerosols [2]. The basis body was fine-grained sandstone - aleurolite [3], it and was a source of comet dust. Mechanical properties of such sandstone are those that at achievement of ultimate loads, it, passing a stage of fragments, at once were broken on fine particles [4]. The offered model well explains almost instantly destruction of the Tungus body at height of 5-10 km therefore it is formed strongly heated look like meteorite cloud of an aerosol which, despite of a heat, apparently, because of a high saturation of air heavy dust particles, possessed negative buoyancy. Similarly to fiery classical to a stream, it, in any measure moving by inertia, has directed downwards and has caused a unusual burn of vegetation which as approved L. A. Kulik, is not peculiar to fires. And it is unimportant; as it was formed напертое a cloud - from explosion of a volcano or explosion meteoroid - it will possess high amazing influence on district. Here pertinently to recollect, how killing пирокластические streams of volcano Bonpele in 1902 have instantly ruined 29500 person (2 inhabitants have escaped only!). Action of a hot stream of an aerosol in area Tunguska was not so catastrophic. It is connected, apparently, with greater height of formation of a cloud and through passage of the bottom layers of an atmosphere of a stream lowering to the ground that promoted mixing with it of cold air. By presence of traces of a universal burn, the temperature of a stream was above 300 °C. Full absence in tests of a ground melted off or bent “streamerglasses”, having 1400 °C means temperature of a softening, that the cloud of explosion could not be heated above this temperature. Externally the picture of processes occurring in an atmosphere should be similar to a powerful cumulus cloud of dark grey color with wide crater as at a tornado in which there was a lowering to the ground heated an aerosol. In the further it spread a wide stream on district, burning a crone and trunks of the trees tumbled down and costing on a root, ground vegetation and a wood lying. Therefore, in the further, bolides’ jet of an aerosol by analogy with piroclastical streams we shall name bolides’ stream of an aerosol (BSA). Thus, the found mechanism of formation BSA confirms L. A. Kulik's verdict, born to all seen in an epicenter of accident still in 1927r. -«By jet fiery of the heated gases and cold bodies the meteorite has struck in a hollow with its hills, tundra and bogs».

References:

[1] Dmitriev E.V. “Tunguska collection, (2end edition), Moscow, 2000;

[2] Dmitriev E.V. “Near-Earth astronomy -2005” Kazan, 2006;

[3] Dmitriev E. Technics-youth, 2006, № 4 and № 5.

[4] Zotkin I.T. The Astronomical calendar for 1990 - M.: the Science. 1989.

The note: E.V.Dmitriev's clauses are placed on K.A. Khajdarova's site <<http://bourabai.kz/dmitriev/index.htm>>.

Translation in V.A. Prudnikov's edition

О необычной взрывной структуре вблизи Тунгусского вывала леса

В.А. Дорофеев

ФГУП «Урангео», Москва, Россия.

С 1976 по 1979 гг. в междуречье Чуни и Чамбы силами нескольких отрядов велись поиски исландского шпата, в том числе на двух участках в среднем течении ручья Нижняя Дулюшма и в 30–40 км севернее, на узком водоразделе рр. Кимчу и Нижней и Верхней Дулюшм. Один из моих рекогносцировочных маршрутов пролегал вдоль левого борта долины ручья широтного простираения – левого притока Южной Чуни (в нескольких десятках км северо-восточнее эпицентра Тунгусского взрыва) в поле развития сероцветных алеврито-псаммитовых слабосцементированных туффитов раннетриасового возраста, весьма характерных для верхней части стратиграфического разреза корвунчанской свиты. На одном из отрезков маршрута изолиния рельефа на противоположном борту долины образовала характерную извилину. Такой ситуации на местности должен был соответствовать уступ. Но речные террасы для верховий небольших ручьев в этой местности крайне нетипичны. Скорее можно было бы ожидать здесь выход пластового тела магматической породы – долерита или метасоматитов кварц-карбонатного состава. Я обнаружил задернованный уступ, который слагала брекчия – результат мощной эксплозии (взрыва). Брекчия состояла из обломков базальтовой лавы размером от 1 до 10–15 см. Поражало разнообразие окрасок – от серовато-зеленой до фиолетово-бурой, с преобладанием различных оттенков красного цвета. Обломки цементировались гидрохимическим цементом – цеолитом (гейландитом), что также было необычно (для цемента туфов в тех краях характерен анальцит). Брекчия представляла плотную и крепкую породу, судя по уступу, залегающую субгоризонтально. Дальше маршрут пролегал в поле развития этих брекчий, бронирующих пологий водораздел. Через 2–3 км я обнаружил воронку, похожую на кратер, у которого одна стенка разрушена боковой эрозией, так что в плане структура имела вид сектора охватом 300–330 градусов. Диаметр ее по верху составлял 100–150 м, по дну – около 50 м, глубина – несколько десятков метров. На дне воронки я видел ту же брекчию, но обломки здесь достигали 1–1,5 м. На дне был родник, и через узкую горловину разрушенной стенки вытекал ручеек и впадал в основную долину. По периферии структуры я обнаружил несколько выходов кварц-карбонатных метасоматитов, в плане имеющих дугообразную форму, с центром кривизны совпадающим с дном провала. Позднее, в камеральный период, анализируя геофизические материалы, я обнаружил, что полю распространения брекчий, отвечает аномалия магнитного поля высокой интенсивности. Информация о находке содержится в Отчете партии по работам 1978–79 гг., хранящегося в архивах экспедиции “Шпат” и Федеральных фондах. (1) Я не определил даже приблизительно, какова площадь распространения брекчий, но думаю в линейном измерении – более 3 км. Нижняя граница – ранний триас, но верхняя не определена, поскольку датированных отложений, перекрывающих толщу брекчий нет, а мощность современных (голоценовых) отложений незначительна. (2) Взрыв носил, судя по всему, близповерхностный характер, так как в составе брекчий отсутствуют породы довулканического субстрата, как, впрочем, и вмещающие их туффиты. (3) Бросалась в глаза четкая проявленность отрицательной формы рельефа. В геоморфологии существует закономерность: чем древнее структура, тем хуже она выражена в рельефе и наоборот, и поэтому предположение об относительно молодом возрасте структуры не противоречит фактической ситуации. (4) Связь между Тунгусским “метеоритом” и взрывной структурой неясна, но из-за чрезвычайной редкости находки выглядит возможной.

About an unusual explosive structure near the Tunguska tree fall

V.A. Dorofeev

FSUGE "Urango", Moscow, Russia

From 1976 to 1979, several geologic parties searched for Iceland spar in the country between two rivers the Chunya and the Chamba, including two sites: in the middle course of the Nizhnyaya Dulushma stream and, 30–40 km to the north, at a narrow watershed of the Kimchu, Nizhnyaya and Verhnyaya Dulushma rivers. One of my reconnaissance routes passed along a left side of a brook valley with latitudinal stretch, a left confluent of the Yuzhnaya Chunya river (several tens of kilometers to the northeast from the epicenter of the Tunguska explosion). The route run through the field of development of grey-colorful loosely consolidated silt-psammitic tuffites of early Triassic age, very typical for the upper part of a stratigraphic section of the Korvunchana suite. An isoline of relief on the other side of the valley made a distinctive bend at one of the sections of my route. Such situation in locality must be connected with a terrace. But river terraces for upper reaches of small streams are extremely atypical. One could most likely expect to meet there an outcrop of a bedded body of magmatic rocks – dolerite or metasomatic rocks with quartz-carbonate composition. However I found a turf terrace made from a breccia – a result of a powerful explosion. The breccia consisted of debris of basaltic lava from 1 to 10–15 cm in size. I was astonished by a variety of colors from grey-green to violet-brown, with predominance of various hues of red. The debris were consolidated by a chemical cement – zeolite (heulandite), and this was also unusual (because analcime is typical for cements of tuffs at that location). The breccia represented a dense and strong rock, which, judging by the terrace, lied subhorizontally. Further, the route run in the field of development of these breccias consolidating a gently sloping watershed. At a distance of 2–3 km I found a hole similar to a crater which had one wall destroyed by erosion, so that in view from above the structure had a shape of a sector covering 300–330 degrees. Its upper diameter was 100–150 m, the diameter at the bottom was about 50 m, and the depth was about some tens of meters. I saw the same breccia at the slopes and bottom of the crater but the debris reached 1–1.5 m in size there. A spring welled out at the bottom, and a streamlet flowed out through a narrow mouth of the destroyed wall and fell into the main valley. Along the periphery of the structure, I found several outcrops of quartz-carbonate metasomatites, which were bow-shaped in view from above, with a curvature center coinciding with the bottom of the hole. Later, during office studies, analyzing geophysical data, I found that the field of the breccia spreading is associated with a magnetic anomaly of high intensity. The information about this finding is in the Report of the geological party on the works of 1978–1979, which is kept in the archives of expedition “Spar” and in Federal funds. (1) I could not determine, even roughly, the area of breccia spreading, however, I think that it is longer than 3 km in linear dimension. A lower boundary is early Triassic, but the upper one is not determined because there are no dated sediments which would intersect the breccia, and the thickness of modern (Holocene) sediments is minor. (2) The explosion, to all appearances, was of near-surface character, because rocks of pre-volcanic substrate are absent in breccias structure, as well as tuffites embracing them. (3) A clear negative shape of relief was evident. There is a rule in geomorphology: if a structure is older, it is worse expressed in relief, and vice versa. Therefore, the suggestion about a relatively young age of the structure does not contradict the actual situation. (4) Connection between the Tunguska “meteorite” and the explosive structure is unclear, however, it seems quite possible because the finding is extremely uncommon.

Физические параметры шлейфа выпадений вещества Тунгусского метеорита в междуречье Тэтэрэ и Южной Чуни

И.К. Дорошин¹, С.В. Кривяков¹, Д.В. Яшков²

*Томский государственный университет¹, г.Томск, Россия, E-mail dik59@mail.ru
Новосибирский государственный университет², г.Новосибирск, Россия*

Неопределенность фактических параметров шлейфа выпадений вещества ТМ – направление, плотность выпадений, размер частиц, и т.п. привела к необходимости проведения работы, по возможности независимой от этих неопределенностей, и, тем не менее, гарантирующей положительный результат поисков. В частности, решено было провести отбор проб торфа с шагом около 5 км по кругу вокруг эпицентра на расстоянии не менее 80 км. Кроме того, была применена новая методика обработки проб, исключающая продуцирование сферических частиц в процессе обработки. К настоящему времени отработан сектор, составляющий $\frac{3}{4}$ от намеченного, но, несмотря на незавершенность работы, есть необходимость предварительного обсуждения результатов.

Анализ содержания сферических частиц в слоях торфа позволяет выделить район в междуречье р.Тэтэрэ и р.Южная Чуня, подходящий по параметрам к шлейфу выпадений.

1. Ширина области повышенных концентраций шариков около 30 км.
2. Подтверждается двумя пересекающимися шлейф профилями проб.
3. Максимальные концентрации шариков в центре шлейфа, минимальные по краям.
4. Модальный размер частиц на профиле, лежащим ближе к эпицентру, существенно больше значения модального размера частиц из проб более дальнего профиля (11,7 микрон и 9,1 микрон соответственно).
5. Направление сноса от эпицентра В-Ю-В, что соответствует направлению ветров, определенному по пожарным данным.
6. Шарика однотипны по морфологии, что указывает на их единое происхождение.
7. При процедурах, аналогичных шлихованию, отчетливо просматривается большая плотность шариков по сравнению с песчинками кварца.
8. Шлейф подтверждается пробами торфа, отобранными в рамках программы «Шарик» в 1969-1984 годах, в которых можно выделить район в верховьях р.Ванаварки, где имеются повышенные концентрации магнетитовых шариков размером около 30 микрон.

Необходимо проверить найденные шарики на принадлежность к космическому веществу. Трудность состоит в незначительном размере шариков и необходимости проводить многочисленные измерения, в идеале – каждый шарик нужно анализировать отдельно, поскольку среди найденных, вероятно принадлежащих к ТМ, обязательно окажутся фоновые шарики, порождаемыми спорадическими метеорами. Все наши попытки сделать химический анализ шариков, в том числе и с привлечением иностранных фирм, пока успехом не увенчались.

Physical parameters of the fall train of the Tunguska meteorite matter in the territory between the rivers Tetere and South Chunja

I.K. Doroshin¹, S.V. Krivjakov¹, D.V. Yashkov²

Tomsk State University, Tomsk, Russia², E-mail dik59@mail.ru

Novosibirsk state University², Novosibirsk, Russia

Uncertainty of actual parameters of the fall train of TM matter - the direction, density of fall, the size of particles and so on – has lead to necessity of carrying out of such work which would be independent of this uncertainty, if it is possible, but nevertheless guaranteeing positive result of searches. In particular, it was decided to accomplish the sampling of peatmoss with step about 5 km around of the epicentre on distance of not less than 80 km. Moreover the new technique of processing of the samples was applied. It excludes the producing of the spherical particles in the course of processing. By present time we have completed the sector making up $\frac{3}{4}$ from planned. Despite of the incompleteness of the work there is necessity of the preliminary discussion of the obtained results.

The analysis of the spherical particles maintenance in the layers of peatmoss allows to outline the area in the territory between the rivers Tetere and Southern Chunja which is suitable on its parameters to the fall train.

1. The width of the area with the increased concentration of globules is about 30 km.
2. It is confirmed by two profiles of samples crossing the train.
3. The maximal concentration of globules is in the center of the train, the minimal ones are along the edges.
4. The modal size of particles in that profile, which passes more closely to the epicentre, is essentially larger than the modal size of particles from the samples of more remote profile (11,7 micron and 9,1 micron accordingly).
5. The direction of drift from the epicentre is E-S-E. This fact corresponds to the direction of the winds determined from the fire data.
6. Globules have got similar morphology, this suggests their uniform origin.
7. Procedures similar the schliching show the greater density of globules in comparison with grains of quartz.
8. The train is confirmed by the samples of peat collected in the course of the program “Globule” in 1969-1984. Using these samples we can outline the area around the upper Vanavarka-river where there is an increased concentration of magnetite globules having size of about 30 micron.

It is necessary to test the found globules for belonging to the space matter. Difficulty consists in the small size of these globules and the necessity to carry out numerous measurements. It would be quite reasonable to analyze each globule separately, as among found, possibly belonging to TM, globules there are obviously the background ones which were generated by sporadic meteors. All our attempts to make the chemical analysis of globules including appeal to foreign firms have been unsuccessful up till now.

Об интерпретации изотопных сдвигов по C_{13} и C_{14} в торфах района падения Тунгусского метеорита

И.К. Дорошин

Томский государственный университет, г.Томск, Россия, E-mail dik59@mail.ru

Обилие карбонатов в почвах района обуславливает высокую концентрацию их в составе золы торфов. При анализах торфа на содержание C_{13} или C_{14} необходимо либо предварительно освобождаться от углерода почвенных карбонатов, либо учитывать их влияние на результаты измерений и вводить необходимые поправки. Экспериментальное измерение содержания CO_2 в карбонатах золы торфа дало значение 25-30% от исходного веса золы, т.е. содержание C в золе $12/(2*16+12) = 6,8 - 8,2 \%$, что несколько ниже принятой в работе [Дорошин, 2002] теоретической цифры 11%, очевидно из-за наличия в золе прочих, кроме карбоната кальция, минералов.

В работе [Львов, 1984] обсуждаются причины завышения возраста горизонтов торфа, определенного по концентрации C_{14} , и предполагается массированное выпадение на торфяники углерода космического происхождения. Однако такое же «старение» можно получить и за счет внедрения в торф земных почвенных карбонатов. Решение задачи «старения» при привносе в торф дополнительного «древнего» углерода дает уравнение:

$$e^{0,693 (\Delta t / T)} - 1 = \Delta N / N = 0,075 \text{ Мзол} / 0,47 \text{ Мторф} = 0,16 \text{ Мзол/Мторф}$$

где: Δt - мнимое старение; T - период полураспада = 5600; ΔN весовая добавка «древнего» (почвенного) углерода в составе карбонатов; N - исходный вес углерода в органическом волокне торфа; Мзол - масса золы; Мторф - масса торфяного волокна.

Для получения мнимого временного «старения» торфа на 900 лет достаточно внедрить 73% веса зольного вещества от веса чистого торфа, что дает всего 42% зольности природного торфа. Такая и даже большая зольность встречается повсеместно на краях торфяников на глубинах более 40 см.

Аналогично можно решить задачу изотопного смещения по C_{13} при привносе в торф почвенного углерода и получить:

$$\Delta\delta = (\delta_2 - \delta_1) / (m_1/m_2 + 1) = (\delta_2 - \delta_1) / ((M_1/M_2) * 6,27 + 1)$$

где: $\Delta\delta$ - изотопный сдвиг; δ_1, δ_2 - концентрация изотопа C_{13} в $\delta^{13}C_{PDB}$ в торфяном волокне и золе, m_1, m_2 - масса углерода в торфяном волокне и золе соответственно; M_1, M_2 - масса торфяного волокна и золы соответственно.

Для получения изотопного сдвига в +4 единицы [Колесников, 1996] при $\delta_2 = 0$ и $\delta_1 = -28$ необходимо иметь отношение $M_1/M_2 = 1,32$, что дает зольность всего 51%.

Таким образом, все результаты по изотопии углерода, полученные по настоящее время, объясняются естественной зазоленностью торфов в нижних горизонтах.

Литература

1. Дорошин И.К. Об интерпретации данных по изотопии углерода в торфах района падения Тунгусского метеорита // Тунгусский Вестник. 2002. № 15. С 29-30.
2. Львов Ю.А. Углерод в составе Тунгусского метеорита // Метеоритные исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. С. 83-88.
3. Колесников Е.М., Бёттгер Т., Колесникова Н.В., Юнге Ф. Аномалии в изотопном составе углерода и азота торфов района взрыва Тунгусского Космического Тела 1908г. // ДАН. 1996. Т. 347. № 3. С. 378-382.

On the interpretation of the C₁₃ and C₁₄ isotope shift in the peatmoss of the Tunguska meteorite impact area

I.K. Doroshin

Tomsk State University, Tomsk, Russia, E-mail: dik59@mail.ru

Abundance of carbonates in the soil of the Tunguska Meteorite impact area causes their high concentration in the peatmoss ashes. While analyzing the amounts of C₁₃ or C₁₄, one needs to either eliminate the carbon of the soil carbonates, or take its influence into account and make necessary adjustments. Actual measurements of the CO₂ content in the carbonates of peatmoss ashes yield 25-30% of the initial weight of ashes, that corresponds to the C content of $12/(2 \cdot 16 + 12) = 6,8 - 8,2\%$ by weight. This is slightly lower than the theoretical figure of 11% assumed in [Doroshin, 2002], probably due to the presence of other minerals besides calcium carbonate.

[Lvov, 1984] discusses the reasons of overstating the age of peatmoss horizons as determined by the concentration of C₁₄, and conjectures massive fallout of the space-born carbon on the peatlands. However, the same "aging" may be achieved by injecting terrestrial soil carbonates into the peatmoss. The decision of the problem of "aging" by injection of additional "ancient" carbon into the peatmoss yields the following equation:

$$e^{0,693 (\Delta t / T)} - 1 = \Delta N / N = 0,075 \text{Mash} / 0,47 \text{Mpeat} = 0,16 \text{ Mash} / \text{Mpeat},$$

where Δt is the false aging; T is the half-life period = 5600; ΔN is the weight of the added "ancient" (soil) carbon within the carbonates; N is the initial weight of the carbon in the organic matter of the peatmoss; Mash – the weight of the ashes; Mpeat – the weight of the peatmoss material.

In order to obtain a false "aging" of 900 years, it is enough to inject into the pure peatmoss 73% of a cindery substance by weight, that yields just 42% of the ash content in natural peatmoss. Similar and even greater ash content can be found everywhere at edges of the peatlands at depths of 40cm and more. Similarly, it is possible to solve the problem of isotope shift of C₁₃ when introducing soil carbon into the peatmoss, and receive:

$$\Delta \delta = (\delta_2 - \delta_1) / (m_1 / m_2 + 1) = (\delta_2 - \delta_1) / ((M_1 / M_2) * 6,27 + 1),$$

where $\Delta \delta$ is the isotope shift; δ_1, δ_2 – the concentration of isotope C₁₃ in $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ in the peatmoss material and ashes, m_1, m_2 – the weight of carbon in the peatmoss material and ashes accordingly; M_1, M_2 – the weight of a peatmoss material and ashes accordingly.

In order to obtain an isotope shift of +4 units [Kolesnikov, 1996] at $\delta_2 = 0$ и $\delta_1 = -28$ it is necessary to have the ratio $M_1/M_2 = 1,32$, that yields the ash content of only 51%.

Thus, all the results of the carbon isotopism received so far can be explained by the pollution of the bottom peatmoss horizons by natural cinders.

References:

- [1] Doroshin I.K. About interpretation of data of isotopism of carbon in peatmoss of area of falling of the Tungus meteorite // the Tungus Bulletin. 2002. №15. P. 29-30.
- [2] Lvov J.A. Carbon in composition of the Tungus meteorite // Meteoric researches in Siberia. Novosibirsk: Science. 1984. P. 83-88.
- [3] Kolesnikov E.M., Boettger, Kolesnikova N.V., Junge F. Anomalies in isotope composition of carbon and nitrogen of peatmoss of area of explosion of the Tungus Space Body 1908 y. // Reports of the Academy of sciences. 1996. V. 347. №3. P. 378-382.

Траектория и орбита Тунгусского метеорита (Trajectory and orbit of Tunguska meteorite, I.T. Zotkin)

И.Т. Зоткин

*Государственный астрономический институт им. П.К. Штенберга МГУ
им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.*

Определение радианта, т.е. азимута и угловой высоты Тунгусского болида реально может быть осуществлено либо по показаниям очевидцев, либо из анализа векторного поля поваленных ударной волной деревьев. По нашему мнению, в настоящее время движение по земной поверхности разрушительной волны еще детально и убедительно не рассчитано. Модельные опыты дают лишь качественную, хотя и правдоподобную картину. Здесь в основном рассматриваются показания свидетелей события 30 июня 1908 г.

В книге В.А.Бронштэна (2000 г.) «Тунгусский метеорит» и в одноимённой Е.Л.Кринова (1949 г.) приводятся оригинальные показания очевидцев, находящихся на расстоянии в основном до 500 км от места катастрофы ($\varphi = 60,9^\circ$ $\lambda = 101,9^\circ$). Большинство из них имеют геофизический характер (звуки, сотрясения, тепловые эффекты и др.). Характеристики, имеющие позиционное (геодезическое) значение, встречаются редко. Они предельно грубы, допускают различное толкование. Это и является основной причиной появления существенно различных траекторий у разных авторов.

Известны три радикальных варианта азимута траектории: южный $A \approx 192^\circ$, юго-восточный $A \approx 137^\circ$ и восточный $A \approx 100^\circ$. Есть и другие варианты. Однако, общим недостатком являлась привязка расчётов к немногим конкретным указаниям.

Нами был применён метод, хорошо оправдавший себя в случае Сихоте-Алинского падения (1947 г.). Он заключается в построении плоскостей, проходящих через два вектора-направления из данного пункта на эпицентр и какую-либо точку видимой траектории. Была возможность провести около ста таких построений. После этого на ЭВМ путём подбора было определено наиболее вероятное направление оси этого пучка плоскостей. В результате получаются такие значения: $A = 120^\circ$, $h = 20^\circ$, $\sigma = \pm 12^\circ$. Имеется хорошее согласие с формой вывала леса.

Для вычисления орбиты Тунгусского тела, кроме радианта (направления) необходимо знать величину скорости, к сожалению неизвестную. Задавая какие-то разумные значения скорости встречи с Землёй, например, около 30 км/с, можно получить орбиты, характерные для короткопериодических комет, и сближающихся с Землёй астероидов.

Весьма важным является тот факт, что радиант ТКТ с хорошей точностью по положению и дате совпадает с радиантом интенсивного дневного метеорного потока Бета-Акварид, а также с расчётным радиантом кометы Энке.

Об аналитической теории Тунгусского взрыва

С. Ибадов

Институт астрофизики АН Таджикистана, Душанбе, Таджикистан.

E-mail: ibadovsu@yandex.ru

Ф.С. Ибодов

Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, Московский

государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия.

E-mail: mshtf@sai.msu.ru

С.С. Григорян

Институт механики, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,

Москва, Россия. E-mail: grigor@imec.msu.ru

Аналитическая теория Тунгусского взрыва 1908 года, учитывающая аэродинамическое дробление и поперечное расширение дроблёной массы под действием градиента давления на лобовой поверхности космического тела, была развита в 1976-1979 годах. Эта теория была использована также и для количественной оценки событий, происходивших при входе фрагментов ядра кометы Шумейкеров-Леви 9 в атмосферу Юпитера 16-22 июля 1994 года.

В развитие этой теории нами найдены в явном аналитическом виде выражения для скорости движения и торможения дроблёной массы вблизи «взрывной» зоны и закон потери ею кинетической энергии в этой зоне. С помощью полученных соотношений решена задача на экстремум и получены формулы для определения места и величины максимального энерговыделения на траектории движения, а также и другие параметры космического тела при его «взрыве» в атмосферах планет.

Результаты использованы и для исследования «взрыва» ядер солнцезарапающих комет в солнечной атмосфере и связи этого явления с солнечными вспышками. Эти результаты представляют интерес также при изучении природы вспышечной активности молодых звёзд, связанной с прохождением кометоподобных тел через мощные газопылевые оболочки таких звезд.

On the analytical theory of the Tunguska explosion

S. Ibadov

Institute of Astrophysics, Tajik Academy of Sciences, Dushanbe, Tajikistan.

E-mail: ibadovsu@yandex.ru

F.S. Ibodov

Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia.

E-mail: mshif@sai.msu.ru

S.S. Grigoryan

Institute of Mechanics, Moscow State University, Moscow, Russia.

E-mail: grigor@imec.msu.ru

An analytical theory of the 1908 Tynguska explosion, which takes into account the aerodynamic fragmentation and the transverse expansion of the fragmented mass under the action of the pressure gradient on the frontal surface of the cosmic body, was developed in 1976-1979. This theory was also used for quantitative estimation of events occurred at the entry of the fragments of Comet Shoemaker-Levy 9 into the atmosphere of Jupiter on July 16-22, 1994.

To the development of this theory we found expressions for the velocity of motion and deceleration of the fragmented mass near "explosive" zone as well as the law of loss of the kinetic energy of the mass in this zone in the explicit analytical form. Extreme problem is solved using obtained relations and the formulae are obtained for determining the position and the value of the maximum energy release along the trajectory of motion and also other parameters of the "explosion" of cosmic bodies in the atmospheres of planets.

The results are used for investigation of "explosion" of nuclei of sungrazing comets in the solar atmosphere and, besides, the relation of this phenomenon to the solar flares. Also these results are of interest for studying the nature of flare activity of young stars connected with passage of comet-like bodies through dense gas-dust envelopes of such stars.

Магнитно-ионосферный эффект столкновения Земли с Тунгусским космическим телом

К.Г. Иванов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н. В. Пушкова, Троицк, Московская обл. Россия.*

E-mail: kivanov@izmiran.troitsk.ru

Краткий обзор итогов, текущих работ, проблем и перспектив исследования магнитно-ионосферного эффекта столкновения Земли с Тунгусским космическим телом 30 июня 1908 г., полученных с момента открытия эффекта в апреле 1959 г., по разделам: 1) феноменология; 2) интерпретация; 3) моделирование; 4) сопоставление с явлениями при локальных и региональных воздействиях на ионосферу источников естественной и антропогенной природы.

Magnetoionospherical effects of the Earth-Tungus cosmic body impact

K.G. Ivanov

*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism,
Ionosphere, and R. W. Propagation RAN, Troitsk, Moscow Region, Russia.*

E-mail: kivanov@izmiran.troitsk.ru

Some few results and present-day problems in exploring of magnetoionospheric effects of the June 30, 1908 Earth-Tungus Cosmic Body impact are reviewed. Once more we pay attention to their phenomenology, interpretation, simulation, and comparison with others local magnetoionospheric effects, man-made and natural.

Вещество Тунгусской кометы в торфе с места катастрофы

Е.М. Колесников

МГУ им. Ломоносова, 119899 Москва, Россия k_e_m@mail.ru evgenkol@geol.msu.ru

К. Расмуссен

Институт физики и химии, Университет Южной Дании, Оденсе, Дания: klr@ifk.sdu.dk

Главной загадкой уникального взрыва 30 июня 1908г. в Тунгусской тайге является противоречие между очень большой энергией взрыва, эквивалентной 1500 бомб, разрушивших Хиросиму, и отсутствием фрагментов Тунгусского Космического Тела (ТКТ). Это противоречие снимается, если ТКТ было ядром кометы [1]. Оно, как известно, представляет собой смерзшийся конгломерат льдов, состоящий из летучих соединений Н, С, N и О. Но те же элементы содержатся в больших количествах в почве и растениях, поэтому обнаружить следы выпадения кометного вещества на Землю весьма трудно. В кометном ядре имеются также пылевые частицы, близкие по составу к углистым хондритам CI [2] размером, по нашим расчетам [3], всего около 0,5 мкм, которые трудно выделить из почвы и торфа. Мы анализировали колонки торфа *Sphagnum fuscum*, в которых ботаническим методом можно датировать катастрофный слой, выросший в 1908 г. Присутствие кометного вещества в торфе мы предложили фиксировать по изменению изотопного состава легких элементов. Обнаружены изотопные сдвиги у С и Н в околкатастрофных слоях в пяти колонках торфа из эпицентра взрыва. Это точки на местности, обогащенные веществом ТКТ, выпадавшим крайне неоднородно [3-6]. Сдвиги в изотопном составе у углерода составляли $\Delta^{13}\text{C}$ до +4,3 ‰, а у водорода ΔD до –22 ‰. Они оказались противоположны по знаку и не могли быть вызваны земными причинами: выпадением земной минеральной и органической пыли, гумификацией торфа, выделением из земли углеводородных газов и др. Изотопные сдвиги у С и Н обнаружены в катастрофных и околкатастрофных слоях и отсутствуют в верхних и самых нижних слоях колонок торфа, ниже границы вечной мерзлоты в 1908г., а также в контрольных колонках из других районов [4-6]. Космогенный источник изотопных сдвигов подтверждается повышенной концентрацией в тех же слоях иридия и др. платиноидов [7, 8], которые являются прекрасными индикаторами присутствия космического вещества на Земле.

Законсервированный в торфе космический углерод имеет очень тяжелый изотопный состав: от +51‰ до +64 ‰ [3, 6]. Такой углерод отсутствует как на Земле, так и в обычных метеоритах. Он встречается только в отдельных минеральных фазах углистых хондритов CI. Чрезвычайно высокое отношение C/Ir указывает на очень низкое, по сравнению с кометой Галлея, содержание минеральной пыли в Тунгусской комете [9]. Эти результаты хорошо подтверждаются отсутствием дымного следа в показаниях очевидцев. Результаты исследований химического состава ТКТ в торфе [10] также указывают на кометарную природу ТКТ. Вещество ТКТ оказалось обеднено Fe и др. сидерофильными элементами и, напротив, обогащено Si (в 100 раз) и в особенности легколетучими элементами, например, щелочными металлами –Na (в 800 раз!), Li, Rb, Cs и другими летучими элементами – Cu, Zn, Ga, Br, Ag, Sn, Sb, Pb, Bi. Эти особенности химического состава ТКТ не противоречат современным данным о составе комет [1].

Таким образом, резкое увеличение содержания ряда химических, главным образом летучих элементов, как и обнаруженные сдвиги в изотопном составе С и Н, ясно указывают на кометарный источник законсервированного в торфе вещества ТКТ.

[1] Бронштэн В.А., Зоткин И.Т. Астрон. Вестн. 1995. Т.29. №3. С.278-283. [2] Jessberger E.K. et al. In: Comet Nucl. Sample Return Mission // Eur. Space Agency. Proc. Workshop, Canterbury, 1986. P.27-30. [3] Kolesnikov E.M. et al. Isotopes Environ. Health Stud. 1996. V.32. №4. P.347-361. [4] Колесников Е.М., Бёттггер Т., Колесникова Н.В. ДАН. 1995. Т.343. №5. С.669-672. [5] Колесников Е.М., Бёттггер Т. и др. ДАН. 1996. Т.347. №3. С.378-382. [6] Kolesnikov E.M. et al. Planet Space Sci. 1999. V.47. P.905-916. [7] Hou Q., Ma P.X., Kolesnikov E.M. Planet Space Sci. 1998. V.46. № 2-3. P.179-188. [8] Hou Q., Kolesnikov E.M. et al. Planet Space Sci. 2004. V. 52. P.331-340. [9] Rasmussen K.L. et al. Meteoritics Planet. Sci. 1999. V.34. P.891-895. [10] Колесников Е.М. и др. Труды ГИЗ Тунгусский. 2003. С.250-266.

Tunguska comet material in peat from the explosion epicenter

E.M. Kolesnikov

Moscow State University, Moscow, Russia *k_e_m@mail.ru Evgenkol@geol.msu.ru*

K.L. Rasmussen

Institute of Physics and Chemistry, University of Southern Denmark, Odense, Denmark *klr@ifk.sdu.dk*

Main problem of the giant explosion took place on 30th June, 1908, in Tunguska tayga, central Siberia, is discrepancy between high explosion energy equivalent to 1500 Hiroshima bombs and absence of any fragments of the Tunguska cosmic body (TCB). The problem may be resolved if the TCB was a comet core [1]. It is known to be icy conglomerate consisting of volatile compounds of H, C, N, and O frozen together. But the same elements can be found in soil and plants everywhere that is why it is rather difficult to reveal traces of comet material fallen down on Earth. Besides, there are dust particles in the comet core close in its chemical composition to carbonaceous chondrites CI [2]. According to our calculations [3] they are only about 0.5 μm in size that is why it is difficult to extract them from soil and peat. We analyzed *Sphagnum fuscum* peat columns in which the peat layer grown up in 1908 can be dated by botanical method. The presence of the comet material is proposed to show up by change, or shift, of isotopic composition of the light elements. In the nearcatastrophic layers of the five peat columns from the explosion epicenter the shifts in the carbon and hydrogen isotopic composition have been revealed. They represent sites at the explosion area enriched in the TCB material fallen down on Earth highly inhomogeneously [3-6]. The shift of isotopic composition for carbon $\Delta^{13}\text{C}$ was up to +4.3‰ and for hydrogen ΔD up to -22‰. They are opposite in sign and couldn't be caused by the terrestrial processes: fall out of terrestrial mineral and organic dust, humification of peat, emission of hydrocarbon gases from the earth and so on. These isotopic shifts have been revealed in the catastrophic and nearcatastrophic layers, at the same time they are absent at the uppermost and lowest peat layers, below the permafrost boundary in 1908, and in the control peat columns in other places as well [4-6]. Iridium and other platinoids, being detectors of the cosmic material presence on Earth, have peaks of their concentration at the same peat layers as the isotopic shifts did [7, 8] that corroborate cosmic origin of the last. Cosmic carbon in peat is very heavy in its isotopic composition: from +51‰ up to +64‰ [3, 6]. It is absent both on Earth and in typical meteorites and may be met with individual mineral phases of carbonaceous chondrites CI. Very high C/Ir ratio in peat points to the low concentration of mineral dust in Tunguska comet as compared to Halley's comet [9]. The absence of smoky track among eyewitness's evidences corroborates the conclusion. Chemical composition of the TCB in peat points to its cometary origin as well [10]. The TCB material is depleted of Fe and other siderophile elements. At the same time, it is specially enriched with hundred times of Si and eight hundred times of Na, with another alkaline metals Li, Rb, Cs and other volatiles Cu, Zn, Ga, Br, Ag, Sn, Sb, Pb, and Bi. These characteristics of the TCB chemical composition don't contradict up-to-date data of the comet composition [1].

Thus, the shifts in isotopic composition of carbon and hydrogen and as well sharp increase in concentration of number of elements, mainly volatile, clearly point to cometary origin of the TCB.

References

- [1] Bronshten V.A., Zotkin I.T. *Astron. Vestn.* 1995. V.29. № 3. P.278-283. [2] Jessberger E.K. *et al.* In: Comet Nucl. Sample Return Mission // Eur. Space Agency. Proc. Workshop, Canterbury, 1986. P. 27-30. [3] Kolesnikov E.M. *et al.* *Isotopes Environ. Health Stud.* 1996. V.32. № 4. P.347-361. [4] Kolesnikov E.M. *et al.* *ДАН.* 1995. V. 343. № 5. P. 669-672. [5] Kolesnikov E.M. *et al.* *ДАН.* 1996. V. 347. № 3. P. 378-382. [6] Kolesnikov E.M. *et al.* *Planet Space Sci.* 1999.V.47. P.905-916. [7] Hou Q., Ma P.X., Kolesnikov E.M. *Planet Space Sci.* 1998. V.46. № 2-3. P.179-188. [8] Hou Q., Kolesnikov E.M. *et al.* *Planet Space Sci.* 2004. V.52. P.331-340. [9] Rasmussen K.L. *et al.* *Meteoritics Planet. Sci.* 1999. V.34. P.891-895. [10] Kolesnikov E.M. *et al.* *Trudy GPZ Tungusskiy.* 2003. P.250-266.

Кислотные дожди на месте Тунгусской катастрофы 1908г.

Н.В. Колесникова¹, Е.М. Колесников¹, П. Джоаккини², Т. Бёттгер³

МГУ им. М.В.Ломоносова¹, 119899 Москва, Россия k_e_m@mail.ru, evgenkol@geol.msu.ru

Болонский Университет², Болонья, Италия,

Центр Экологических исследований³, Лейпциг – Галле, ФРГ

В процессе движения метеоритов в атмосфере возникают высокие температуры, при этом кислород атмосферы реагирует с азотом с образованием окислов азота. NO затем превращается в NO₂, который реагирует с водой с образованием HNO₂ и HNO₃, выпадающих на землю в виде кислотных дождей. Впервые их следы были обнаружены в отложениях на границе мела и палеогена 66 млн лет назад, когда в результате столкновения Земли с крупным космическим телом вымерла большая часть живших тогда организмов, включая динозавров (1). При этом в пограничных К-Т отложениях содержание азота в 8-10 раз превышало его содержание в других слоях. Увеличение содержания азота и сдвиг его изотопного состава до +10‰ сопровождалось резким увеличением содержания в тех же слоях иридия, что указывает на космический источник данных аномалий. Для выявления следов кислотных дождей на месте Тунгусской катастрофы мы анализировали те же колонки торфа, в которых ранее изучали изотопный состав С и Н: три колонки торфа из эпицентра взрыва и две колонки из отдаленных районов, служившие контрольными при изучении С и Н (2, 3, 4). Самое низкое содержание азота и незначительный сдвиг в его изотопном составе обнаружены в колонке из-под Ванавары, где пролетело ТКТ, в 65 км к югу от эпицентра, служившей контрольной при анализе С и Н. Вещество ТКТ здесь не выпадало, поскольку сдвиги в изотопном составе С и Н в этой колонке отсутствовали. В колонках торфа из эпицентра содержание азота и сдвиги его изотопного состава выше, чем в колонке из-под Ванавары. Более того, количество тяжелого азота в катастрофном слое зависит не только от расстояния торфяника от эпицентра взрыва, но и от его расстояния от предполагаемой траектории ТКТ (3). Все это говорит о том, что в торфе основным источником выпавшего тяжелого азота являются кислотные дожди. Другим источником обогащения торфа азотом может служить антропогенное загрязнение атмосферы. В колонке из-под Томска, крупного промышленного центра Сибири (1000 км от места Тунгусской катастрофы), среднее содержание азота в 2 раза выше, чем, например, в колонке из-под Ванавары.

По нашим расчетам (3) на площади вывала леса выпало примерно 200 000 тонн азота, что составляет всего треть от рассчитанного Расмуссеном с соавт. – 600 000 тонн (5), остальная часть азота рассеялась в атмосфере.

Литература

1. Alvarez L.W. et al. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction // Science. 1980. V. 208. P.1095-1108.
2. Kolesnikov E.M., Kolesnikova N.V., Boettger T. Isotopic anomaly in peat nitrogen is a probable trace of acid rains caused by 1908 Tunguska bolide // Planetary and Space Sci. 1998. V.46. № 2-3. P. 163-1676.
3. Kolesnikov E.M. et al. Isotopic-geochemical study of nitrogen and carbon in peat from the Tunguska Cosmic Body explosion site // Icarus. 2003. V.161. № 3. P. 235-243.
4. Колесников Е.М. и др. Аномалии в изотопном составе углерода и азота торфов района взрыва Тунгусского Космического Тела 1908г. // ДАН. 1996. Т.347. №3. С.378-382.
5. Rasmussen K.L. et al. Nitrate in the Greenland ice sheet in the years following the 1908 Tunguska event // Icarus. 1984. V. 58. P.101-108.

Acid rains at the 1908 Tunguska explosion site

N.V. Kolesnikova¹, E.M. Kolesnikov¹, P. Gioacchini², T. Böttger³
Moscow State University¹, Moscow, Russia; k_e_m@mail.ru, evgenkol@geol.msu.ru
Bologna University², Bologna, Italy;
UFZ Leipzig University³, Leipzig-Halle, Germany

While meteors were moving through the atmosphere, high temperatures arose resulted in reactions of oxygen with nitrogen from the atmosphere. These reactions produce NO and NO₂, nitrogen oxides, which after reaction with water vapors form acids HNO₂ and HNO₃. Then they fall down as acid rains. Traces of acid rains have for the first time been found in the sediments at the Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary 66 MY ago when, due to the Earth's collision with a giant cosmic body, most of living organisms including dinosaurs have become extinct (1). In the K-T deposits nitrogen concentration was eight–ten times as many as its concentration in other layers. In the K-T layer an enrichment with nitrogen and a positive shift up to +10‰ in nitrogen isotopic composition have been accompanied with sharp increase in iridium concentration that points to cosmic origin of the above effects. To reveal traces of acid rains at the Tunguska explosion area we analyzed the same peat columns we had used before for the carbon and hydrogen analyses. They are: three peat columns from the explosion epicenter area and two columns from remote sites served as control for the carbon and hydrogen analyses (2, 3, and 4). The least nitrogen concentration and the slight shift in its isotopic composition we found in the catastrophic layer of the peat column sampled near Vanavara settlement 65km southerner of the explosion epicenter. It was control one due to the absence in it the isotopic shifts in carbon and hydrogen that meant that the Tunguska material didn't fall down near Vanavara. In the peat columns from the explosion epicenter the nitrogen concentration and the shift in its isotopic composition were much more than the same ones in the Vanavara peat column. Moreover, quantity of heavy nitrogen in the catastrophic layer of three columns from the epicenter depends on not only of the peat bog distance of the epicenter but also on its distance of the supposed TCB trajectory (3). It was concluded that in peat the main source of heavy nitrogen fallen down is acid rains. Another source of the nitrogen enrichment in peat is anthropogenic pollution. For example, in the peat column sampled near Tomsk, large industrial center in Siberia situated 1000km of the explosion epicenter, the mean nitrogen concentration is twice as many as its concentration in the Vanavara column.

According to our calculation (3) about 200 000 tons of nitrogen fell down over the forest devastation area. It is just one third of the amount estimated by Rasmussen et al. – 600 000 tons (5); the rest nitrogen scattered in the atmosphere.

References

1. Alvarez L.W. et al. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction // *Science*. 1980. V.208. P. 1095-1108.
2. Kolesnikov E.M., Kolesnikova N.V., Boettger T. Isotopic anomaly in peat nitrogen is a probable trace of acid rains caused by 1908 Tunguska bolide // *Planetary Space Sci.* 1998. V. 46. № 2-3. P. 163-1676.
3. Kolesnikov E.M. et al. Isotopic-geochemical study of nitrogen and carbon in peat from the Tunguska Cosmic Body explosion site // *Icarus*. 2003. V.161. № 3. P. 235-243.
4. Kolesnikov et al. Anomalies in the isotopic composition of carbon and nitrogen in peat from the 1908 Tunguska Cosmic Body explosion area // *ДАН*. 1996. Т.347. №3. P.378-382.
5. Rasmussen K.L. et al. Nitrate in the Greenland ice sheet in the years following the 1908 Tunguska event // *Icarus*. 1984. V. 58. P. 101-108.

Взрыв Тунгусского метеорита и образование вывала леса с учетом градиента скорости ветра

П.Ф. Коротков

Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия.

E-mail: PFK @ physics. mpt. ru

После Тунгусского взрыва не было обнаружено космического вещества, но осталась огромная область вывала леса, детали образования которой могут иметь значение для исследования происхождения этого грандиозного явления. С помощью разработанной одним из авторов метода лучевой акустики для ударных волн рассчитан вывал леса от высотного взрыва Тунгусского метеорита при наличии градиента скорости ветра. Полученная вытянутая в направлении ветра и расширяющаяся форма области согласуется с оставшейся после взрыва областью разрушения. При расчетах было принято, что район энерговыделения - источника ударных волн - имеет малую протяженность и поэтому может моделироваться только сосредоточенным взрывом, без учета баллистической ударной волны. Такая модель соответствует быстрому торможению метеорита после его разрушения из-за увеличения лобовой площади под действием скоростного напора воздуха.

При решении обратной задачи об источнике ударной волны, т.е. о характеристике взрыва, а именно – был ли он протяженным или сосредоточенным – нужно учитывать и метеорологические условия. Они могут существенно влиять на форму границы разрушения, причем настолько сильно, что в некоторых случаях можно сомневаться в том, что баллистическая волна как-либо повлияла на вывал леса: для нее не остается своего отдельного признака, во всяком случае – это не форма границы разрушения, которая при Тунгусском взрыве может получиться и без такой волны при наличии соответствующего ветра в тропосфере. По своему действию приблизительно сосредоточенный взрыв может произойти не только в экзотических случаях (таких как встреча с телом из антивещества или столкновение с небольшой черной дырой или взрыв “летающей тарелки”), но и при не очень протяженном пути торможения метеорита, получающемся при быстром возрастании площади его поперечного сечения. Форма области вывала леса не является достаточным признаком для того, чтобы отвергнуть гипотезу о сосредоточенном взрыве.

The Tunguska meteorite explosion and flattened forest origin with consideration for the wind velocity gradient

P.F. Korotkov

Moscow Institute of Physics and-Technology, Dolgoprudny, Russia.

E-mail: PFK @ physics. mipt. ru

No material of cosmic origin was found after the Tunguska explosion, but a vast region of flattened forest arouse whose formation details can play an important role in the study of the origin of this colossal phenomenon. Using the method of ray acoustics developed for shock waves by the author of this paper, the forest devastation caused by the high-altitude explosion of the Tunguska meteorite was calculated with allowance for the wind velocity gradient. The resulting shape of the region extended in the wind direction is in agreement with the observed havoc region. The energy release region, a shock of shock waves, is assumed to be small in size, and, therefore, it can be simulated by a concentrated explosion without regard for a ballistic shock wave. Such a model is consistent with a fast meteorite breaking its disruption due to the increase of the frontal area caused by the velocity head of the airflow.

The inverse problem on the shock source, i.e., on the explosion parameters specifying the shape and the size of the source (extended or concentration), should take meteorological conditions into account. They can affect the shape of the flattened forest boundary so strongly that sometimes the influence of the ballistic wave on the flattened forest is doubtful. There is no evidence of the existence of such a wave. At any rate, this is not a boundary shape (which for the Tunguska explosion could arise without such a wave in the presence of the proper wind in the troposphere). By its effect, an approximately concentrated explosion can take place not only under exotic conditions (such an encounter with an antimatter body or a collision with a small black hole or an explosion of a UFO) but also for a short path of the meteorite braking due to the fast increase in its cross section. The shape of the flattened forest region is not an adequate indication that the concentrated explosion hypothesis should be rejected.

Тунгусское космическое тело в свете новейших эволюционных представлений о ядрах комет (Tunguska cosmic object in the light of newest evolutionary ideas about comet nuclei, V.A. Krivitskiy)

В.А. Кривицкий

Университет Природы, Общества и Человека «Дубна», vkrivichi@rambler.ru

В последние годы в проблеме изучения ТКТ наступил момент, когда все возможные космогонические и известные общепринятые представления о составе и строении вещества ядра кометы исчерпаны. Особенно это касается того, что ядра комет – смерзшиеся конгломераты космического льда. Такое утверждение давно устарело.

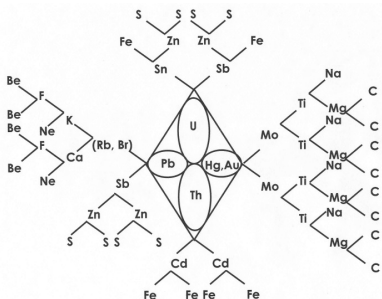
Настало время решительно изменить свой взгляд на природу и состав ядер комет и тогда может открыться необыкновенный простор на эволюционном пути познания космохимии, метеоритики и геохимической эволюции планет Солнечной системы и Земли, в частности. Следует вернуться к тем космогоническим идеям, которые развивались В.А. Амбарцумяном и С.К. Всехсвятским.

Многочисленные исследования химических и изотопных аномалий из района катастрофы ТКТ, данные по космохимии и изучения кометы Галлея позволяют высказать гипотезу, что ядра комет, в том числе и ТКТ, сложены активными динамическими системами – протоядрами.

Главным подтверждением выдвигаемой гипотезы являются прямые наблюдения химических и изотопных аномалий в эпицентре взрыва ТКТ. Неоценимый вклад в изучение указанных аномалий внесли такие исследователи как Е.М. Колесников, С.П. Голенецкий, Н.В. Васильев, Ю.А. Долгов, К.П. Флоренский, Longo G., и многие другие. Тщательный анализ этих многочисленных исследований и многолетние экспериментальные работы в области холодного синтеза атомных ядер в расплавах и растворах различных систем тяжелых элементов дают возможность представить процесс деструкции протоядра ТКТ, по следующей схеме.

Отсутствие основной массы ядра кометы в эпицентре вызвано тем, что на расстоянии 350-400 км от эпицентра произошел сброс плазмоида с центрального ядра кометы. Она разделилась в горизонтальной плоскости и к поверхности Земли приближались уже два тела. Следовательно, район катастрофы возник в результате воздействия, как минимум, трех «сгустков» плазмоида, что подтверждается характером вывала леса и отсутствием больших масс выпавшего вещества. Оно было представлено в основном легкими ядерными кластерами и химическими элементами C, N, O, Si, S и легколетучими элементами, а также другими биогенными элементами.

Центральная часть ядра кометы после разрушения, сложенная протоядрами и тяжелыми атомными ядрами, врезалась в Землю. Именно этот удар был зафиксирован Иркутской сейсмостанцией как классическая затухающая сейсмограмма. Плазменная оболочка по массе составляла примерно до одной трети от первичной массы тела кометы. Центральная часть ядра кометы должна оставить кратер без катастрофического вывала леса, т.к. фронта волны уже не было и он остался в стороне с плазмой. Кратер следует искать в СВ направлении от эпицентра взрыва плазмоида по оси правого «крыла» бабочки в 150-155 км от эпицентра, почти перпендикулярно к осиподлета основной траектории. При этом следует учесть, что плотность и масса вещества весьма значительны, следовательно, центральное тело ядра кометы ушло на глубину поверхности Земли как минимум на 80-100 м. Тело сравнительно небольшого размера, обладающее такой несоизмеримой массой и плотностью, попросту «прошило» базальтовый покров и ушло на глубину. Поэтому вполне можно допустить, что Патомский кратер – это ударный кратер одного из небольших осколков протоядра, которым было сложено ядро ТКТ. Надежной проверкой при изучении подобных кратеров будут химические аномалии U, Th, Pb, Hg, Au, платиноидов, редких земель, Sb, Sn, Ag, как первых тяжелых продуктов ядерной диссоциации протоядер, слагающих протоядро.



О природе «светлого пятна» в районе падения Тунгусского метеорита

С.В. Кривяков, Е.В. Хамматова, И.К. Дорошин

Томский государственный университет, г. Томск, Россия. E-mail dik59@mail.ru

На спектрально-зональных космических снимках района падения Тунгусского метеорита прослеживается пятно светлого окраса, имеющее необычную форму, явно не связанную с топографией района. Контур пятна близок к овалу с осями 12х9 км, угол наклона большой полуоси около 95 градусов от севера. Светлый окрас прослеживается на любых типах рельефа, лишь в некоторых случаях внутри пятна имеются темные участки, обычно приуроченные к долинам ручьев и распадков. О причине возникновения «светлого пятна» высказывались разные гипотезы, однако ни одна из гипотез не удовлетворяла всей совокупности известных фактов. Настоящая работа посвящена выяснению природы этого загадочного образования.

Смена цветовой гаммы в местах прохождения геологических профилей, отличающихся от окружающей местности только отсутствием древостоя, позволила предположить, что «светлое пятно» формируется за счет неких особенностей растительности. Для выявления этих особенностей были выполнены следующие полевые работы. В конце мая 2004 года, до распускания листвы на деревьях, были проведены наблюдения леса с вершин сопок и по пешеходным маршрутам, пересекавшим «светлое пятно». Было замечено, что светло-зеленые участки пятна точно соответствуют районам с преобладанием лиственницы, а коричневатые участки – районам с преобладанием сосны. Для уточнения и подтверждения этого предварительного вывода было выполнено стандартное ландшафтное описание ряда пробных площадей. Соотношение видов растений характеризовалось проективным покрытием, выраженным в процентах. Всего было заложено 4 пары площадок, причем одна площадка из пары приходилась на светло-зеленый, вторая – на желто-коричневый участок, расстояние же между парой площадок не превышало 400 метров. Проведенные исследования полностью подтвердили сделанное предположение – на космических спектрально-зональных снимках коричневатый цвет обусловлен преобладанием сосновых, а зеленый цвет – лиственничных насаждений.

Слабое влияние рельефа местности на преобладание в районе «светлого пятна» лиственничных насаждений становится понятным, если привлечь к рассмотрению послепожарную картину леса, данную Куликом: «...полное уничтожение ольхи, березы, осины, а в центре зоны огневых повреждений и сосны». Лиственница, в отличие от сосны, частично уцелела – сохранились как отдельные крупные деревья, так многочисленные рощи тонкомерных лиственниц. Оценка состава леса во время многочисленных пеших маршрутов и наблюдения с вершин сопок подтверждают практически полное отсутствие докатастрофных живых сосен в области «светлого пятна». В послепожарном возобновлении леса лиственница, таким образом, получила начальное преимущество. Впоследствии же, по мере заселения с периферийных участков, лиственные породы и светолюбивая сосна уже с трудом конкурировали со сформировавшимися лиственничными насаждениями, что и привело в результате к современному преобладанию лиственницы на всей площади «светлого пятна».

About nature of the “Light spot” in the Tunguska meteorite fall area

S.V. Krivjakov, E.V. Khammatova, I.K. Doroshin
Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail dik59@mail.ru

In the spectrozonal cosmic pictures of the Tunguska meteorite fall area, we can see a spot of light colour having an unusual form, which is obviously non-connected with the area topography. The spot outlines are similar to an oval with the axes of 12x9 km, the big semi-axis angle of inclination is near 95 degrees from the North. Light colour is traced on any relief types. Only in some cases there are dark parts within this spot, usually they are connected to the valleys of streams and ravines. Different hypotheses had been suggested, but none of them had answered the whole of known facts. Our work is devoted to the clarification of this enigmatic formation nature.

The colour spectrum change in that places of geological profiles passing, which differ from the other parts of the area only by the absence of stand, allowed to suppose that the “light spot” has been formed by some peculiarities of the vegetation. We carried out such field study for finding these peculiarities. At the end of May 2004, before the trees became foliated there were carried out forest observations from high hills and along foot routes which crossed “light spot”. It was noted that chlorine parts of the spot corresponded to localities with larch predominance and brownish parts – to localities with the common pine predominance. Standard landscape descriptions of several plots was accomplished to specify and confirm this preliminary conclusion. Ratio of the plant species was characterized by the projective coverage, expressed in percentage. Four pairs of plots were choose in such a way that one plot from the pair was located in the chlorine part and the second – in the brownish part. The distance between two plots of the pair did not exceed 400 m. Accomplished study had completely confirmed initial assumption – in the spectrozonal cosmic pictures brownish colour is caused by the predominance of pine, and chlorine – by the predominance of larch stands.

The weak influence of the relief forms on predominance of the larch in the “light spot” becomes understandable if we consider the after-conflagration forest state described by L.A. Kulik: “...complete destruction of the alder, birch, aspen, and, in the centre of the zone of destruction by fire, the pine, too”. In contrast to the pine, the larch had partly survived – both single big trees and the numerous groves of small-dimension larches. Estimation of the forest composition during the numerous foot routes and observation from the hills confirms that before-catastrophe live pines are virtually absent in the localities of the “light spot”. Thus, in the course of the after-fire forest renewal the larch had the initial advantage. And then, in the course of the spreading from the remote localities the leaved trees and the light-requiring pine hardly rival with the mature larch stands. This had resulted in the present-day larch predominance in all “light spot” territory.

О возможном механизме образования Тунгусского вывала

В.М. Кувшинников

Томск, Россия. E-mail: tov@iao.ru

Вывал леса весьма информативен и до сих пор не исчерпал всех возможностей для анализа и получения новых результатов. Симметрия формы бабочки дала азимут траектории вывала, но в тоже время, механизм образования некоторых особенностей вывала неясен. В некотором противоречии находятся довольно строгая радиальность повала деревьев и некруговая форма зоны вывала. Не понятна причина образования осесимметричных отклонений от радиальности не только в восточных, но и в западных квадрантах территории вывала. Не ясна причина несовпадения осей симметрии «бабочки» вывала и оси симметрии этих отклонений. Не объяснена мозаичность, полимодальность направлений повала деревьев в центральной зоне вокруг эпицентра вывала. Представляется возможным некоторые из этих особенностей вывала объяснить искажением направления действия ударной волны, вызванной влиянием формы тела метеорита, и существованием фрагментов и обломков, возможно имевшихся в зоне взрыва.

Одна лишь баллистическая волна, по-видимому, не могла вызвать радиальный вывал; для этого нужно участие ударной волны, идущей из одной центральной точки или малой зоны. Согласно кометной гипотезе, такая ударная волна возникла в результате взрывоподобного разрушения тела, происшедшего вследствие быстрого увеличения его эффективного сечения из-за лавинообразно прогрессирующего дробления. При этом тело превратилось в диск, состоящий из мелких частиц, и потом быстро затормозившийся в так называемой точке остановки, вызвав при этом мощную ударную волну. Эта волна могла встретить на пути своего распространения другие крупные части и фрагменты тела, которые были в состоянии повлиять на силу волны и направление ее распространения, т.е. мог иметь место эффект направленного взрыва. В докладе представлены несколько вариантов таких проявлений и возможные следствия из них.

Possible mechanism of formation Tungus tree fell

V.M. Kuvshinnikov

Tomsk, Russia. E-mail: tov@iao.ru

The tree fell is a very informative phenomenon which has not exhausted all potentialities for analysis and obtaining of new results up to now. The symmetry of butterfly form gives an azimuth of the fell trajectory but mechanism of formation of some fell peculiarities is not clear. A fact of the rather strict radial fell of trees is in a certain conflict with a non-circular form of the fell zone. A reason of creation of the axisymmetric deviations from the radial direction both in the east and west quadrants of the fell territory still stays obscure. It is not clear why a symmetry axis of these deviations does not coincide with the symmetry axes of the fell “butterfly”. The patchiness, polymodality of directions of three falls in the central zone around the fell epicenter is not explained. It seems possible to us to justify several of these peculiarities by distortion in direction of blast wave caused by an effect of the meteorite form and existence of fragments and clasts in the explosion zone.

Evidently, the ballistic wave only could not evoke the radial fell; the blast wave propagated from the central point or small zone should participate in this phenomenon. In accordance with the comet hypothesis, such blast wave was created as a result of an explosion-like breaking of the celestial body after fast increase of the body's effective cross-section due to avalanche-like progressive fragmentation. At that the body was transformed into the disk composed of small pieces and then quickly broken in the co-called breakpoint with creation of the power blast wave. This wave can bump into the other large fragments which could effect on the wave force and its propagation direction; i.e. a pin-point blasting effect could take place. Several variants of similar processes and possible corollaries are presented in the paper.

Вариации геомагнитного поля, вызванные Тунгусским событием 1908 года

Т.В. Лосева, М.Ю. Кузьмичева

Институт динамики геосфер, Москва, Россия. E-mail: losseva@idg.chph.ras.ru; kuzm@idg.chph.ras.ru

Анализ магнитограмм Иркутской обсерватории за 30 июня 1908 показал, что взрыв Тунгусского болида сопровождался возмущениями геомагнитного поля, продолжавшимися в течение нескольких часов [1]. Иркутская геофизическая обсерватория располагалась примерно в 950 км к юго-востоку от места взрыва и была ближайшей к траектории болида обсерваторией, где велась непрерывная запись составляющих геомагнитного поля. Этот геомагнитный эффект связывают с искажением нормальной токовой системы в *E*-слое ионосферы [2].

Современные взгляды на развитие газодинамического течения, возникающего при пролете метеороида в атмосфере и его последующем взрыве, позволяют объяснить как образование области повышенной ионизации в *E*-слое, так и сравнительно быстрый - за несколько минут - перенос возмущенной области на расстояние ~ 900 км.

Вследствие образования горячего разреженного канала при падении космического тела в атмосфере нарушается гидростатическое распределение давления [3, 4]. Частицы газа струи и вовлеченного в движение атмосферного воздуха устремляются по этому каналу вверх и, достигнув разреженных слоев атмосферы, начинают двигаться по баллистическим траекториям в поле силы тяжести. При обратном падении кинетическая энергия тормозящегося в плотных слоях атмосферы газа переходит в тепловую, формируется отраженная ударная волна, нагретый в ней газ поднимается в вышележащие слои атмосферы, и процесс повторяется, инициируя начальную, существенно нелинейную стадию образования и распространения акустико-гравитационных волн. Эффекты нагрева и ионизации газа на высотах порядка 100 км, вызванные такими осцилляциями атмосферы, приводят к искажению существующей токовой системы [5].

Полученные в представленной работе изменения геомагнитного поля по порядку величины совпали с его вариациями, зафиксированными в иркутской обсерватории. Численно решались уравнения химической кинетики совместно с газодинамическими уравнениями. В качестве начальных данных использовались поля скоростей, температур и плотностей, полученные в работе [6] при численном моделировании плюма Тунгусского болида.

Литература

- [1] *Иванов К.Г.* Геомагнитные явления, наблюдавшиеся на Иркутской магнитной обсерватории, вслед за взрывом Тунгусского метеорита // *Метеоритика*. 1961. Вып. XXI. С.46-49. [2] *Иванов К.Г.* Влияние локального повышения проводимости *E*-слоя ионосферы на *Sq*-вариацию магнитного поля Земли // *Геомагнетизм и аэрномия*. 1962. Т.2. № 5. С.943-948. [3] *Nemichinov I.V., Loseva T.V.* Atmospheric oscillations initiated by the penetration of a comet or an asteroid into gaseous envelope of a planet // *LPSC XXV*. 1994. Houston, TX. P. 987-988. [4] *Shuvalov V.V.* Atmospheric plumes created by meteoroids impacting the Earth // *JGR*. 1999. V.104. Issue E3. P.5877-5890. [5] *Losseva T., Merkin V., Nemichinov I.* Estimations of the Aeronomical and Electromagnetic Disturbances in the *E*-layer of the Ionosphere, caused by Tunguska Event // *AGU Fall Meeting*. 1999. SA32A-09, F778. [6] *Shuvalov V.V., Artemieva N.A.* Numerical modelling of Tunguska-like impacts. *P&SS*. 2002. V.50. Iss.2. P.181-192.

Variations of geomagnetic field caused by 1908 Tunguska event

T.V. Losseva, M.Yu. Kuzmicheva

Institute of Geospheres Dynamics, Russia. E-mail: losseva@idg.chph.ras.ru; kuzm@idg.chph.ras.ru

The analysis of the magnetograms of Irkutsk observatory on the 30th June, 1908 showed that the explosion of Tunguska bolide was accompanied by the Earth's magnetic field, which were being continued for several hours [1]. Irkutsk geophysical observatory was located approximately in 950 km to the southeast from the point of impact and it was nearest to the trajectory of the bolide by the observatory, where the continuous photo record of the components of the geomagnetic field was conducted. This geomagnetic effect they relate with the distortion of the regular current system in the *E*-layer of the ionosphere [2].

Contemporary views on the development of the gas-dynamic flow, which appears with the flight of meteoroid in the atmosphere and its subsequent explosion, make it possible to explain both the formation of the region of the increased ionization in *E* layer and comparatively rapid - for several minutes - the transfer of the excited region to 900 km.

As a result of the formation of the hot rarefied channel with the fall of cosmic body in the atmosphere, the hydrostatic distribution of pressure is disrupted [3, 4]. The particles of the gas jet and atmospheric air, implicated in the motion, move along this channel upward. In the rarefied layers of the atmosphere they begin to move along the ballistic trajectories in the gravitational field. With falling back kinetic energy of gas braking in the dense layers of the atmosphere is converted into thermal energy. The reflected shock wave is formed. The gas heated in it rises into the overlying layers of the atmosphere and this process is repeated initiating the initial, substantially nonlinear stage of formation and propagation of acoustics-gravitational waves. The effects of heating and ionization of gas at heights on the order of 100 km, caused by such oscillations atmosphere, lead to the distortion of the existing current system [5].

The changes in the geomagnetic field obtained in the represented work coincided in order of magnitude with its variations, fixed in the Irkutsk observatory. The equations of chemical kinetics together with the gas-dynamic equations were solved numerically. As the initial data were used the fields of velocity, temperatures and densities, obtained in the work [6] with the numerical simulation of Tunguska bolide plume.

Литература:

[1] *Ivanov K.G.* Geomagnetic phenomena, which were being observed on the Irkutsk magnetic observatory, following the explosion of the tunguska meteorite // *Meteoritika*. 1961. Вып. XXI. С.46-49 (in Russia). [2] *Ivanov K.G.* Influence of a local increase in the conductivity of the *E*-layer of the ionosphere by a *Sq*-variation in the Earth's magnetic field // *Geomagnetism and Aeronomia*. 1962. Т.2. №5. С.943-948 (in Russia). [3] *Nemichinov I.V., T.V. Loseva.* Atmospheric oscillations initiated by the penetration of a comet or an asteroid into gaseous envelope of a planet // *LPSC XXV*. 1994. Houston, TX. P.987-988. [4] *Shuvalov V.V.* Atmospheric plumes created by meteoroids impacting the Earth // *JGR*. 1999. V.104. Issue E3. P.5877-5890. [5] *Losseva T., Merkin V., Nemichinov I.* Estimations of the Aeronomical and Electromagnetic Disturbances in the *E*-layer of the Ionosphere, caused by Tunguska Event // *AGU Fall Meeting*. 1999. SA32A-09, F778. [6] *Shuvalov V.V., Artemieva N.A.* Numerical modelling of Tunguska-like impacts // *P&SS*. 2002. V. 50. Iss.2. P.181-192.

О возможной природе подобия геомагнитного эффекта Тунгусского метеорита и геомагнитного эффекта (SFE) мощной рентгеновской вспышки (X = 18) 04.11.2003 года.

В.А. Пархомов

Байкальский государственный университет экономики и права. Иркутск, Россия.

E mail – parhomov@irk.ru

Выполнено сравнение геомагнитных эффектов, вызванных ионизацией ионосферы в результате взрыва при падении Тунгусского метеорита и геомагнитного эффекта, вызванного ионизацией ионосферы приходом жесткого электромагнитного излучения (рентгеновского и гамма) от мощной (балл X > 18) рентгеновской вспышки 4 ноября 2003 года. В результате сравнения, показано, что имеется подобие в структуре и динамике геомагнитных вариаций, наблюдавшихся на магнитной обсерватории Иркутск при регистрации эффекта Тунгусского метеорита и на магнитной обсерватории, зарегистрировавшей геомагнитный эффект солнечной вспышки и находящейся от фокуса токовой системы на расстоянии равном расстоянию Иркутска до эпицентра взрыва. В обоих случаях наблюдается одинаковая трехфазная временная динамика геомагнитных вариаций регистрирующаяся в обоих случаях в течение четырех часов с близкими значениями амплитуд (~ 50 нТ).

Рассматривается модель, предполагающая сходную природу наблюдаемых геомагнитных вариаций, в результате возникновения подионосферного (на высотах 20 – 40 км) источника. В случае метеорита ионизация происходит в результате поглощения энергии взрыва на атмосферных высотах (поток энергии направлен вверх). В случае вспышки (поток энергии направлен вниз) поглощение гамма – излучения также происходит на указанных высотах, где в результате поглощения гамма – квантов происходит цепочка ионно-молекулярных взаимодействий, приводящая к созданию положительно и отрицательно заряженных кластерных ионов. Эти явления приводят к возникновению проводящего токового слоя. Возникшая система токов вследствие диффузии будет распространяться вдоль гиротропного слоя ионосферы со скоростями близкими к скорости внутренних гравитационных волн.

About a possible nature of similarity of geomagnetic effect of Tunguska meteorite and geomagnetic effect (SFE) of a powerful x-ray flare (X = 18) of 04.11.2003

V.A. Parkhomov

The Baikal state university of economics and law.

Irkutsk, Russia. E mail - parhomov@irk.ru

The comparison of geomagnetic effects caused by ionization of the ionosphere as a result of explosion at fall Tunguska of a meteorite and geomagnetic effect, caused by ionization of the ionosphere by arrival of rigid electromagnetic radiation (x-ray and γ -ray) from powerful (ball X> 18) x-ray flare of November 4, 2003 is executed. As a result of comparison, is shown, that there is a similarity in structure and dynamics changes of geomagnetic variations observing on magnetic observatory of Irkutsk at registration of effect Tunguska of a meteorite and on magnetic observatory, solar flare, which has registered geomagnetic effect, and taking place from focus of current system on distance equal to distance of Irkutsk up to epicenter of explosion. In both cases identical three-phase temporary dynamics (changes) of geomagnetic variations recorded in both cases within four hours with close importance of amplitudes ($\sim 50\text{nT}$) is observed.

The model supposing a similar nature of observable geomagnetic variations is examined as a result of occurrence subionospheric layer (at heights 20 - 40 kms) source. In case of a meteorite the ionization occurs as a result of absorption of energy of explosion at atmospheric heights (flow of energy is directed upwards). In case of flare (the flow of energy is directed downwards) absorption scale - radiation also occurs at the specified heights, where as a result of absorption the γ - quantum occurs a chain of the ion - molecular interactions resulting in creation positive and negatively charged clusters of ions. These phenomena result in occurrence conducting current of a layer. The arisen system of currents owing to diffusion will be distributed lengthways along of a layer gyrotropic with speeds close to speed of internal gravitational waves.

Парадоксы Тунгусского метеорита

Г.Ф. Плеханов.

Томский госуниверситет, Россия. E-mail: G_Plehanov@mail.ru

Главный парадокс Тунгусского метеорита (ТМ), заключается в том, что он сам, как метеорит, вообще не найден. Многолетние поиски Л.А.Кулика обнаружить гигантский железный метеорит в районе Тунгусской катастрофы (ТК) закончились безрезультатно. Попытки К.П.Флоренского объяснить обнаруженные им магнетитовые шарики в почве за сотни километров от района ТК следствием взрыва не могут считаться окончательными, так как не доказана их принадлежность к ТМ. Это можно обосновать, во-первых, полной неопределенностью фона на котором выявлена аномалия по магнетитовым шарикам, а во-вторых, неизвестностью срока сохранности таких шариков в почвах. Многолетние работы, проводившиеся под руководством Н.В.Васильева в районе ТК по выявлению закономерностей распределения силикатных шариков в соответствующем слое торфа, также не позволяют рассматривать их как вещество ТМ, поскольку массовый вывал леса и пожар должны были неизбежно поднять в воздух местный грунт и засорить им соответствующие слои торфа. Аналогичные возражения можно высказать и по поводу Дж.Лонго, обнаружившего загрязнения в засмолах сучков 1908 г. и данных В.А.Алексеева, нашедшего частицы вещества внедрившиеся в стояки сухостойных деревьев. Наиболее тщательные и многообещающие работы Е.В.Колесникова по изотопии слоя торфа датированного 1908 также не лишены погрешностей, главной из которых является недостаточная проработка местного фона. Работами Н.Л.Сапронова установлено, что центр ТК совпадает с кратером палеовулкана. Соответственно этому все вещественные аномалии данного района необходимо сопоставлять с последствиями его деятельности.

Но даже если все выявленные аномалии действительно относятся к веществу ТМ, то их общая масса не превышает нескольких тонн, что явно не соответствует масштабам ТК, которая оценивается тротиловым эквивалентом в десятки мегатонн. Это вынуждает допускать наличие в космосе тел, состоящих из чистой воды или застывших газов без заметного количества тугоплавких составляющих, что неизбежно должно внести существенные коррективы в наши представления об эволюции вселенной.

Вторая группа парадоксов связана с серией расчетных работ, которые проводились на модельных объектах, без учета достоверных следствий ТК. Чтобы приблизить расчеты к реальности, необходимо ответить на ряд вопросов.

1. Чем объясняется наличие двух осей симметрии внутренней структуры вывала проходящих через его центр: по площади (азимут $111 - 115^{\circ}$) и по осесимметричным отклонениям от радиальности (азимут $90 - 95^{\circ}$);

2. Чем вызваны осесимметричные отклонения от радиальности вывала в его восточной половине и в западной. Если в восточной половине вывала их можно рассматривать как следствие баллистической волны, то какова их причина в западной половине вывала. (А может быть рикошет или его аналог?);

3. Почему южная половина вывала леса относительно линии осесимметричных отклонений по площади существенно больше северной и почему величина осесимметричных отклонений там также существенно больше и доходит до 20° , тогда как в северной половине не превосходит 8° ;

4. Почему взрыв, вызвавший вывал леса, был достаточно «мягким», вываливая деревья на расстояниях до 40 км. при сохранности части живых деревьев в центральной зоне;

5. Почему пожар, возникший в результате ТК, был «пятнистым» и вообще не затронул отдельные участки центра. В то же время отдельные очаги пожара 1908 года обнаружены на востоке за границей вывала.

Paradoxes of Tungus meteorite

G.F. Plekhanov

Tomsk State University, Russia. Email: G_Plekhanov@mail.ru

The principal paradox of the Tungus Meteorite (TM) lies in the fact that the meteorite itself has not been found yet. For many years L.A. Kulik had been trying in vain to find a gigantic iron meteorite in the region of the Tungus Catastrophe (TC). The attempts made by K.P. Florentsky to explain the discovery of the magnetite balls in the soils at the distance of hundreds kilometers from the TC region as a consequence of an explosion cannot be considered to be final as it was not proved that they belong to the TM. This can be explained firstly by complete uncertainty of the background on which the anomaly was revealed by means of magnetite balls; secondly, by the fact that the period of preservation of such balls in the soils was not known. The investigations carried out under the leadership N.V. Vasiliev in the region of the TC with the aim of revealing the regularities of silicate balls distribution within a corresponding peat layer also does not allow one to consider them as the substance belonging to the TM, because the total fall of the forest and the fire should have inevitably risen up the local ground into the air and polluted the corresponding layers of peat with its particles. A similar criticism may be referred to J. Longo who found traces of pollution in the tarred twigs of 1908 as well as to the data presented by V.A. Alexeyev who found particles of the substance incorporated in the trunks of dead trees. The most careful and promising work made by E.V. Kolesnikov on isotopy of the peat layer dated by 1908 is also not free from errors, the principal one is insufficient study of the local background. N.L. Sapronov proves in his papers that the TC centre coincides with the crater of the paleovolcano. And therefore all the substance anomalies of this region should be compared with the aftereffects of its activity.

But even if all the revealed anomalies belong to the TM, their total mass does not exceed several tons, which obviously does not correspond to the scales of the TC which is estimated by the trotyl equivalent by tens of megatons. All this makes one assume the presence in the space of bodies which consist of pure water or frozen gases not including considerable amounts of refractory components. These facts should inevitably introduce important corrections to our concepts of the evolution of the Universe.

The second group of paradoxes is associated with the series of calculations carried out using model objects without taking account of reliable consequences of the TC. To bring the calculations closer to reality one should answer these questions:

1. By what factors can one explain the existence of the two symmetry axes in the internal structure of the fall, which pass through its centre: along the area (the azimuth 111-115°) and along the axially symmetric deviations from the radial disposition (the azimuth 90-95°).

2. What factors gave rise to the axially symmetric deviations from the radial disposition of the fall in its Eastern and Western halves? If in the Eastern half of the fall they may be considered as a consequence of the ballistic wave, then, what caused them in the Western half of the fall? (Might it be a ricochet or its analog?)

3. Why is the Southern half of the forest fall displaced with respect to the line of the axially symmetric deviations essentially longer in area than the Northern one and why is the amount of axially symmetric deviations there much greater and reaches about 20° when in the Northern half it does not exceed 8°?

4. Why was the explosion resulting in the forest fall rather “soft”, i.e. it gave rise to falling trees at the distances up to 40 km away and preserving a part of living trees in the central zone?

5. Why was the fire occurring as a result of the TC “spotty” and, in fact, did not touch separate sections of the centre? At the same time some isolated spots of the 1908 fire were found in the East behind the zone of the fall.

Структура вывала леса, вызванного Тунгусской катастрофой 1908 г.

Г.Ф. Плеханов

Томский госуниверситет, Россия. Email: G_Plekhanov@mail.ru

Наиболее явным локальным следствием тунгусской катастрофы 1908 г (ТК) является вывал леса со своей внутренней структурой, которая характеризуется следующим:

1. Радиальность. Имеется расчетный центр с координатами: $\lambda=101^{\circ}51,5'$ $\varphi=60^{\circ}53,5'$ по направлению к которому направлены корнями вываленные в 1908 г. деревья.

2. Площадь сплошного вывала размером 2150 км² близка по форме к тупоугольному треугольнику направленному тупым углом по азимуту 291⁰.

3. Центр вывала по отношению к его площади расположен асимметрично. Расстояние от центра до границ вывала составляет: на запад – 16 , на север – 18, на восток – 28, на юг – 32 км. При этом расстояние до остроугольных вершин составляет: на СВ – до 35 км, на Ю-ЮВ – до 40 км.

4. В центральной части вывала наблюдается «зона хаоса» диаметром до 7 – 8 км, где однонаправленный повал леса на одном участке не соотносится с радиальностью повала на другом участке, а отдельные деревья вывалены вообще разнонаправленно.

5. В этой же зоне наблюдается большое количества «стояков» или сухих деревьев с обломанными сучьями, которых во время экспедиций Л.А.Кулика было существенно больше. С течением времени значительное число их вывалилось, что создало еще большую картину хаоса внутренней части вывала.

6. При движении от центра вывала до его границ вначале дисперсия средних значений направления повала деревьев уменьшается, затем возрастает. Минимальная дисперсия отмечается на расстояниях 6 – 11 км от центра.

7. Относительно линии Восток–Запад, проведенной через центр вывала наблюдаются закономерные отклонения направления повала от радиальности. При этом в СВ и ЮЗ квадрантах эти отклонения имеют знак «минус», а в ЮВ и СЗ квадрантах - знак «плюс» (своеобразный «развал» вывала).

8. Выраженность этих отклонений в восточной половине вывала существенно больше и составляет до 8 – 10⁰ в СВ квадранте и до 18 – 20⁰ в ЮВ квадранте.

9. В западной половине вывала этот «развал» выражен слабее и не превосходит 8⁰.

10. Размер площади вывала, относительно линии В-З или осесимметричных отклонений, в южной половине в полтора раза больше, чем в северной.

11. В центральной зоне ТК имеется значительное количество растущих деревьев и целых рощ переживших катастрофу. Особенно много их в местах с более мощным почвенным слоем: в долинах рек и долинами в складках местности.

Наряду с этим в описании внутренней структуры вывала имеется ряд ошибок:

– «Ротор» по В.Г.Фасту или поворот по часовой стрелке всех средних значений азимута повала деревьев на 2,5⁰ является следствием несовпадения координатной сетки на карте с магнитным азимутом, по которому наносились на карту данные по вывалу.

– То же самое можно сказать относительно искривлений «изоклин» по В.Г.Фасту, которые на карту наносились с точностью до 1⁰, тогда как сами замеры имели погрешность до 2 – 3⁰.

– «Энергоактивные зоны» по расчетам Д.В.Демина, являются следствием упорядоченного расположения пробных площадей по координатной сетке и не могут интерпретироваться как линии преимущественного направления ударной волны.

Соответственно этому любая математическая модель ТМ, как пример взрыва космического тела движущегося в земной атмосфере должна учитывать объективные характеристики внутренней структуры вывала.

Structure of the forest fall caused by the Tungus Catastrophe in 1908

G.F. Plekhanov

Tomsk State University, Russia. Email: G_Plekhanov@mail.ru

The most obvious local consequence of the Tungus Catastrophe (TC) in 1908 is the trees fall having its own internal structure which is characterized by the following:

1. Radial disposition of fallen trees. There is a calculated centre (with the coordinates: $\lambda=101^{\circ} 51,5'$, $\varphi= 60^{\circ} 53,5'$) to which the trees fallen in 1908 are turned with their roots.

2. In its shape the area of continuous fall with the size of 2150 km² is close to an obtuse triangle directed with its obtuse angle along the azimuth 291°.

3. The centre of the fall is disposed asymmetrically with respect to its area. The distance from the centre to the boundaries of the fall makes up: to the West – 16 km, to the North – 18 km, to the East – 28 km, to the South – 32 km, while the distance to the acute-angled vertices is about 35 km NE and about 40 km S-SE.

4. In the central part of the fall there is a “chaos zone” with the diameter about 7-8 km, where a unidirectional fall in one section does not correspond to the radial disposition of the fall in the other, and the rest of the trees were fallen in different directions.

5. In the same zone there is a great number of dead trees with broken-off branches whose number was essentially greater at the time when L.A. Kulik organized his expeditions there. With time a great number of trees fell down, which aggravated the picture of chaos in the internal part of the fall.

6. While moving from the centre of the fall to its boundaries at first the dispersion of the average values of the fall direction decreases and then increases. The minimum dispersion is marked at the distances of 6-11 km from the centre.

7. There are regular deviations of the direction from the radial disposition with respect to the East-West line drawn through the centre of the fall: in the NE and SW quadrants these deviations have a “minus” sign, and in SE and NW quadrants – a “plus” sign.

8. The manifestation of these deviations in the Eastern part of the fall is much greater and amounts to 8-10° in the NE quadrant and to 18-20° in the SE quadrant.

9. In the Western part of the fall these deviations are manifested weaker and do not exceed 8°.

10. The size of the fall area with respect to the EW line or the axially symmetric deviations is one and a half as large in the Southern part as compared with the Northern.

11. In the central zone of the TC there are many growing trees and entire groves which had survived the catastrophe. Especially there are plenty of them in places with a thicker soil layer: in river valleys.

At the same time there are a number of errors in description of the structure of the fall:

– A “curl” according to V.G. Fast or a clockwise rotation of all the mean values of the azimuth of the fall through 2.5° is the result of non-coincidence of the coordinate grid on the map with the magnetic azimuth with respect to which the data of the fall were entered on the map.

– The same can be said about the distortion of the “isoclines” (according V.G. Fast) which were mapped at an accuracy to 1°, while the measurements themselves had the accuracy to 2-3°.

– “Energy-active” zones according to D.V. Demin are the consequence of the ordered disposition of trial areas on the coordinate grid and cannot be interpreted as lines of the predominant direction of a shock wave.

In accordance with the above any mathematical model of the TM as an example of an explosion of a cosmic body moving through the earth atmosphere should take into account the objective characteristics of the internal structure of the fall.

Глобальные атмосферные эффекты лета 1908 года (Global atmospheric phenomena of summer 1908, V.A. Romejko)

В.А. Ромейко

tungrom@mail.ru сайм: www.tunguska.ru

Одним из ключевых моментов в понимании природы Тунгусской катастрофы является объяснение световых атмосферных аномалий, наблюдавшихся летом 1908 года и получивших кульминационное развитие в ночь с 30 июня на 1 июля. Традиционно к ним относят: необычные по яркости и окраске сумерки, сопровождавшие заход Солнца; ночное свечение атмосферы; яркие серебристые облака; дневные оптические эффекты. Изучению этого вопроса посвящен ряд оригинальных публикаций, прежде всего нацеленных на географическое отождествление области распространения атмосферных явлений лета 1908г [1, 2, 3]. Работа, выполненная И.Т. Зоткиным, Н.В. Васильевым, Н.П. Фаст и др., позволила достоверно определить область распространения и границу оптических аномалий. По широтному интервалу они охватили территорию от 41° до 60° северного полушария. При этом с севера область их видимости ограничивалась белыми ночами. Южная граница, весьма неоднородная, прошла по линии Бордо - Ташкент. По долготе граница проходила от западных берегов Атлантики ($6,5^{\circ}$ з.д.) до Красноярска ($92,9^{\circ}$ в.д.) Максимальное проявление световых аномалий зарегистрировано в Германии, где отмечено превышение естественного фона в несколько тысяч раз [4]. По оценкам автора, общая площадь, охваченная световыми аномалиями, составила не менее 10-13 млн.км². При изучении первичных материалов наблюдений, относящихся к 1908 году, обращает на себя внимание факт развития отдельных оптических явлений на различных высотах в атмосфере Земли в одно и то же время. Это говорит о том, что либо Тунгусское космическое тело обладало какими-то необычными свойствами локального проникновения в атмосферу Земли за пределами района вторжения, либо тунгусское событие совпало во времени с запылением атмосферы сугубо земными причинами (извержения вулканов, пылевые бури, массовое образование серебристых облаков и др.) Наличие возмущений в тропосфере и нижней стратосфере (20-25 км) повлияло на окраску сумерек и форму заревого сегмента, изменения в мезосфере (75-100 км) существенно увеличили продолжительность сумерек, как в средних широтах, так и в южных районах [3]. О нарушениях в слоях атмосферы выше 100-120 км не представляется возможным достоверно судить, ввиду отсутствия каких-либо прямых наблюдений, доказывающих наличие там рассеивающего слоя, как, впрочем, и о наличии в этот период над Западной Европой полярных сияний. Как показано в работе [3], проявление возмущений в тропосфере и нижней стратосфере над Западной Европой не может быть связано с попаданием вещества Тунгусского тела на высоту формирования сумеречных явлений (25 км). Более того, пытаюсь объяснить природу световых эффектов в Западной Европе, в частности, за счет образования серебристых облаков [5], большинство исследователей допускает одну и ту же ошибку, утверждая, что рассеянное вещество тунгусского тела после вторжения в атмосферу Земли было перенесено к месту аномалий. Этого не могло быть по одной простой причине; скорость восточного ветра в это время, на высоте возникновения серебристых облаков (80-85 км), в средних широтах составляет 20-25 м/сек. В этом случае для переноса вещества в район Западной Европы потребуется 32 часа, а, как известно свечение атмосферы в Англии, Германии начало наблюдаться уже через 12-14 часов. К настоящему времени большинство гипотез не в состоянии объяснить механизм возникновения оптические аномалии в области значительно удаленной от места катастрофы (3500 км).

Литература

- [1] Зоткин И.Т. Об аномальных оптических явлениях в атмосфере, связанных с падением Тунгусского метеорита // Метеоритика. 1961. Вып. XX. С. 40-53. [2] Васильев Н.В. и др. Ночные светящиеся облака и оптические аномалии связанные с падением Тунгусского метеорита. М.: Наука, 1965. С. 112-131. [3] Ромейко В.А. О природе оптических аномалий лета 1908 года // Астрон. вестн. 1991. Т. 25. № 4. С. 482-489. [4] Ромейко В.А. Определение уровня освещенности в период действия световых аномалий ночью 30 июня 1908 года // Тунгусский вестник КСЭ. Новосибирск. №5. С. 19-25. [5] Romejko V.A., P.A. Dalin, N.N. Pertsev Forty years of Noctilucient Clouds observations near Moscow: database and simple statistics // J. Geophys. Res. 2003. T. 108. № D8. 8443, doi: 10.1029/2002JD002364.

Удар Тунгусского космического тела: факты, модели, интерпретация наблюдений

В.В. Светцов

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия. E-mail: svetsov@idg.chph.ras.ru

Физико-математические модели, описывающие падение космического тела, позволяют объяснить основные общепризнанные факты, связанные с Тунгусским событием: (1) отсутствие ударного кратера и метеоритов в окрестностях эпицентра, (2) вывал леса с его характерными особенностями, (3) поверхностную сейсмическую волну, (4) воздушную акустико-гравитационную волну, распространившуюся по всему Земному шару, (5) тепловое воздействие, которое ощущалось очевидцами, вызвало пожар, ожоги растительности и животных. Компьютерное моделирование показывает, что как астероид, так и комета размером от 50 до 100 м может произвести взрыв в атмосфере на высотах 5–10 км, механический эффект которого соответствует Тунгусской катастрофе. Углы входа в атмосферу лежат в пределах от 30° до 45° к горизонтالي. Как ледяное, так и каменное тело полностью испаряется, и вероятность сохранения целого фрагмента, который мог бы выдержать взрыв и выпасть на поверхность в виде метеорита, очень мала. Менее изученные особенности события – (6) геомагнитное возмущение, возникшее через несколько минут после взрыва и (7) аномальные атмосферные явления, наблюдавшиеся в течение нескольких дней на протяженной территории России и Европы – связаны с развитием плюма. А именно, после торможения испаренного космического тела расширяющаяся масса газа и пара с частицами конденсата вылетает вдоль разреженного следа вверх на сотни километров со скоростями порядка нескольких километров в секунду, а затем движется в разреженной атмосфере баллистически и падает на ионосферу. Численное моделирование Тунгусского явления показывает, что большая часть десятимикронных частиц конденсата через несколько часов сконцентрирована на высотах 30–50 км, а огромное количество более мелких частиц рассеивается в атмосфере на высотах более 100 км. Подхваченные зональными восточными ветрами, дующими в нижней термосфере со скоростями более 100 м/с, микрочастицы могли достаточно быстро распространиться над обширной территорией на Западе и достигнуть Англии. Сопоставление результатов моделирования с рассказами очевидцев, наблюдавших светящийся объект, показывает, что на расстояниях от эпицентра в сотни километров свидетели Тунгусского события могли видеть лишь освещенные солнцем микрочастицы, выбрасываемые плюмом в верхние слои атмосферы, а не болид. В окрестностях эпицентра в смоле колец 1908 года нескольких исследованных деревьев были найдены микрочастицы разнообразного состава. Их космическое происхождение остается под вопросом, но численное моделирование явления показывает, что земное происхождение более вероятно – частицы Тунгусского космического тела размером 1–10 мкм были бы подняты плюмом и рассеяны в атмосфере. Исследования слоев торфа, близких по времени образования к 1908 году, выявили пики концентраций ряда элементов и изотопов. Соотношение между концентрациями элементов подходит к аналогичным соотношениям в углистых хондритах, а также к пылевой компоненте комет, но состав выпавшего на поверхность конденсата не может прямо соответствовать составу космического тела. Высокая концентрация изотопа углерода ^{13}C позволяет предположить, что Тунгусский объект был астероидом с большим содержанием углерода – испаренные органические соединения и окислы углерода кометы не могли бы сконденсироваться и выпасть в окрестности эпицентра.

Impact of Tunguska cosmic object: Facts, models, understanding of observations

V.V. Svetsov

Institute for Dynamics of Geosphere, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

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

Physico-mathematical models of the fall of cosmic objects in the atmosphere allow us to understand the main generally recognized facts connected with the Tunguska event: (1) absence of impact craters and meteorites around the epicenter, (2) tree fall with its specific features, (3) surface seismic waves, (4) aerial acoustic-gravity waves traveled over the whole Earth, (5) thermal effect which was felt by eyewitnesses, caused a fire, burn of vegetation and animals. Computer numerical modeling shows that both an asteroid and a comet from 50 to 100 m in size can produce the explosion in the atmosphere at altitudes 5–10 with mechanical effect conforming to the Tunguska catastrophe. The entry angles to the horizontal are from 30° to 45°. Both an icy and a stony object fully vaporize, and the chances of survival of a meteorite fragment, which could withstand the explosion and fall on the ground, are very small. Less well understood specific properties of the event – (6) geomagnetic disturbance originated in several minutes after the explosion and (7) anomalous atmospheric phenomena observed during several days over a spacious territory of Russia and Europe – are associated with the development of a plume. That is, after the deceleration of a vaporized cosmic object, an expanding mass of gas and vapor with condensed particles flies along the rarefied wake upward to altitudes of hundreds of kilometers with velocities of the order of several kilometers per second and then this mass moves ballistically in the rarified upper atmosphere and falls on the ionosphere. Numerical modeling of the Tunguska event shows that the bulk of ten-micron-diameter particles of condensate is concentrated at altitudes 30–50 km in several hours, and a huge amount of smaller grains spread in the atmosphere at altitudes above 100 km. Being caught by latitudinal easterly winds blowing in the lower thermosphere at speeds above 100 m/s, the microparticles could propagate over the vast territory in the west and reach England. Comparison of computational results with the reports of eyewitnesses (8), who observed a luminous object, shows that at distances about hundreds of kilometers from the epicenter the eyewitnesses of the Tunguska event could see only sunlit microparticles lofted by the plume to the upper layers of the atmosphere rather than a bolide. Microparticles of various compositions have been found in several investigated trees around the epicenter, in resin of rings dated to 1908 (9). Their cosmic origin remains under question, however the numerical modeling of the event shows that the terrestrial origin is more likely – the grains of the Tunguska cosmic object 1–10 microns in size would be raised by the plume and dispersed in the atmosphere. Analyses of peat layers formed around 1908 have revealed peaks in concentrations of a variety of elements and isotopes (10). Relationships between concentrations of sequences of elements correspond to the similar relationships in carbonaceous chondrites and also in dust component of comets; but the composition of condensate fallen on the ground cannot directly correlate with the composition of the vaporized cosmic object. High concentration of carbon isotope ^{13}C suggests that the Tunguska object was an asteroid with high content of carbon – vaporized organic compounds and carbon oxides of a comet could not condense and fall on the ground around the epicenter.

Механический эффект Тунгусского взрыва: вывал леса, землетрясение, оценки энергии

В.В. Светцов

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия. E-mail: svetsov@idg.chph.ras.ru

Тунгусское космическое тело затормозилось в атмосфере, его кинетическая энергия преобразовалась в тепловую, а ударная волна дошла до поверхности Земли и вызвала вывал леса и землетрясение аналогично воздушным взрывам. Площадь поврежденного леса в районе Тунгусского события составляет приблизительно 2000 км², что соответствует радиусу 25 км, а площадь сплошного вывала деревьев – около 600 км². В то же время в эпицентре взрыва в зоне радиусом 3–5 км остался стоячий лес. Магнитуда землетрясения, определенная по горизонтальной составляющей смещения в волне Релея, зарегистрированной после Тунгусской катастрофы, лежит в пределах от 4.7 до 5. Проведенное моделирование высотных сосредоточенных взрывов позволило определить диапазон энергий и высот взрывов, которые дают механический эффект соответствующий Тунгусской катастрофе с учетом особенностей вывала леса. Моделирование проводилось путем решения уравнений газовой динамики и переноса излучения. Вычислялись расстояния, на которых достигаются определенные горизонтальные скорости воздуха за фронтом ударной волны. По спектру давления на поверхности определялись магнитуды землетрясения

Энергии взрывов, которые дают механический эффект, аналогичный Тунгусской катастрофе, изменяются от 7 до 18 Мт, причем интервал высот для каждой энергии оказывается довольно узким: $6.5 < h < 7.5$ км при $E=8$ Мт, $6.5 < h < 8$ км при $E=10$ Мт, $7.5 < h < 9.5$ км при $E=12.5$ Мт, $8.5 < h < 9.5$ км при $E=15$ Мт и $9.5 < h < 10$ км при $E=18$ Мт. При этом магнитуды землетрясения изменяются от 4.8 до 5.0. Оказывается, что особенности вывала леса накладывают на параметры источника Тунгусского события более жесткие ограничения, чем измеренные магнитуды землетрясения. Энергии сосредоточенного взрыва более 20 Мт не подходят – либо площадь вывала леса оказывается слишком большой, либо, при взрывах на низких высотах, радиус зоны стоячего леса в эпицентре оказывается слишком малым.

Торможение метеороида в атмосфере не является точечным источником, потери скорости и выделение энергии космического тела происходят в некотором интервале высот, который может быть порядка высоты однородной атмосферы. При падении в атмосфере тело деформируется, разрушается, испаряется и рассеивается. Расчеты падений космических тел показывают, что картина движения струи испаренного тела существенно отличается от сосредоточенного взрыва – за метеороидом остается след с пониженной плотностью, вдоль которого после торможения происходит подъем нагретого вещества. Но при равенстве энергии высотного взрыва и начальной кинетической энергии тела параметры ударной волны у поверхности и расстояния, соответствующие определенной степени вывала леса, оказываются достаточно близкими, если высота остановки основной массы струи паров соответствует высоте сосредоточенного взрыва. Потери энергии на излучение при торможении космических тел с энергиями 10–20 Мт оказываются примерно такими же, как и при ядерных взрывах. Магнитуда землетрясения, вызываемая падением метеороида, немного ниже, но лежит в пределах интервала магнитуд, установленных для Тунгусского события.

Данная работа была поддержана РФФИ (проект № 07-06-00026).

Mechanical effect of Tunguska airburst: Tree fall, earthquake, energy estimates

V.V. Svetsov

Institute for Dynamics of Geosphere, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: svetsov@idg.chph.ras.ru

The Tunguska cosmic object has been decelerated in the atmosphere, its kinetic energy transformed to thermal energy, the shock wave reached the Earth surface and caused a tree fall and an earthquake similar to aerial explosions. The area of damaged forest is approximately 2000 km², which corresponds to a radius of 25 km, and the area of entirely felled trees is about 600 km². Besides, standing trees remained around the epicenter in the area 3–5 km in radius. The magnitude of the earthquake determined by the horizontal component of displacement in a Rayleigh wave registered after the Tunguska catastrophe is in a range from 4.7 to 5. Numerical modeling carried out for aerial point explosions made possible determination of the range of explosion energies and altitudes which produce mechanical effect conforming to the Tunguska catastrophe, having regard to specific features of the tree fall pattern. Computer modeling was based on the equations of gas dynamics and radiation transfer. Distances, which correspond to certain horizontal velocities behind the surface shock wave, have been computed. Earthquake magnitudes were calculated from pressure spectrum on the ground obtained in the computations.

Airburst energies, which yield mechanical effect similar to the Tunguska catastrophe, vary from 7 to 18 megatons TNT, the altitude range being rather narrow for each energy: 6.5 < h < 7.5 km if $E=8$ Mt, 6.5 < h < 8 km if $E=10$ Mt, 7.5 < h < 9.5 km if $E=12.5$ Mt, 8.5 < h < 9.5 km if $E=15$ Mt and 9.5 < h < 10 km if $E=18$ Mt. For all this range, the magnitudes of earthquakes vary from 4.8 to 5.0. It turns out that the peculiarities of the tree fall pattern impose more rigorous limitations on the parameters of the source of the Tunguska event than the registered magnitudes of the earthquake. Energies of point explosions above 20 Mt TNT do not fit the tree fall pattern – either the area of tree fall proves to be too large or, for airbursts at low altitudes, the radius of an area with standing forest at the epicenter proves to be too small.

Deceleration of a meteoroid in the atmosphere does not represent a point source of energy; velocity losses and release of cosmic object energy occur in some interval of altitudes, which can be of the order of the atmospheric scale height. When the body falls in the atmosphere it deforms, breaks up, vaporizes and disperses. The computations of the falls of cosmic bodies show that the pattern of the motion of a jet of vaporized material is substantially different from a point explosion – there is a wake with low density behind the meteoroid, and the heated material, after aerodynamic braking, rises along this wake. However, if the airburst energy is equal to the entry kinetic energy of a cosmic body, the parameters of shock waves at the ground and distances, which correspond to a certain degree of tree fall, turn out to be close in both cases if the altitude of deceleration of the bulk of a vapor jet approaches the altitude of a point explosion. Energy losses by radiation during the fall of cosmic objects with energies 10–20 Mt TNT turn out to be almost the same as for the aerial nuclear explosions. The magnitudes of earthquakes generated by the falls of cosmic bodies are slightly lower than for the point explosions with the same energy but are still within the range of magnitudes determined for the Tunguska event.

Acknowledgement. *This work was supported by RFBR (project no. 07-05-00026).*

Моделирование разрушения лесного массива ударной волной, вызванной падением крупного космического тела

В.В. Ситник

ф-т ВМК МГУ им М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: oz@angel.cmc.msu.ru

Данная работа посвящена изучению процессов эволюции интенсивных возмущений типа «взрыв в полете» [1, 2] при движении в атмосфере. Основное внимание уделено конечной стадии взаимодействия возмущения с поверхностью земли и процессу разрушения лесных массивов. Описываются результаты математического моделирования распространения возмущения в массиве растительности на основе полной системы уравнений Эйлера для двумерного и осесимметричного случаев. Влияние растительности воспроизводится при помощи введения массовых сил сопротивления в объеме, занимаемом лесом. Подобный подход уже использовался автором при моделировании распространения волновых фронтов через лесные массивы без учета разрушения лесостоя [3]. На основе простых пороговых моделей исследуется влияние скоростного напора на процесс разрушения растительности. На основе уточненной модели исследуется изменение конфигурации лесных массивов с учетом обрушения элементов растительности и влияние этого процесса на скорость диссипации возмущения.

Начальное возмущения типа "взрыв в полете" задавалось в виде области повышенного давления на различной высоте над верхней кромкой лесного массива. Скорость газа в объеме, занимаемом возмущением в начальный момент времени, выбиралась таким образом, чтобы обеспечить нужное соотношение кинетической и внутренней энергии возмущения.

Численное решение системы уравнений осуществляется при помощи метода Годунова. Программная реализация метода написана с использованием технологий параллельного программирования. На основании данной методики производились численные эксперименты для случаев различных видов растительности, различной протяженности лесостоев, расстояния от начального возмущения до массива растительности, различных начальных интенсивностей возмущения.

Выявлены эффекты возникающие при взаимодействии ударной волны и лесного массива. Для ряда значений начальной энергии возмущения и его начального расстояния до поверхности Земли построены графики зависимости зоны разрушенного лесостоя. Показано, что в случае уточненной модели с перераспределением элементов растительности по высоте, диссипация возмущения происходит быстрее, чем в случае простых моделей.

Литература

- [1] Шуришалов Л.В. Взрыв в полете // Механика жидкости и газа. 1984. №5. С. 126–129.
- [2] Кондауров В.И., Конюхов А.В., Полухин В.В., Утюжников С.В. Математическое моделирование движения газового облака после взрыва метеороида в атмосфере // Механика жидкости и газа. 1988. №1. С. 29–37.
- [3] Лебедев М.Г., Ситник В.В. Моделирование взаимодействия волнового фронта с массивом растительности // Прикладная математика и информатика. 2005. № 21. С. 48–71.

Modeling of forest destruction with a shock wave, due to the fall of the large cosmic body

V.V. Sitnik

CMC, MSU after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia, E-mail: oz@angel.cmc.msu.ru

Our goal was to study the process of evolution of highly intensive perturbations of the type «explosion in flight» [1, 2] during its movement in atmosphere. Main interest is paid to the final stage of the process of interaction of perturbation with earth surface and to the process of forest destruction. Results of computational simulations of perturbations propagation through forest canopy based on the complete Euler's equations set are shown in this paper. The influence of vegetation is represented with the mass-force of resistance taken into the account in the volume occupied with a forest. The approach had been already used by author in his simulations of the propagation of the wave fronts through vegetation without forest destruction taken into account [3]. Simple threshold-based models of destructible forest were used to study the influence of the dynamic pressure on the process of destruction of vegetation. More sophisticated models were created to study the process of tree-stand reconfiguration allowing the fall of the vegetation to be taken into account. Influence of this process on the dissipation of disturbance was also studied.

The initial disturbance of the type «explosion in flight» was given as a high-pressure area at the different heights above the forest top. The gas velocity within the area was chosen in a way to provide the required ratio between kinetic and internal energy of perturbation.

The numerical resolving of the equations set was performed using Godunov's method. The implementation uses technologies of the parallel programming. The described approach was used to perform simulations for various types of vegetation, distance between a source and a forest belt, its width, different amplitudes of a disturbance.

The influence of the near surface wind on the noise propagation through a stand of trees was also studied. Obtained results were analyzed and compared with the known experimental results.

As a result of our modeling some effects of shake wave propagation through vegetation were found. The ranges of destructed areas on surface were evaluated for various values of the initial energy of the perturbation and its initial height above the surface. It was shown that the speed of dissipation of the disturbance is higher in the case of more precise model, which took into account the redistribution of vegetation with height, than in the case of simple models.

References

- [1] *Shurshalov L.V.* Explosion in flight // *Fluid dynamics*. 1984. №5. P. 126–129.
- [2] *Kondaurov V.I., Konyuhov A.V., Poluhin V.V., Utyuzhnikov S.V.* Mathematical modelling of a gas cloud motion after meteorite explosion in the atmosphere // *Fluid dynamics*. 1988. №1. P. 29–37.
- [3] *Lebedev M.G., V.V. Sitnik.* Modelling the interaction of a wave front with a forest // *Applied mathematics and cybernetics*. 2005. № 21. P. 48–71.

Движение Тунгусского космического тела в атмосфере Земли: окончательное решение

В.П. Стулов

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

E-mail: stulov@imec.msu.ru

При движении метеорных тел в атмосфере относительная роль испарения характеризуется величиной параметра уноса массы. Свойства решений основной системы уравнений метеорной физики [1] в сочетании с результатами независимого численного эксперимента [2] показывают, что известное Тунгусское падение 30 июня 1908 года в сущности было гигантским микрометеором, т.е. рядовым явлением, отличающимся от практически ежедневных микрометеоров лишь масштабом, выраженным огромной массой метеорного тела.

Литература

- [1] Стулов В.П. Тезисы докладов на Межд. конф. “Соврем. пробл. теорет. астрономии” С.-Петербург. 1994. Т. 3. С. 82, 83.
- [2] Shuvalov V.V., Artemieva N.A. Planet. and Space Sci. 2002. V. 50. P. 181–192.

Tunguska cosmic body motion in the Earth’s atmosphere: final decision

V.P. Stulov

Institute for Mechanics Moscow Lomonosov State University, Moscow, Russia.

E-mail: stulov@imec.msu.ru

When meteorites move in the atmosphere, the relative role of evaporation is characterized by a mass loss parameter. In this work, it is shown that the properties of solutions for the main system of equations of meteor physics, along with the results of the independent numerical experiment, provide the conclusion that the well-known Tunguska impact event that happened on June 30, 1908 was a giant micrometeorite, i.e., an ordinary phenomenon that differed from daily micrometeorites only in the scale expressed by the huge mass of the meteorite.

References

- [1] Stulov V.P. Intern. Conf. “Modern problems of theoretical astronomy”, abstracts. St.-Petersburg. 1994. V. 3. P. 82, 83.
- [2] Shuvalov V.V., Artemieva N.A. Planet. & Space Sci. 2002. V. 50. P. 181–192.

Проблема Тунгусского метеорита в канун 100-летней годовщины его падения (Аэротермобаллистика болидов)

Г.А. Тирский

*Московский физико-технический институт (государственный университет),
Москва, Россия. E-mail: tirskey@imec.msu.ru*

Количественные научные исследования Тунгусского метеорита началось с 1960-х годов. Физическая теория метеоров (гидравлическая, нульмерная теория), развитие которой началось с 1930-х годов относилась к малым космическим телам, в которой учитывался унос массы от аэродинамического нагрева и не учитывалось дробление метеороида в атмосфере.

Работа, в которой впервые стало рассматриваться дробление метеороида под действием сил инерции при торможении в атмосфере была работа Ю.И. Фадеенко (1967 г.). Теперь уже бесспорно (по теории и наблюдениям), достаточно крупные космические тела произвольного состава (железное, каменное, углистый хондрит, лед и др.) при достижении плотных слоев атмосферы всегда прогрессивно дробятся на огромное количество осколков. Если в конце дробления, когда возрастающий предел прочности осколков с уменьшением их размера начинает превосходить аэродинамические нагрузки и размер осколков остается достаточно большим – выпадает метеоритный дождь (Сихоте-Алинский метеорит, 1947 г.) При дроблении же до мелких осколков (менее примерно 1-5 см для льда) осколки под действием конвективно-лучистых потоков высокотемпературного ударного слоя (десятки тысяч градусов) за доли секунд плавятся и испаряются, образуя облако горячего газа, которое быстро расширяется подобно сильному взрыву, с образованием наряду с баллистической волной взрывной ударной волны (ВУВ), которая достигая поверхности планеты валит деревья, а в эпицентре их поджигает.

Отставшее от ВУВ облако горячего газа с твердыми частицами быстро тормозиться и всплывает (свободная конвекция) в виде плюма (струи) со скоростью несколько километров в секунду, рассеивая оставшиеся твердые частицы на десятки километров вдали от эпицентра падения ВУВ.

В докладе этот сценарий описан количественно. До начала теплового «взрыва» решение термоупругой задачи о напряженно-деформированном состоянии шара и размере осколков получено в аналитическом виде. Начало взрыва и последующая эволюция уже газообразного и летящего в атмосфере облака с частицами, движение ВУВ, конвекция плюма, повал деревьев и их поджог рассчитывались численно в рамках трехмерной модели идеального газа с применением динамически адаптивных сеток. Проводится сравнение с данными последствия падения Тунгусского метеорита.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 06-01-00695 и программы «Ведущие научные школы» НШ-397.2008.1.

The problem of Tunguska meteorite on the eve of its fall centenary (Aerothermoballistics of bolides)

G.A. Tirskiy

*Moscow Institute of Physics and –Technology (State University),
Moscow, Russia, tirskiy@imec.msu.ru*

The quantitative scientific researches of Tunguska meteorite has been developed since the sixties of the last century. Physical theory of meteorites (hydraulic, zero-dimensional theory), which has been developed since the thirties, relates to small meteoroids; this theory takes into account ablation due to aerodynamic heating and does not take into account fragmentation of a meteoroid in the atmosphere.

For the first time fragmentation of a meteoroid under the influence of inertia force at braking in the atmosphere was considered in the paper of Yu.I. Fadeenko in 1967. At present there is no doubt (by theory and by observations) that sufficiently large meteoroids of various materials (iron, stone, coaly chondrite, ice and others) on reaching dense atmosphere always progressively crush to enormous number of fragments. If at the end of fragmentation the increasing strength of fragments with decreasing of their size exceeds aerodynamic loads and the size of fragments remains sufficiently large, then meteorite “rain” would fall (Sihote-Alinskiy meteorite, 1947). At fragmentation up to small fragments (for ice it is about 1-5 cm), the fragments under the effect of convective radiant fluxes in high-temperature shock layer (tens of thousands of degrees) melt and evaporate during a fraction of a second. At that a cloud of hot gas is forming and this cloud expands very rapidly like a strong explosion with forming together with ballistic wave explosive shock wave (ESW), which on reaching the surface of a planet brings down trees and set them on fire in the epicenter.

Remained behind the ESW a cloud of hot gas with solid particles rapidly brakes and emerges (free convection) in the form of plum jet at a speed of a few kilometers per second. At that residuary solid particles are scattered (dispersed) about tens of kilometers far from the epicenter of ESW fall.

In the presentation this scenario is described quantitatively. The analytical solution of thermoelastic problem of mode of deformation of spherical body and size of fragments before the beginning of thermal “explosion” is obtained. The beginning of explosion and following evolution of flying in atmosphere gas cloud with solid particles, moving of ESW, convection of a plum jet, bringing down of trees and there setting fire has been calculated in the framework of 3D ideal gas model with using of dynamically adaptive grids. The comparison with data of consequences of Tunguska meteorite fall.

This work has been supported by grants: “Scientific Schools” 397.2008.1 and RFBR 06-01-00695.

Метеорные взрывы в атмосфере Земли

В.В. Шувалов

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия. E-mail: shuvalov@idg.chph.ras.ru

Существует промежуточный и мало изученный класс ударных явлений, метеорные взрывы, который связан со сгоранием (точнее полным испарением) в атмосфере относительно больших (от десятков до нескольких сотен метров) космических тел. Метеорные взрывы отличаются от кратерообразующих ударов тем, что вся энергия метеороида выделяется в атмосфере (не в грунте), и кратер не образуется. От обычных метеорных явлений метеорные взрывы отличаются тем, что они производят разрушения и пожары на поверхности Земли. Тунгусская катастрофа 1908 года является примером такого метеорного взрыва.

При метеорных взрывах падающее тело подвергается сильному воздействию со стороны атмосферы. Можно выделить несколько стадий в эволюции ударника: деформация под действием аэродинамических нагрузок, разрушение из-за развития гидродинамических неустойчивостей, испарение фрагментов и образование газовой (состоящей из горячего воздуха и паров ударника) струи. Важно, что фрагментация и полное испарение ударника происходят при большой (близкой к начальной) скорости. Такой сценарий типичен и для каменных и для кометных тел. Позднее газовая струя тормозится в атмосфере или ударяет по поверхности Земли. Эта альтернатива определяет два возможных типа метеорных взрывов: высотные и поверхностные. В первом случае (тунгускообразные явления) газовая струя тормозится на некоторой высоте, а возникающий "огненный шар", не коснувшись поверхности, всплывает, будучи горячим и легким. Во втором случае (поверхностные метеорные взрывы) газовая струя ударяет по твердой поверхности, но кратер и ударномодифицированный материал не образуются из-за низкой плотности струи. Если струя ударяет по поверхности до полного испарения фрагментов ударника, то может образоваться кратер. Такой удар будет кратерообразующим, а не поверхностным метеорным взрывом.

Были проведены численные эксперименты для определения того, какой тип удара (кратерообразующий, поверхностный или высотный метеорный взрыв или обычное метеорное явление) реализуется при разных размерах ударника и углах наклона траектории. Для численного моделирования использовалась программа COVA. Результаты показывают, что угол наклона траектории является очень важным параметром. В частности, при вертикальном ударе кометного тела диаметром выше 70 м неиспарившиеся фрагменты ударника долетают до поверхности, в то время как при угле наклона траектории 5 градусов полностью испаряется даже комета диаметром 1000м. Результаты также показывают, что при углах наклона траектории 30-45 градусов падения астероидов диаметром 50-60м и комет диаметром 80-100м производят эффекты, аналогичные наблюдавшимся при Тунгусской катастрофе 1908 года.

Основные выводы: - Метеорные взрывы вызываются кометами и астероидами размером от десятков метров до километра (с энергиями от 10 Мт до 100 Гт ТНТ).

- Метеорные взрывы происходят чаще, чем кратерообразующие удары (в среднем раз в 100-1000000 лет в зависимости от энергии).

- Тунгусская катастрофа - пример маломощного метеорного взрыва, вызванного падением кометы или астероида размером 50-100м.

Данная работа была поддержана РФФИ (проект № 07-06-00026).

Aerial bursts in the Earth's atmosphere

V.V. Shuvalov

Institute of Geospheres Dynamics RAS, Moscow, Russia. E-mail: shuvalov@idg.chph.ras.ru

There is an intermediate and rather poorly studied class of impact events, aerial bursts, associated with “burning out” of comparatively large (from tens of meters to a few hundred meters) cosmic bodies in the atmosphere. The aerial bursts differ from the crater-forming impacts in that the entire energy of a meteoroid is released in the atmosphere (not in the ground) and no observable crater is formed. The aerial bursts differ from meteor events in that they strongly affect the Earth surface. The radiation emitted by a fireball can result in fires and even can cause melting of a ground surface; the shock wave from “the air explosion” can lead to strong devastation. The Tunguska catastrophe of 1908 is an example of such an aerial burst.

In the aerial bursts a projectile is strongly affected by atmospheric drag. Several typical stages can be distinguished in the evolution of a projectile: deformation under aerodynamic loading, progressive disruption due to development of hydrodynamic instabilities, evaporation of fragments and formation of gaseous air-vapor jet. It is important that both fragmentation and total evaporation occur at high velocity (closed to the initial pre-entry projectile velocity). This scenario is typical for both stony and cometary projectiles. Later the gaseous jet decelerates in the atmosphere or strikes the Earth's surface. This alternative determines the two possible types of aerial bursts: Tunguska-like phenomena (high altitude aerial bursts) and surface aerial bursts. In the first, Tunguska-like phenomena, the gaseous jet decelerates at some altitude and a resulting fireball (not touching the ground surface) rises due to buoyancy. In the surface aerial bursts the gaseous jet strikes the ground surface, however, no craters and shock induced modification of target material are produced because of low bulk density of the jet. If the debris jet strikes the surface before total evaporation of solid fragments it can produce a crater. Such impacts are not included into the class of aerial bursts.

Numerical simulations were performed to define what type of impact (crater-forming impact, surface aerial burst, high-altitude aerial burst or meteor phenomenon) is realized at different projectile sizes and impact angles. The simulations were based on the SOVA multi-dimensional multi-material hydrocode. The results have shown that the impact angle is a very important parameter. In particular, solid fragments of cometary meteoroids with initial diameter exceeding 70 m reach the ground in a vertical impact whereas a 1000-m-diameter comet is totally burnt away in the atmosphere in a very oblique 5 degree impact. The simulations also show that 30 to 45 degree oblique impacts of both a 50 to 60-m-diameter stony meteoroid and an 80 to 100-m-diameter cometary meteoroid could produce effects similar to those observed in the 1908 Tunguska event.

Main conclusions:

- Aerial bursts are produced by comets and asteroids with sizes ranging from tens of meters to about one kilometer (energies from 10 Mt to 100 Gt of TNT equivalents).
- Aerial bursts are more frequent in the Earth's history than crater forming impacts (they occur on average once in 100 to 1,000,000 years depending on the energy).
- The Tunguska impact is an example of a low energy aerial burst, produced by a 50- to 100-m-diameter comet or asteroid.

Acknowledgement. *This work was supported by RFBR (project no. 07-05-00026).*

Траектория Тунгусского космического тела по показаниям очевидцев

Л.Е. Эпиктетова

Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: epiktet@yandex.ru

До сих пор вопрос о траектории Тунгусского космического тела (ТКТ) по показаниям очевидцев является спорным. Не достигнуто согласования траекторий по показаниям очевидцев и вывалу леса.

В данной работе траектория определялась на следующих основаниях: пересечения проекцией траектории ТКТ реки Лены вблизи села Мироново и возможного отклонения области вывала леса от первоначальной траектории ТКТ [Эпиктетова, 1976]; возможности расчета высоты точек вертикальной проекции траектории по направлению на Солнце из некоторых пунктов, где очевидцы заметили потемнение на местности после падения ТКТ [Эпиктетова, 2003].

Рассматривалась полная база показаний очевидцев из первичных документов опросов после 1958 г. и более ранних. Большинство из них опубликовано в каталоге [Васильев и др., 1981]. Из этой работы использовалась программа расчета углов и длин дуг на сферической поверхности, выполненная С.А. Разиным. Высота точек траектории рассчитывались по формуле из работы [Зоткин и др., 1991].

В результате расчетов подтвердилось предположение об отклонении эпицентра вывала леса от первоначальной траектории ТКТ. Настоящая земная точка ТКТ смещена к СЗ от эпицентра на расстоянии 200 – 250 километров. Она находится в области богатых магнетитовыми шариками проб почвы [Флоренский, 1963]. Азимут траектории ТКТ, пересекающий Лену вблизи села Мироново, примерно 126° , угол наклона в горизонтальной плоскости предполагаемой земной точки 28° - 29° .

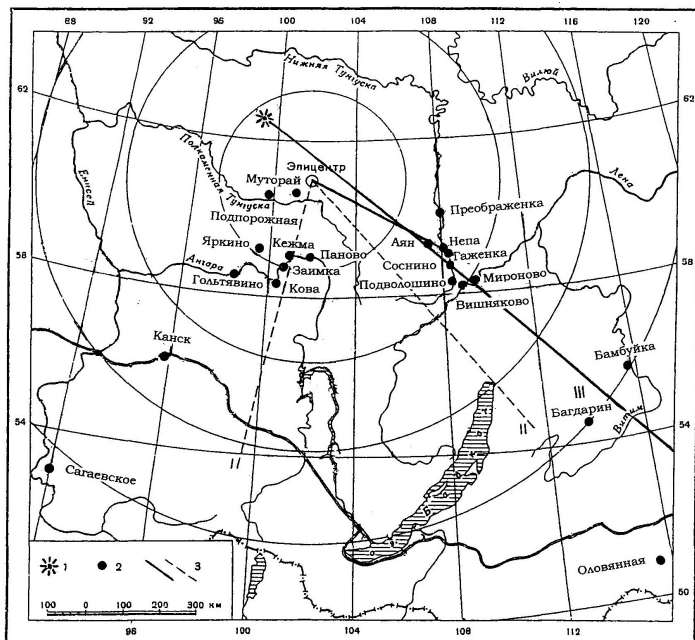
Вывал леса образовала часть массы ТКТ, которая дала ветку траектории с азимутом 115° на конечном участке. Причиной отклонения, по-видимому, послужило сильное торможение этой фракции из-за ее формы «снопа» с компактной группой кусков в голове. Структуру вывала леса, скорее всего, определила общая ударная волна от этой группы кусков ТКТ и их взаимодействие.

Разрушение ТКТ началось на расстоянии более тысячи километров от эпицентра, в верховьях реки Витим, на высоте по местной вертикали 1000-1300 км и, по-видимому, носило характер взрыва. Выпадение кусков ТКТ произошло на большой площади, по первоначальной и отклоненной ветвям траектории, а также между ними в результате отделения кусков от компактной группы при движении «снопа». Это и определило характер распределения магнетитовых шариков в почве [Флоренский, 1963].

Рассеянное в атмосфере вещество ТКТ дало тень на поверхность Земли и, по-видимому, потом явилось причиной возникновения светлых ночей.

Литература

- [1] Васильев Н.В., Ковалевский А.Ф., Разин С.А., Эпиктетова Л.Е. Показания очевидцев Тунгусского падения. Томск, 1981. ВИНТИ №5350-81.
- [2] Зоткин И.Т., Чигорин А.Н. Радиант Тунгусского метеорита по визуальным наблюдениям // Астрон. вестн. 1991. Т. 25. №5. С. 613-620.
- [3] Флоренский К.П. Проблема космической пыли и современное состояние изучения Тунгусского метеорита. Геохимия. М.: Изд. АН СССР, 1963. №3. С.284-296.
- [4] Эпиктетова Л.Е. Новые показания очевидцев падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976. С. 20-34.
- [5] Эпиктетова Л.Е. Разрушение Тунгусского космического тела при движении в атмосфере Земли и некоторые выводы о динамике взрыва // Тезисы докладов юбилейной научной конференции «95 лет Тунгусской проблеме 1908 – 2003». М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. С. 92-95.



Уточненная траектория Тунгусского космического тела (ТКТ) по показаниям очевидцев на карте из работы И.Т. Зоткина "Траектория и орбита Тунгусского метеорита" (Метеоритика.1966. Вып.27. С.109-118.)

- 1 - земная точка ТКТ,
- 2 - пункты наблюдений,
- 3 - траектории: I – Астаповича, II - Кримова, III - уточненная.

Trajectory of Tunguska Cosmic Body on the basis of witness testimonies

L.E. Epiktetova

Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: epiktet@yandex.ru

The problem of the Tunguska Cosmic Body (TCB) trajectory is disputable till now. The trajectory coordination on the bases of witness testimonies and of the forest-fall has not been achieved.

In this paper the trajectory was defined on the follow grounds: crossing of trajectory projection with Lena river near by Mironovo village and possible deviation of forest-fall region from original trajectory [Эпиктетова, 1976]; possibility to calculate the point altitude of trajectory vertical projection in the direction to the Sun from some sites, where darkness on the terrain was observed after TCB fall [Эпиктетова, 2003].

The full base of the witness testimonies from the primary documents of interrogation later on 1958 year and more early ones was considered. Most of them are published in the catalogue [Васильев et al., 1981]. The Razin's program, from this catalogue, for calculation of arc lengths and angles on the spherical surface was used. Altitude of trajectory points was calculated by the formula in the paper [Зоткин et al., 1991].

In the result of calculation, supposition about the deviation of the forest-fall epicenter from the original trajectory was confirmed. The true terrestrial point of TCB is displaced 200-250 km NW from the epicenter. It is located in the region of ground samples rich in magnetite small balls [Флоренский, 1963]. Azimuth of trajectory TCB, crossing Lena river near by Mironovo village, is approximately 126° , its angle of inclination relating the horizontal flat of proposed terrestrial point TCB is 28° - 29° .

The forest-fall was made by some fraction of TCB, which formed branch of trajectory with azimuth 115° on terminal part. The reason for deviation this fraction was, obviously, its strong braking in the atmosphere owing to "sheaf" shape with compact group of pieces in the head. Most probably, the forest-fall structure was determined by the general shock wave from this group of pieces and their interaction.

Destruction of TCB started more than thousand kilometers from epicenter, in the Upper Vitim, on the altitude of local vertical 1000-1300 km, and, obviously, was similar explosion. The fall of TCB pieces on the ground took place on large area, along the primary trajectory and the deviated branch, and also between them as a result of some pieces separation from compact group during the "sheaf" motion. This determined the character of the magnetite small ball distribution [Флоренский, 1963].

The TCB matter dissipated in the atmosphere formed shadow on the earth surface and, evidently, was the reason for the light night appearance.

References

- [1] Васильев Н.В., Ковалевский А.Ф., Разин С.А., Эпиктетова Л.Е. Показания очевидцев Тунгусского падения. Томск, 1981. ВИНТИ № 5350-81.
- [2] Зоткин И.Т., Чигорин А.Н. Радиант Тунгусского метеорита по визуальным наблюдениям // Астрон. вестн. 1991. Т.25. № 5. С. 613-620.
- [3] Флоренский К.П. Проблема космической пыли и современное состояние изучения Тунгусского метеорита. Геохимия. М.: Изд. АН СССР, 1963. №3. С. 284-296.
- [4] Эпиктетова Л.Е. Новые показания очевидцев падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976. С. 20-34.
- [5] Эпиктетова Л.Е. Разрушение Тунгусского космического тела при движении в атмосфере Земли и некоторые выводы о динамике взрыва // Тезисы докладов юбилейной научной конференции «95 лет Тунгусской проблеме 1908 – 2003». М.: Изд-во Моск. ун-та. 2003. С. 92-95.

Chemical signature of the Tunguska Event in Greenland Ice

M. Baillie

*School of Geography, Archaeology and Palaeoecology
Queen's University, Belfast, U.K.*

In analyzing the chemistry of the various Greenland ice cores, study was restricted to a limited suite of ions; one of these was ammonium. Interpretation of the ammonium record concentrated on the issue of biomass burning, consistent with the idea that the main source of ammonium was likely to be forest fires (1, 2).

However, the presence of a significant spike of ammonium at AD 539 $\pm$ 1 in the GRIP ice core (3) essentially coincident with the global tree-ring downturn around AD 540 (4) hinted at an extraterrestrial cause. This led to the recognition that a large concentration of ammonium at AD 1908.48 in the detailed GISP2 ice record (5) appeared to be closely coincident with the 30th June 1908 Tunguska impact.

It is clear from the published record on biomass burning that no consideration was given to the possibility that some ammonium, and related nitrate, spikes in the ice cores might, in fact, be signatures for extraterrestrial impacts; despite the close coincidence in 1908 noted above. This issue raises the question whether the ammonium, and associated chemistry, at 1908.48 was a primary or a secondary effect of the Tunguska event, i.e. was it brought in or produced by the Tunguska impactor or was it due to the partial burning of the forest? This is something that obviously requires further study.

For anyone interested in this 'ammonium as a signature for impacts' scenario it can be pointed out that ammonium occurs at potentially significant dates such as AD 1740.05 coincident with the coldest known year in England, and 1491.15, not very far from the closest known approach by a comet on 20th February 1491. There is also an occurrence around 1348 and another around 1014 when, again, a close comet is recorded (6, 7).

This paper will demonstrate that a more detailed study of ammonium/nitrate occurrences might be rewarding, especially when comparison is made with the historical record. As the earlier sections of the ice-core chronologies are further refined towards historical precision, an eventual shocking scenario cannot be ruled out.

References

- (1) Taylor, K.C., Mayewski P.A., Twickler M.S. and Whitlow S.I. Biomass burning recorded in the GISP2 ice core: a record from eastern Canada? // *The Holocene*. 1996. V.6. P. 1-6.
- (2) Legrand M.R., De Angelis M., Staffelbach T., Neftel A. and Stauffer B. Large perturbations of ammonium and organic acids content in the Summit-Greenland ice core. Fingerprint from forest fires? // *Geophys. Res. Lett.* 1992. V. 19. P. 473-475.
- (3) Fuhrer K., Neftel A., Anklin M. and Maggi V. Continuous measurements of hydrogen peroxide, formaldehyde, calcium and ammonium concentrations along the new GRIP ice core from Summit, Central Greenland // *Atm. Environ.* 1993. V. 12. P. 1873-1880.
- (4) Baillie, M.G.L. Dendrochronology raises questions about the nature of the AD 536 dust-veil event // *The Holocene*. 1994. V. 4. № 2. P. 212-217.
- (5) Mayewski, P.A., W.B. Lyons, M.J. Spencer, M.S. Twickler, C.F. Buck, and S.I. Whitlow. An ice core record of atmospheric response to anthropogenic sulphate and nitrate // *Nature*. 1990. V. 346. P. 554-556.
- (6) Baillie, M.G.L. New Light on the Black Death: the cosmic connection. 2006. Tempus, Stroud.
- (7) Sekanina Z, Yeomans D.K. Close encounters and collisions of comets with the Earth // *The Astronomical Journal*. 1984. V. 89. № 1. P.154-161.

New Simulations Suggest that Tunguska Yield has been Overestimated

M.B.E. Boslough

Sandia National Laboratories, Albuquerque NM, USA. E-mail: mbboslo@sandia.gov

D.A. Crawford

Sandia National Laboratories, Albuquerque NM, USA. E-mail: dacrawf@sandia.gov

New simulations of airbursts in the Earth's lower atmosphere from hypervelocity asteroid impacts suggest that a re-evaluation of the impact hazard is necessary to properly account for the enhanced damage potential relative to point-source approximations. The intent of these simulations was to explore the phenomenology associated with low-altitude airbursts and to determine whether the altitude of maximum energy deposition can be used as a reasonable estimate of the equivalent height of a point explosion. The simulations suggest that this not a good approximation, because the center of mass of an exploding projectile is transported downward in the form of a high-temperature jet of expanding gas. The jet descends by a significant fraction of the burst altitude before its velocity becomes subsonic. The time scale of this descent is similar to the time scale of the explosion itself, so the jet simultaneously couples both its translational and its radial kinetic energy to the atmosphere. Because of this downward flow, larger blast waves and stronger thermal radiation pulses are felt at the surface than would be predicted for a nuclear explosion of the same yield at the same height. For impacts with a kinetic energy above some threshold, the hot jet of vaporized projectile (the descending "fireball") makes contact with the Earth's surface, where it expands radially. The results of these simulations, combined with a reexamination of the surface conditions at Tunguska in 1908, reveal that several assumptions from the earlier analyses have led to erroneous conclusions, resulting in an overestimate of the size of the Tunguska event. Because there is no evidence that the Tunguska fireball descended to the surface, we argue that the yield must have been about 5 megatons or lower.

Sandia is a multiprogram laboratory operated by Sandia Corporation, a Lockheed Martin Company, for the United States Department of Energy under Contract DE-AC04-94AL85000. This work was funded by the LDRD and CSRF programs.

Numerical simulations of low-velocity impacts into weak soils: implications for the formation of Lake Cheko

G.S. Collins

Impacts and Astromaterials Research Centre, Dept. Earth Science and Engineering, Imperial College London, SW7 2AZ, UK. Email: g.collins@imperial.ac.uk

Gasparini et al. (2007) suggested that Lake Cheko, a ~300-m wide lake situated a few kilometres downrange from the assumed epicentre of the 1908 Tunguska event, is an impact crater. Their hypothesis is based on the lake's unusual morphology for the area, its location downrange of the blast epicentre, and evidence that the lake may be ~100 years old. In response, Collins et al. (2008) also showed that a tensile strength of 10-40 MPa is required for an asteroid fragment to traverse the Earth's atmosphere and reach the surface intact and with sufficient velocity to excavate a crater the size of Lake Cheko. Inferred tensile strengths of large stony meteorites during atmospheric disruption are 10-100 times lower. The impact hypothesis for the formation of Lake Cheko does not fit with our current understanding of atmospheric entry of small asteroids.

Putting the issue of impactor survival to one side, several lines of observational evidence are also inconsistent with the impact hypothesis for the lake's origin: the ellipticity of the lake; the absence of an uplifted rim and proximal ejecta deposits; the lack of impactor material in and around the lake; and the presence of apparently unaffected mature trees close to the lake (Collins et al., 2008). Gasparini et al. (2007; 2008) propose that the survival of proximal vegetation, and the absence of an uplifted rim and ejecta deposits, might be explained by a low-velocity, impact into a weak, wet target. I have explored this possibility by numerically simulating the formation of a crater the width and depth (and volume) of Lake Cheko, for different assumed impact velocities and low target strengths (Figure 1). At an impact velocity of 1 km/s, an asteroid ~40-m in diameter is required to form a crater that has the same volume as Lake Cheko. This is half the estimated diameter of the Tunguska bolide. A larger impactor diameter is required if the impact velocity is lower. All impact simulations that produce a final crater profile consistent with Lake Cheko also predict that a large volume of material ejected from the crater should land within 100-200-m of the crater at ~25m/s (90 kmph). Collapse of the uplifted rim may be explained by a very weak near surface layer, or rapid erosion, but it is very hard to reconcile the violent ejecta deposition with the observed tree survival.

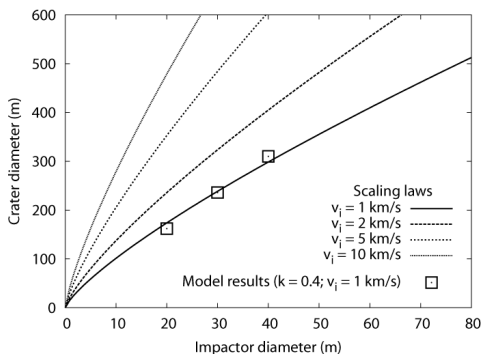


Figure 1 Crater versus impactor diameter for a stony asteroid impacting wet soil, based on scaling laws (lines) and numerical impact simulations (symbols; friction coeff. k), for different low impact velocities v_i .

References

- Collins, G.S., et al. (2008) Evidence that Lake Cheko is not an impact crater. *Terra Nova*, 20, 165–168.
Gasparini, G., et al. (2007) A possible impact crater for the 1908 Tunguska Event. *Terra Nova*, 19, 245–251.
Gasparini, G., et al. (2008) Lake Cheko and the Tunguska Event: impact or non-impact? *Terra Nova*, 20, 169–172.

Lake Cheko: a crater left by a fragment of the Tunguska Cosmic Body ?

L. Gasperini

Istituto di Scienze Marine (ISMAR), Marine Geology, C.N.R., Bologna, Italy. E-mail: luca.gasperini@ismar.cnr.it

E. Bonatti

Dipartimento di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma, Italy

G. Longo

Dipartimento di Fisica, Università di Bologna, Bologna, Italy

Several expeditions explored the site on the 1908 Tunguska Event (TE), starting with those led by Leonid Kulik in the late twenties and thirties. Kulik identified the epicenter of the explosion in a heavily forested area from the radial distribution of flattened trees. He also found many trees that were left standing directly below the explosion, although deprived of their branches and partially burned (the so called telegraph poles). Kulik reached the conclusion that he had discovered the remains of a large impact crater now hidden by a swamp and a number of secondary bowl-shaped holes of different sizes (from few meters to tens of meters in size, less than few meters deep) covered by peat bogs. This pattern could have been caused by a meteorite that fell in a swarm of separate fragments. Other authors questioned this interpretation, suggesting that the circular features observed in the area of the epicenter were not necessarily related to extraterrestrial impacts, but probably to seasonal thawing and freezing of the ground. Two observations favored this second interpretation: 1) circular features of similar size are common at these latitude; 2) these depressions were found in low-lying areas, but not on the slopes of hills or on any of the relief occupying a considerable part of the epicenter region. All attempts at finding macro-remnants of the cosmic body by digging these circular depressions were unsuccessful; therefore, the hypothesis of an impact with the ground was abandoned. Subsequent expeditions have been devoted mainly to the study of the tree patterns in the devastated taiga and to the search of microparticles of the cosmic body, under the assumption that it exploded in the atmosphere. The TE is far from being completely understood, although it occurred less than a century ago and has been the object of several studies. The most probable hypothesis is the impact with the Earth of a cosmic body that exploded about 5-10 km above the ground, releasing in the atmosphere 10-15 Mton of energy. However, fragments of the impacting body have never been found, and its nature (comet or asteroid) is still a matter of debate.

We report here new data on the TE derived from the study of a small (~350m diameter) lake (lake Cheko), located about 8 km NNW of the inferred explosion epicenter. Its funnel-like bottom morphology, revealed by high-resolution bathymetry, and the structure and the composition of its sedimentary deposits, studied through acoustic imagery and direct sampling, suggest that the lake fills a crater created by the impact of a secondary fragment of the cosmic body onto alluvial, swampy ground. The size and shape of the crater may have been strongly affected by the swampy nature of the ground, and by impact-related melting and degassing of a permafrost layer.

Discovery of PGEs and other elements anomalies near the 1908 Tunguska explosion site

Quanlin Hou

Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China.

E-mail: quhou@gucas.ac.cn

Liewen Xie

State Key Laboratory of Lithospheric Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China. E-mail: xieliewen@mail.igcas.ac.cn

E.M. Kolesnikov

Geological Faculty of Moscow State University, 119899 Moscow, Russia

N.V. Kolesnikova

Geological Faculty of Moscow State University, 119899 Moscow, Russia

Qing Liu

Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China.

E-mail: qingliu@gucas.ac.cn

We have measured excesses of Ir, Rh, Pd, Sc, Co, Ni, Sr and REE at the event layers in a peat column (KEM-21) from the center of the 1908 Tunguska explosion site. In order to find the cause of excesses of these elements, the background peat column (2F), which was sampled from Vanavara which is 65 KM away from the center of explosion area and situated the south of Tunguska area, was analyzed and distinct change of the concentration of these elements in the background samples can not be found. In the event layer (30~63 cm) of KEM-21 peat column, the average concentrations of PGEs, indicators of cosmic material, show a factor 4~8 higher than the background value (0~30 cm). In addition, there are not correlation between Ni vs Co, Ni vs Pd and Ir vs Pd in peat 2F samples and those above 30cm in peat KEM-21 (background layer). However, there are good correlations between these siderophile elements in the event layer samples of peat column KEM-21 (lower 30 cm). These results indicate they might have the same source, i.e. the Tunguska explosive body. Further more, the siderophile elements ratios gives evidence that the Tunguska explosive body was likely a carbonaceous asteroid.

Geochemical studies of spherules from the Tunguska site

C. Koeberl

Department of Lithospheric Research, University of Vienna, Althanstrasse 14, A-1090 Vienna, Austria. E-mail: christian.koeberl@univie.ac.at

B.P. Glass

Department of Geology, University of Delaware, Newark, DE, USA. E-mail: bglass@udel.edu

F. Brandstätter

Department of Mineralogy and Petrology, Natural History Museum, Vienna, Austria. E-mail: franz.brandstaetter@nhm-wien.ac.at

M. Chaussidon

CRPG-CNRS, Nancy, France. E-mail: chocho@crpg.cnrs-nancy.fr

Soil samples collected from the devastated area at Tunguska yielded magnetic and silicate spherules. Nine samples of these spherules were obtained by B. Glass in the 1960s from the collection of E. Krinov for examination. All nine of the spherules are about 80 to 100 μm in diameter. They are all spheroidal in shape, but a few are irregular with conical protrusions. The spherules are transparent and colorless. In transmitted light most of them contain dark areas due to numerous small bubble cavities; two of the spherules contain no bubble cavities. Four of the silicate spherules were analyzed by B. Glass for microprobe analysis (Glass, B.P., 1969, *Science* 164, 547-549). The 1969 results showed that the silicate spherules are somewhat heterogeneous. Of the elements, K, Fe, and Na seem to be the most heterogeneous, and Mn, Mg, and Ca seem to be the most homogeneous. Silicon is fairly homogeneous in all four samples and Al is somewhat heterogeneous. No definite conclusions could be obtained by Glass (1969) regarding the origin of the spherules. To study the possible relation with the Tunguska event, or to try and find data that would indicate that these spherules are some form of contamination. The samples (all 9 spherules) were newly analyzed by electron microscope, electron microprobe, and ion probe (secondary ion mass spectrometry) for heterogeneity, major element composition, and trace element composition, respectively. The new microprobe data gave a range in SiO_2 content of 35-69 wt%, Al_2O_3 content of 7.9-18.7 wt%, FeO 0.2-6.9 wt%, MgO 0.1-12.8 wt%, CaO 0.4-35.8 wt%, Na_2O 0.4-5.9 wt%, K_2O 0.9-6.1 wt%, TiO_2 0.01-1.3 wt%, and MnO 0.01-3.3 wt%. These values are a wide spread, although the main compositions are more restricted – the outliers are indicating heterogeneities in the spherules. The trace element determinations (by ion microprobe) are currently in progress and will hopefully help to decide if these are natural products or some type of industrial contamination. The spherules are not of volcanic origin, but the silicate spherules are also not similar to any major group of stony meteorites, including carbonaceous chondrites. An impact origin is also unlikely, as no large impact crater has been formed at Tunguska (the identification of Lake Cheko as an impact-related feature is disputed and probably the impact velocity would have been too small to cause wide-spread melting anyway). Several natural processes (including forest fires) may form spherules, but also a large variety of artificial spherules, produced by various melting and manufacturing processes (e.g., fly-ash, metallurgy, road materials), have recently been recognized as contaminants in geological samples and laboratories. To find such products in a remote area in the early 20th Century would be an interesting result as well.

The new map of the Tunguska tree fall

G. Longo

Dipartimento di Fisica, Universita' di Bologna, Bologna, Italy, E-mail: longo@bo.infn.it

M. Di Martino

INAF-Osservatorio Astronomico di Torino, Italy, E-mail: dimartino@oato.inaf.it

Gennady V. Andreev

Tomsk State University, Tomsk, Russia

J.F. Anfinogenov

Tungusky State Natural Reserve, Vanavara, Evenkija, Russia, E-mail: anfinogenov@rambler.ru

L.I. Budaeva

Tomsk State University, Tomsk, Russia

E. Kovrigin

Tomsk State University, Tomsk, Russia, E-mail: admin@e-kov.com

We have plotted a new map of the Tunguska tree fall on the basis of three datasets: 1) revised Fast data collected on-site during 12 different expeditions from 1958 up to 1979, 2) data from the 1938 aerophotosurvey, directed by L.A. Kulik, 3) data collected in 1967 by Anfinogenov group. To analyse Kulik's data and to link the 1938 photographs to the ground, the "Tunguska99 expedition", in collaboration with the Russian "State Research Institute of Aviation Systems" (GosNIIAS), carried out a new aero-photographic survey. The 1999 survey covered a surface of $\sim 300 \text{ km}^2$ between the latitudes $60^\circ 50' 00'' \text{ N}$ and $60^\circ 58' 30'' \text{ N}$ and between the longitudes $101^\circ 45' 00'' \text{ E}$ and $102^\circ 05' 00'' \text{ E}$, corresponding to an area a little larger than that of the 1938 aero survey. We have measured on the digitalized photographs the direction of single fallen trees and we have obtained an averaged azimuth for each trial area. For the first time, 19,106 singletree azimuths have been measured on 350 trial areas of the 1938 survey. Moreover we have assigned a reliability degree for each trial area averaged azimuth. The reliability degree has been introduced on the basis of the percentage of singletree azimuths that lay in a sector of 15° centered on the averaged azimuth. The azimuths obtained give information on the direction of the blast wave. Assuming that the Tunguska Event was caused by the explosion in the atmosphere of a single body, we obtain a final trajectory azimuth $\alpha = 110^\circ \pm 5^\circ$. However, on the basis of the tree fall data and earlier eyewitness testimonies, we consider that the Tunguska Cosmic Body was a multiple bolide formed by at least two bodies of similar mass. The same tree fall data are compatible with the hypothesis that two bodies entered the atmosphere very close to each other following parallel trajectories with azimuths $\alpha \sim 135^\circ$ and an inclination of the total combined shock wave axis between 30° and 50° . The first body, with a greater mass, emitted the maximal energy at a height of about 6-8 km. The second, of minor mass, flew a little higher, on the right side and behind the first body, following the azimuth $\alpha \sim 135^\circ$ in the direction of the lake Cheko.

The Tunguska Object, Comet Encke and the Taurids

P. McCafferty

Irish and Celtic Studies, Queens University Belfast and Armagh Observatory, N. Ireland.

E-mail: pmccafferty03@qub.ac.uk

Simulation of the orbit of Comet Encke suggests that its node crossed earth's orbit ca. 1750 and 2100 years ago, with prior, similar events roughly 2700 years beforehand. At such times, one can expect earth to encounter cometary debris, while during intervening periods, one can expect the sky to be 'quiet'. The Tunguska event occurred in 1908, at a time when Comet Encke and its debris were remote, and harmless for earth. Furthermore, interpretations of certain myths, such as the Iliad, suggest that these are describing the effects of an Encke-type comet, but again at a time when Comet Encke was remote. Does this mean that the Tunguska object was not part of the Taurid system?

100 years of the Tunguska Phenomenon and Russian-German cooperation

G. Polzer

D-08115 Mittelstrasse 7b, Schonfels, Germany

Г. Польцер

Д-08115 Миттельштрассе 7б, Шёнфельс, Германия

1. In September / October 1997, the 1st Russian - German Tunguska meteorite expedition started with the priority task for the investigation, in the epicenter of the explosion, the so-called «Tunguska-peat layer». It was located at 38 to 43 cm deep in the mire. At the time of the Tunguska disaster this marsh area was at the marsh surface and therefore could reflect some changes caused by the Tunguska disaster. With a special drill about 480 peat samples to a depth of more than 1 m were taken from the epicenter area, as well as from the mire in it's vicinity. The samples had a diameter of 50 mm according to the diameter of the drill.

2. The investigations in laboratories in Moscow and in Zwickau included the qualitative and quantitative microscopic examinations and statistical analysis in the individual peat samples regarding unicellular microorganisms – the testate (shell bearing) amoebae.

3. As a result a novel effect on the testate amoebae was discovered – the modification of their shell geometric structure depending on the ecological environment conditions change.

4. The environmental conditions in the epicentre of the Tunguska disaster changed in such a way that some new morphotype kinds of testate amoebae arose. After a few decades they disappeared back because the original environmental conditions reinstated. It has been for some decades when the original type of testate amoebae biocenose and their morphotype composition also reinstated.

5. Besides that the mapping of existing telegraph "trees" and tree ring width measurements on the tree cross sections were done. The latter showed a previously known faster tree growth after Tunguska explosion.

A CO₂-plume over the Tunguska area in the days after the 1908 impact

K.L. Rasmussen

Institute of Physics and Chemistry, University of Southern Denmark, Campusvej 55, DK-5230 Odense M, Denmark. E-mail: klr@ifk.sdu.dk

P. Ditlevsen

Niels Bohr Institute, Centre for Ice and Climate, University of Copenhagen, Juliane Maries Vej 30, DK-2100 Copenhagen O, Denmark. E-mail: pditlev@gfy.ku.dk.

F. Praëm-Larsen

Danish Meteorological Office, Lyngbyvej 100, DK-2100 Copenhagen O, Denmark, E-mail: fpl@dmu.dk

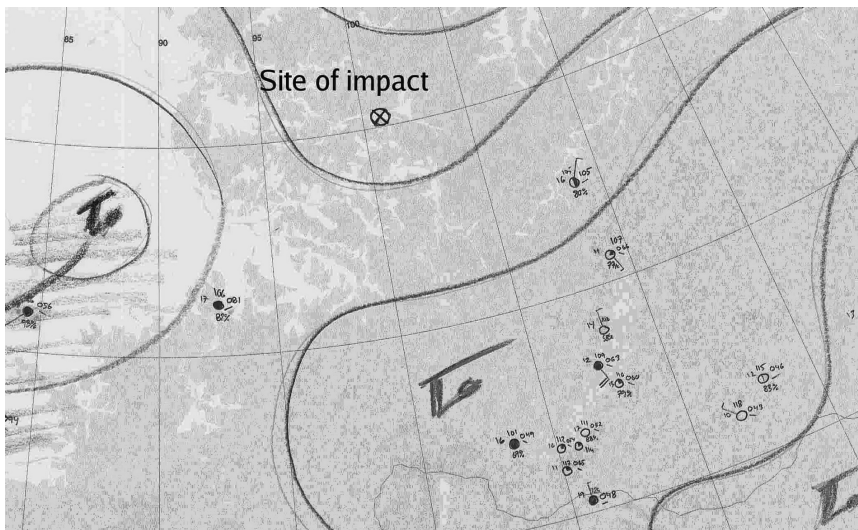
A depletion of the radiocarbon content measured in plant remains in the impact layer at the N19 site near the central Tunguska impact site made Rasmussen et al. (1999) suggest that the plants assimilated a considerable amount of cosmic carbon in the day(s) after the Tunguska impact event. This scenario relies on two postulates: 1) a sizable fraction of the impactor carbon was present as CO₂, and 2) that the CO₂-plume was not removed immediately from the impact area by advection of high winds. Rasmussen et al. (1999) predicted that between 24 and 48 hours of stability in the weather system would be sufficient to account for the measured uptake of cosmic carbon.

Based on the meteorological data available we have conducted a reconstruction of the weather system in the days after the Tunguska impact event in Eastern Siberia. 11 meteorological stations from the impact area, Irkutsk, and around the Lake Baikal have been included in the study. The weather has been reconstructed for 6 days starting on the morning of the 30th June 1908. Our reconstruction has been verified by a reconstruction made by the German Wetterzentrale for Europe and Russia until the Ural Mountains in the same time period. Our results show that the weather was generally calm with wind speeds below 4 to 5 m/s. The temperatures were high – with a daily maximum of ca. 25°C. The cloud cover was between 2 and 5 1/10 from the 30th to the evening of the 3rd July, where it grew to 6 to 8 1/10. For most stations there were prolonged periods with clear sky and sunshine. The relative humidity was high throughout the period, between 50 and 80 % RH. On the 3rd of July a low pressure passed Doudinka, but this probably only affected the outskirts of the Tunguska impact area. It is possible that thunderclouds can have passed over the area – the weather stations only report data 3 times a day. But even so the winds would in these circumstances have had a turbulent nature causing vertical mixing and not caused a large scale advection removing the air from the Tunguska impact area in a systematic way.

Our weather reconstruction thus shows that the weather was indeed stable with calm winds, a lot of sun, and no large advection term acting for ca. 2-4 days. The weather reconstruction therefore renders credibility to the suggestion of Rasmussen et al. (1999) that a sizable fraction of the Tunguska Impactor mass was present as CO₂ and that the plants did experience a large uptake of cosmic carbon.

References:

Rasmussen K.L., Olsen H.J.F., Gwóźdź R. and Kolesnikov E. Evidence for a very high carbon/iridium ratio in the Tunguska impactor // Meteoritics and Planetary Science. 1999. V 34. P. 891-895.



Reconstructed weather map for 1st July 1908.

2D and 3D visualization of the Tunguska central area

C.A. Volpicelli

INAF-Osservatorio Astronomico di Torino, Italy

M. Di Martino

INAF-Osservatorio Astronomico di Torino, Italy

G. Longo

Dipartimento di Fisica – Università di Bologna, Italy

R. Serra

Dipartimento di Fisica – Università di Bologna, Italy

During the Tunguska99 expedition we carried out an aereo-photographic survey of the central part of the area devastated by the Tunguska explosion. We present here the composite 2D and 3D images, obtained by using a Digital Elevation Model (DEM), of an area covering about 350 km^2 centered on the epicenter. The 3D model will can be used to apply explosion models in order to verify the effects of the orography on the devastation and compare these results with the map showing the trees fallen by the shockwave. This kind of analysis will help to determine with a high level of accuracy the energy of the explosion and the altitude at which it occurred.

Раздел 2. МАЛЫЕ ТЕЛА

Section 2. SMAL BODIES

Математическое моделирование движения астероидов на основе методов Адамса с переменным шагом

В.В. Абрамов

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия, E-mail: vva85@mail.ru

В данной работе для исследования эволюции орбит астероидов использовались методы Адамса с разделенными разностями. Данная форма записи позволяет производить численное интегрирование с переменным шагом.

Закладка таблицы интегрирования осуществлялась только в начальный момент времени для старта многошагового метода. В отсутствие тесных сближений малых тел с большими планетами численное интегрирование осуществлялось с постоянным шагом 0,2 дня. В моменты сближений величина шага плавно уменьшалась по мере сокращения расстояния между телами. По завершении сближения шаг вновь плавно увеличивался до первоначальной величины 0,2 дня.

Вычисления производились по формулам методов Адамса с разделенными разностями и в моменты тесных сближений, и при их отсутствии. Только в последнем случае величина шага оставалась постоянной. Это было сделано в целях оптимизации, поскольку в данном случае не требуется пересчет коэффициентов в методах Адамса с разделенными разностями. Таким образом, коэффициенты необходимо пересчитывать только в кратковременные моменты тесных сближений, поскольку в этом случае происходит плавное изменение шага.

Результаты вычислений координат и компонент скоростей небесных тел достаточно хорошо согласуются с соответствующими результатами, полученными с помощью методов Адамса с постоянным шагом и модифицированного метода Эверхарта. При этом процесс численного интегрирования осуществляется соответственно в 1,5 и в 4 раза быстрее.

Более высокое быстродействие достигается благодаря плавности смены шага, а также вследствие того, что при изменении величины шага интегрирования в методах Адамса с разделенными разностями не требуется производить закладку таблицы интегрирования и какие-либо другие дополнительные вычисления. Также возможность плавного изменения величины шага упрощает построение критериев выбора оптимального шага интегрирования. Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что применение методов Адамса с разделенными разностями является более предпочтительным.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию (проект РНП. 2.1.1.1689).

Mathematical modeling of the asteroids motion based on Adams methods with a variable step size

V.V. Abramov

Samara State Technical University, Samara, Russia. E-mail: vva85@mail.ru

Adams methods with divided differences were used in this work to study the asteroid orbit evolution. This notation permits to perform a numerical integration with a variable step size.

Building of an integration array was carried out at the initial moment only to start the multistep method. If there are no close approaches of smaller bodies to bigger planets, the numerical integration was performed with a fixed step size of 0,2 days. At the moments of approaches the step size was gradually decreased simultaneously with the reduction of the distance between bodies. Upon completion of the approach the step size was increasing smoothly up to initial size of 0,2 days.

The calculations were performed using formulas of Adams the methods with divided differences both at the moments of close approaches and without them. But in the second case the step size remained stable. It was done for optimize purposes because in this case the recalculation of coefficients of Adams methods with divided differences is not required. Therefore it is necessary to recalculate coefficients at the short-time moments of close approaches only since the step size smooth changes take place at such moments. The coordinates and celestial bodies velocities components calculation results well enough agree with the corresponding results obtained using Adams methods with a fixed step size and modified Everhart method. The numerical integration is carried out 1,5 and 4 times faster.

Higher performance is achieved due to the smoothness of step size change and because it is not necessary to build the integration array and perform any other additional calculations with the change of the integration step size using Adams methods with divided differences. Smooth step size changes simplify criteria of selecting the optimal integration step size. Thus, the conclusion is that Adams methods are much more preferable.

Моделирование потоков астероидов, сближающихся с планетами

Е.С. Баканас, С.А. Нароенков

ИНАСАН, Email: alena@inasan.ru

Проводится исследование особенностей эволюции элементов орбит астероидов, сближающихся с Землей, Марсом и Юпитером. Для каждой группы астероидов создается набор потоков виртуальных астероидов, соответствующих разным подгруппам сближающихся тел. Проводится статистическое исследование эволюции потоков астероидов, имеющих тесное сближение с планетами.

Работа поддержана грантом РФФИ № 08-02-00931-а.

The modelling of asteroid streams approaching with planets

E.S. Bakanas, S.A. Naroenkov

INASAN, E-mail: alena@inasan.ru

Research of properties of the orbital evolution of the asteroids approaching with the Earth, Mars and Jupiter is spent. For each asteroid group a number of streams of the virtual asteroids corresponding to different subgroups of approaching bodies is created. Statistical research of evolution of streams of the asteroids having close rapprochement with planets is spent.

О наблюдениях тел с размерами Тунгусского метеорита в некоторых метеорных потоках

С.И. Барабанов, Е.С. Баканас

Институт астрономии. E-mail: sbarabanov@inasan.ru

Рассматривается населенность телами декаметровых размеров пространства вблизи земной орбиты. На основании наблюдательных данных о метеорных потоках проводится оценка населенности такими телами метеорных потоков. Описываются результаты поисковых наблюдений, проводимых сотрудниками ИНАСАН на трех обсерваториях (Симеиз, Звенигород, Терскол), нацеленных на обнаружение тел декаметровых размеров на подлете к Земле на расстояниях до нескольких десятков миллионов километров. На базе статистики обнаружений проводится анализ населенности этими телами избранных метеорных потоков и пространства вблизи земной орбиты. С использованием программного комплекса, разработанного в ИНАСАН, проводится сравнение с результатами исследований другими методами и на основании выборки по таким телам из базы данных малых тел Солнечной системы

About observations of bodies with the sizes of the Tunguska meteorite in some meteoric streams

S.I. Barabanov, E.S. Bakanas

INASAN, E-mail: sbarabanov@inasan.ru

Density of population by bodies of decametre sizes in the near-Earth space is considered on the basis of the observational data. The result of search for such bodies supervision spent by employees INASAN on three observatories (Simeiz, Zvenigorod, Terskol) on approach to the Earth on distances to several tens millions kilometres is denote. On base of data base of small bodies and statistics of the detection the analysis of density of the population by these bodies of the selected meteor streams is carried out. Comparison with results of researches by other methods is spent with use the program of software developed in INASAN.

Микрометеориты из ледникового щита Новой Земли

Д.Д. Бадюков

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

E-mail: badyukov@geokhi.ru

Льды ледниковых покровов Антарктики и Арктики являются хорошо известными коллекторами космической пыли. В течении последних 35 лет собрано значительное число микрометеоритов (ММ) из ледников Гренландии и Антарктиды как непосредственно путем плавления льда, так и при сборе твердой компоненты, скапливающейся в особых местах (т.н. ледниковые озера). Архипелаг Новая Земля также покрыт ледником и может являться местом сбора ММ. Нами исследовались образцы глинистого материала, накапливающиеся на поверхности ледника на его кромке в северо-восточной части и материал краевой морены. Образцы были отмыты от глинистой компоненты и рассеяны на ситах. Для изучения применялись стандартные методы минералогического исследования (оптическая микроскопия, СЭМ, РЭСМА). Отбор и классификация различных типов ММ проводился с использованием известных критериев, таких как оптические свойства частиц и их химический состав.

Моренный материал не содержит ММ, хотя в нем отмечены многочисленные черные частицы сферического облика, являющиеся агрегатами пирита или продуктами его изменения. Образцы глинистого материала наоборот показали высокие концентрации ММ, достигающие 100 – 300 индивидуальных частиц на 1 г сухой породы, что сравнимо с концентрациями ММ отложений озер Гренландии. Фракция менее 30 мкм из этих образцов содержит многочисленные сферулы неустовленного происхождения, которые могут быть как антропогенного происхождения, так и иметь какой-нибудь экзотический источник.

Среди коллекции отобранных ММ присутствуют все три известных типа ММ – переплавленные (космические сферулы), шлаковидные частицы и непереплавленные ММ, различающиеся по степени температурной обработки при прохождении метеороидов через атмосферу Земли. Переплавленные ММ представлены как обычными классами шариков – полосчатых, порфириковых, криптокристаллических, стекловатых и металлических, так и частицами необычной морфологии и структуры. Хотя первоначальный состав переплавленных ММ модифицирован процессами испарения, соотношения Mg-Al-Ca-Si соответствуют хондритовым. Среди шлаковидных ММ преобладают частицы, имеющие предшественниками углистые хондриты, менее распространены обыкновенные хондриты. Непереплавленные ММ расклассифицированы на частицы, сложенные филлосиликатами, филлосиликатами с присутствием зерен оливина и пироксена, оливином и/или пироксеном и веществом обыкновенных хондритов, отмечаются уникальные частицы с авгитом и основным плагиоклазом, а также частицы, сложенные веществом, близким Ca-Al хондрам.

Предполагается, что химически и минералогически ММ Новой Земли весьма полно характеризуют состав тотального потока мелкодисперсного космического вещества на Землю. Состав этого потока отличен от состава потока метеороидов в первую очередь резким преобладанием вещества углистых хондритов, что может быть связано с разными источниками ММ и метеороидов. Представительность коллекции ММ из ледникового щита Новой Земли, представляется весьма важной при изучении сферул с места Тунгусского события и восстановлении состава твердой компоненты Тунгусского тела.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 07-05-92165-НЦНИ_а) и Программы Президиума РАН №18.

Micrometeorites from the Glacier Sheet of the Novaya Zemlya

D.D. Badjukov

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

E-mail: badjukov@gcohi.ru

Ice of Antarctic and Arctic glaciers is a well-known collector of a dust. A fraction of the buried in ice dust is present by micrometeorites (MMs). During last 35 years a huge number of MMs were derived from glaciers of Greenland and Antarctica both directly by melting of ice and collecting micrometeorite-rich deposits in specific areas (e.g. glacier lake sediments). The glacier sheet covers Northern Island of the Novaya Zemlya archipelago and, hence, can be also a place for collecting of MMs. The Triassic sedimentary bedrocks are black and gray siltstone, shale, and fine-grained sandstone. We studied both clayish matter that have been accumulated on a glacier surface at margins at the northern-eastern end of the glacier and end-moraine material. The samples were washed in water for removing of clay and sieved. Standard mineralogical methods were used in the study like optical microscopy, ASEM, and EPMA. Selection and classification of different types of MMs were performed using well-known criteria like the morphological and optical characteristics as well as the chemical compositions. Most interesting particles were sectioned and studied using ASEM and EPMA.

Samples of moraine do not contain any MMs although there are numerous black particles of spherical shapes that are framboidal pyrite. On the other hand, samples of clayish matter contain high concentrations of MMs that are as high as 100 – 300 particles per 1 gramm of a dry sample that is comparable with MMs concentrations in glacier lake deposits from Greenland. The < 30 μ m fraction of our samples contains numerous droplets and spherules that have unknown origin, perhaps anthropogenic, although I can not exclude their cosmogenic sources.

In the collection there are all three known types of MMs, namely melted MMs, scoriaceous MMs, and unmelted MMs which differ in degrees of their heating during passes of meteoroids through the Earth atmosphere. Melted MMs are present by obvious cosmic spherule types like barred, porphiritic, cryptocrystalline, glassy, and iron as well as by particles seem to be unusual due to their morphology and structures. Although there are modifications of their primary chemical compositions due to loss of volatile elements during the atmosphere pass, the Mg-Al-Ca-Si relationships correspond to chondritic. Particles that have the carbonaceous chondrite precursors dominate among scoriaceous MMs, ordinary chondrites are less common. Most unmelted MMs are completely or partially enveloped by iron oxide rims. Among studied UMMs vast majority consists of pure phyllosilicates sometimes with iron oxide and pentlandite, saponite, phyllosilicate(s) with low-Ca pyroxene and/or olivine, and pure pyroxene and/or olivine sometimes with glass matrices. These particles have the carbonaceous (mostly) or ordinary chondrite precursors. However, there are particles that can not be attributed to chondritic. They are composed of augite and Ca-plagioclase or are close to Ca-Al chondrules.

I suggest that the Novaya Zemlya MM collection characterizes composition of the global MMs flux to the Earth in full. The MM flux composition is different from the composition of the meteorite flux due to predominating of carbonaceous chondrite MMs that can be connected with different sources of MMs and meteorites. The data can be important by studies of Tunguska event spherules and establishing a composition of the Tunguska body.

Acknowledgements: The work was supported by RFBR (grant 07-05-92165-НЦНИ_a) and Program № 18 of RAS.

Моделирование движения фрагментов разрушенного метеороида. Оценка расстояния разлета.

Н.Г. Барри

Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: n_barri@imec.msu.ru

При прохождении сквозь атмосферу со скоростью от 11 до 72 км/с метеорное тело испытывает большие нагрузки. Когда давление на лобовую поверхность достигает критического значения, равного прочности материала тела, метеороид разрушается. Его фрагменты расходятся в поперечном направлении за счет взаимодействия ударных волн. Кроме того, более мелкие фрагменты тормозятся сильнее, чем крупные. Таким образом, происходит разлет и в продольном направлении.

В работе проведено моделирование движения в атмосфере двух фрагментов метеороида. Рассмотрены два случая: расхождение двух одинаковых фрагментов в поперечном направлении и расхождение двух фрагментов разного радиуса одновременно в продольном и поперечном направлении. Получено довольно простое аналитическое выражение поперечной скорости фрагмента U_f через параметры материала тела (прочность σ_i и плотность ρ_m) и коэффициент расталкивающей силы для двух одинаковых фрагментов: $U_f = \sqrt{3\sigma_i (0.5C_0 + 2d_0)/8 \cdot \rho_m}$.

Значения C_0 и d_0 определяют аппроксимацию коэффициента расталкивающей силы. Коэффициент расталкивающей силы используется в виде аппроксимации результатов численного моделирования по обтеканию двух одинаковых сфер (Ждан И.А., Стулов В.П., Стулов П.В. Аэродинамическое взаимодействие двух тел в сверхзвуковом потоке // ДАН. 2004) и двух сфер разного радиуса (Ждан И.А. Аэродинамическое сопротивление системы тел в сверхзвуковом потоке. Ломоносовские чтения 2005).

В случае образования фрагментов различной массы меньший фрагмент тормозится сильнее по сравнению с более крупным и сильнее отклоняется в поперечном направлении от траектории основного тела. Последнее утверждение опирается на результаты работы (Ждан, 2005), где был рассчитан коэффициент расталкивающей силы для двух сфер различного радиуса в сверхзвуковом потоке. В работе предложена модель, в которой меньший фрагмент в поперечном направлении движется перпендикулярно плоскости, образуемой траекторией основного тела и ее проекцией на горизонталь. А более крупный фрагмент не отклоняется от траектории родительского тела. Т.е. разлет фрагментов в данной модели происходит за счет более сильного торможения меньшего фрагмента и его отклонения в поперечном направлении. В случае разных фрагментов поперечная скорость зависит от отношения радиусов образующихся фрагментов $U_f = \sqrt{(R_1/R_2) \cdot 3\sigma_i (C_0 + 2d_0)/8 \cdot \rho_m}$, где R_1 - радиус большего фрагмента, R_2 - радиус меньшего фрагмента.

Для описания продольного движения родительского тела и фрагментов использовано численное решение системы уравнений торможения и абляции. В работе проведены расчеты по предложенным моделям и оценка расстояния разлета фрагментов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-01-00009.

Modeling of the movement of meteoroid fragments. An estimation of separation distance

N.G. Barri

Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

E-mail: n_barri@imec.msu.ru

A meteoric body has great loading during its passage through the atmosphere with a velocity from 11 to 72 km/s. A meteoroid collapses when aerodynamic pressure on a front surface reaches the critical value equals to durability of a body material. Its fragments separate in a transverse direction as a result of interaction of shock waves. Besides, smaller fragments decelerate more than large ones. Thus, there is a separation in a longitudinal direction also.

A modelling of two fragments movement in the atmosphere is carried out in this work. Two cases are considered: scattering of two identical fragments in a transverse direction and scattering of two fragments of different radii simultaneously in a longitudinal and transverse direction. A quite simple analytical expression of transverse velocity of fragment U_f through parameters of the body material (strength σ_t and density ρ_m) and repulsive force coefficient for two identical fragments is obtained: $U_f = \sqrt{3\sigma_t (0.5C_0 + 2d_0)/8 \cdot \rho_m}$.

Values C_0 and d_0 define an approximation of the repulsive force coefficient. This coefficient is used as an approximation result of the numerical simulation of the flow past two identical spheres (Zhdan I.A., Stulov V.P. and Stulov P.V. (2004) Aerodynamic interaction of two bodies in a supersonic flow. Doklady Physics) and two spheres of different radii (Zhdan I.A. (2005) The aerodynamic resistance of the bodies system in a supersonic flow (abstract) Lomonosov conference).

In the case of fragments of different mass a smaller fragment decelerate more in comparison with large one and a smaller fragment more separates from the trajectory of a main body in transverse direction. The last statement relies on results of the work (Zhdan, 2005) in which the repulsive force coefficient is calculated for two spheres of different radii in a supersonic flow. A following model is proposed in the present work. A smaller fragment moves in transverse direction at right angle to a plane formed by the trajectory of a main body and its projection on the horizontal. A large fragment does not deviate from the trajectory of a parent body. That is, separation of fragments takes place due to strong deceleration of smaller fragment and its deviation in orthogonal direction. In the case of different fragments a transverse velocity depends on a quotient of fragments radii $U_f = \sqrt{(R_1/R_2) \cdot 3\sigma_t (C_0 + 2d_0)/8 \cdot \rho_m}$, where R_1 is a radius of a large fragment, R_2 is a radius of a smaller fragment.

A numerical solution of combined equations of deceleration and ablation is used for description of a longitudinal movement of a parent body and fragments. Calculations according to proposed models and an estimation of separation distance of fragments are carried out in the work.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 07-01-00009.

Астероиды и кометы из облака Оорта в околоземном пространстве

Е.Е. Бирюков

Кафедра вычислительной и небесной механики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: caesare@susu.ac.ru

В работе исследуется физическая эволюция комет из облака Оорта в околоземном пространстве. Получено, что количество комет, захваченных из почти параболического потока, на орбитах галлеевского типа (КГТ) и семейства Юпитера (КСЮ) с абсолютной звездной величиной ярче, чем $H_{10}=7m$ с перигелийным расстоянием $q < 1$ а.е. должно быть ~ 1000 комет в каждом семействе. Эти оценки в несколько раз превышают количество обнаруженных КГТ и КСЮ. Для разрешения этой проблемы введена функция угасания комет. Наше исследование показало, что кометы начинают угасать на расстояниях $\sim 3,5$ а.е. от Солнца. В этом случае среднее физическое время жизни составляет 140 оборотов на орбитах с $q < 1$ а.е. Эта модель показывает хорошее согласие с наблюдениями активных КГТ. Если при угасании все кометы превращаются в астероиды, то распределение угасших комет будет находиться в противоречии с наблюдениями астероидов на кометных орбитах. В настоящее время обнаружен только один астероид на орбите галлеевского типа с $q < 1$ а.е. Астероидов на орбитах семейства Юпитера с $q < 1$ а.е. не обнаружено. Наша модель предсказывает 990 астероидов на орбитах КГТ с $q < 1$ а.е. Для того, чтобы определить, сколько кометных ядер превратится в астероиды или разрушится, мы предположили, что способ угасания зависит от перигелийного расстояния кометных орбит. Мы получили, что в этом случае количество дамоклоидов на орбитах с $q < 1$ а.е. должно быть 9-13. Остальные кометные ядра угасших КГТ а также все ядра угасших КСЮ с $q < 1$ а.е. должны разрушиться.

Работа поддержана грантом РФФИ 06-02-16512.

Asteroids and comets from Oort cloud in near-Earth space

E.E. Biryukov

Department of computational and celestial mechanics, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

E-mail: caesare@susu.ac.ru

The capture of comets from the Oort cloud and their dynamical evolution to the near-Earth space and physical evolution is investigated. The predicted steady-state number of Halley-type comets (HTC) and Jupiter-family comets (JFC), arising from the observed near-parabolic cometary flux with perihelion distances $q < 1$ AU and absolute magnitude brighter than $H_{10}=7$ are roughly equal 10^3 in each cometary family. This estimate is many times more than the number of known HTCs and JFCs. A possible resolution of this discrepancy may be found by introducing a fading function of comet. Our investigations have shown that active comets fade in brightness over many orbits after they reach $q \sim 3,5$ AU, the mean physical lifetime of comets with $q < 1$ AU is ~ 140 revolutions. This model shows good agreement with the observations of active HTCs, but distribution of dormant comets is not consistent with observations. Only one asteroid on Halley-type orbits with $q < 1$ AU have been discovered. Asteroids on JFC-orbits with $q < 1$ AU not observed. Our model predicts that there should be 990 dormant HTCs. To determine whether comets become dormant or disrupt, we should suggested, that the fading behaviour depends on the perihelion distances of comets. Thus, for our best fit model we predict that the steady-state number of Damocloids with $q < 1$ AU is 9-13 and other cometary nuclei must have disrupted. Also we found, that all faded JFCs with $q < 1$ AU must have disrupted.

This work was supported by RFBR Grant 06-02-16512.

Долгосрочные численные теории движения комет

Ю.С. Бондаренко, Ю.Д. Медведев

Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия.

E-mails: jurabo@yandex.ru, medvedev@ipa.nw.ru

Для построения численных теорий движения комет, охватывающих большое число появлений, разработан комплекс программ. Интегрирование уравнений движения производится с повышенной точностью. Увеличение точности достигается путем применения модифицированного метода Энке. Модификация метода состоит в том, что смена оскуляции происходит на каждом шаге интегрирования и параметры невозмущенного движения вычисляются с учетверенной точностью с использованием переменных типа `real*16` (32 десятичных знака). Данный комплекс дает возможность одновременно определять любое число наборов негравитационных параметров в форме Марсдена A_1 , A_2 и A_3 , что дает возможность учитывать изменение негравитационных ускорений со временем. Кроме того, данный комплекс позволяет определять импульсное изменение скорости в выбранные моменты времени, а также учитывать смещение фотоцентра кометы вдоль радиуса-вектора кометы.

Вычислены новые долгосрочные численные теории комет Копфа и Энке.

Long-term numerical theories of cometary motions

Yu.S. Bondarenko, Yu.D. Medvedev

Institute of Applied Astronomy, Saint-Petersburg, Russia.

E-mails: jurabo@yandex.ru, medvedev@ipa.nw.ru

Complex program for the calculation of the long-term numerical theories of motions comets is developed. The motion equations are integrated with extended-precision. The modification Encke method is used. Osculation epoch is changed at each integration step. The nonperturbed orbit is calculated with quadruple precision (32 decimal digits). The sets of Marsden's nongravitational parameters A_1 , A_2 and A_3 for every observed appearance can be defined by this program. The impulse change of cometary velocity for selected moments can be also calculated. The complex program allow to take account of fotocentre displacement along the cometary radius-vector.

The new long-term numerical theories of motions comets Kopff and Encke are obtained.

Поляриметрия кометы 73P/Швассманна-Вахманна

С.Ф. Величко

Институт астрономии Харьковского национального университета

им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина

Международный центр астрономических и медико-экологических исследований,

Киев, Украина, E-Mail: honorus@mail.ru

Ф.П. Величко

Институт астрономии Харьковского национального университета

им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина, E-Mail: velichko@univer.kharkov.ua

Комета 73P/Швассманна-Вахманна (SW3) классифицируется как богатая газом комета с очень низким отношением пыль/газ (примерно в 10 раз меньше, чем для хорошо известной кометы 2P/Энке [1]). Кроме этого, комета показывает очень низкое содержание углеродосодержащих молекул. В 1995 году SW3 распалась на три фрагмента, а при прохождении перигелия в 2006 году распалась снова более чем на 50 частей [2].

С апреля по мая 2006 года нами были проведены поляриметрические наблюдения В и С ядер кометы SW3. Наблюдения были выполнены на 70-см телескопе института астрономии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина с использованием одноканального фотометра-поляриметра. Наблюдения проводились через узкополосные кометные фильтры в областях видимого континуума BC ($\lambda 4845/65\text{\AA}$) и RC ($\lambda 6840/90\text{\AA}$), и с широкополосным фильтром WRC ($\lambda 7228/1140\text{\AA}$). Получена фазовая зависимость линейной поляризации для ядра С в диапазоне фазовых углов $47^\circ, 6-95^\circ, 2$. Измеренная часть фазовой зависимости очень близка к тому, что наблюдается для пылевых комет и лежит немного ниже средней фазовой зависимости линейной поляризации для пылевых комет. В тоже время, она расположена существенно выше, чем для так называемых газовых комет. Этот факт еще раз подтверждает некорректность деления комет на пылевые и газовые по данным измерения поляризации в континууме [1]. Поляризация В и С ядер в красном континууме, примерно, равны в пределах ошибок измерений. Другими словами, физические свойства пыли ядер В и С подобны. Получено значение спектрального градиента поляризации $S'(BC, RC) = -0.96\%$ на $1000\text{\AA}$ для ядра В. Подобные аномальные значения спектрального градиента наблюдались ранее для кометы 21P/ Джикобини-Циннера [3], и кометы C/1999 С4 (ЛИНЕАР) [4] после ее распада.

Литература

- [1] Jockers K., Kiselev N., Bonev T., Rosenbush V., Shakhovskoy N., Kolesnikov S., Efimov Yu, Shakhovskoy D., Antonyuk K. CCD imaging and aperture polarimetry of comet 2P/Encke. Are there two polarimetric classes of comets? // Astron. Astrophys. 2005. V. 441, № 2. P. 773-783.
- [2] http://science.nasa.gov/headlines/y2006/24mar_73p.htm
- [3] Kiselev N.N., Jockers K., Rosenbush V.K. Organic matter in dust of comet 21P/Giacobini-Zinner and the Draconid meteoroids // Earth, Moon, and Planets. 2000. V. 82-83. P. 141-148.
- [4] Velichko S. Aperture polarimetry of comet C/1999 S4 (LINEAR) // First step to nobel prize in physics. Warszawa: Instytut Fizyki PAN, 2002. P. 81-86.

Polarimetry of comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3

S.F. Velichko

Institute of Astronomy of Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

International Center for Astronomical, Medical and Ecological Research, Kyiv, Ukraine

E-Mail: honorus@mail.ru

F.P. Velichko

Institute of Astronomy of Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

E-Mail: velichko@univer.kharkov.ua

The comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3 (SW3) is classified as the gaseous comet with a very low dust-to-gas ratio (about to ten times less, then for the well-known gaseous comet 2P/Enke [1]). It belongs to comets with very low content of carbonaceous molecules. The comet had splitted into three fragments on 1995 and for the approaching to perihelion on 2006 it splitted to about of 50 fragments again [2].

During April - May of 2006 were carried out the polarimetric observations of B and C fragments of the comet SW3. We used the 70-cm telescope of Institute of Astronomy of Karazin Kharkiv National University equipped by a single-channel photometer-polarimeter. Two continuum narrow-band filters BC ($\lambda 4845/65 \text{ \AA}$), RC ($\lambda 6840/90 \text{ \AA}$) and wide-band filter WRC ($\lambda 7228/1140 \text{ \AA}$) were used.

We have measured the linear polarization and obtained the polarization phase angle dependence of the nucleus C in the range of phase angle from $47^{\circ},6$ to $95^{\circ},2$ deg. The measured part of phase dependence is close and a little bit lower then the average one of dusty comets, but it is a far above than for so called gaseous comets. This fact intensified doubts in correctness of division of the comets on dusty and gaseous groups according to polarization of continuum [1]. The polarization of nuclei B and C in red continuum are close one to another within the errors of measurement. This points on the similarity of physical properties of dust of the B and C nuclei. The estimate value of spectral gradient of polarization gives quantity of $S'(BC,RC)=-0.96\%$ per $1000\text{\AA}$ for nucleus B. The similar anomalous negative spectral gradient observed earlier for the comet 21P/Giacobini-Zinner [3], and C/1999 S4 (LINEAR) [4] under the disintegration last one.

Referens

- [1] Jockers K., Kiselev N., Bonev T., Rosenbush V., Shakhovskoy N., Kolesnikov S., Efimov Yu., Shakhovskoy D., Antonyuk K. CCD imaging and aperture polarimetry of comet 2P/Encke. Are there two polarimetric classes of comets? // *Astron. Astrophys.* 2005. V. 441. № 2. P. 773-783.
- [2] http://science.nasa.gov/headlines/y2006/24mar_73p.htm
- [3] Kiselev N.N., Jockers K., Rosenbush V.K. Organic matter in dust of comet 21P/Giacobini-Zinner and the Draconid meteoroids // *Earth, Moon, and Planets.* 2000. V. 82-83. P. 141-148.
- [4] Velichko S. Aperture polarimetry of comet C/1999 S4 (LINEAR) // First step to nobel prize in physics. Warszawa: Instytut Fizyki PAN, 2002. P. 81-86.

Проект Вега – первые прямые исследования околокометного пространства

М.И. Веригин

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия. E-mail: verigin@iki.rssi.ru

Три месяца назад исполнилось 22 года с тех пор, как вблизи кометы Галлея, на расстоянии около 10 тысяч километров от ее ядра пролетели советские космические аппараты «Вега-1» и «Вега-2» (6 и 9 марта 1986 г., соответственно). Вслед за «Вегой-1» - 8 и 11 марта к комете приблизились два японских зонда «Суисеи» и «Сакигаке», а 14 марта — европейский космический аппарат «Джотто». До пролета советских аппаратов положение ядра было известно с неопределенностью 1500 км. Установленные на «Вегах» телекамеры позволили уменьшить эту неопределенность до 40 км, что надежно обеспечило пролет европейского зонда на расстоянии 600 км от ядра.

Девять стран участвовали в 14 научных экспериментах на каждой «Веге». Впервые удалось наблюдать ядро кометы, его размер оказался 15,3 x 7,2 x 7,2 км, а альbedo – очень низким ~ 4%. Период вращения ядра составлял 2,2 дня причем ось вращения прецессировала с периодом 7,4 дня. В период проведения измерений комета Галлея теряла ~ 40 тонн воды в секунду.

В окрестности наибольшего приближения «Веги-2» к ядру удалось получить массовые спектры ионов кометной плазмы. Наиболее неожиданным явилось обнаружение ионов железа. В оптических спектрах кометы Галлея такие тяжелые ионы не наблюдались, а в спектрах других комет – только на расстояниях $<< 1$ а.е. от Солнца. Впервые было обнаружено торможение солнечного ветра в результате его нагружения ионами, образовавшимися из кометного нейтрального газа. Этот процесс привел к образованию ударной волны нового типа на расстоянии ~ 1 миллион км от ядра, также ранее не наблюдавшейся. Дальше от кометы, на расстояниях ~ 10 миллионов км, обнаружено ускорение кометных ионов до энергий ~ 100 кэВ в результате процесса ускорения Ферми 2-го рода.

Кроме того, на расстоянии ~160 тысяч км от кометного ядра «Вега-2» обнаружила не предсказанную теоретически границу, названную кометопазузой, где произошло резкое изменение функции распределения протонов солнечного ветра, сопровождавшееся увеличением плотности кометных ионов.

VEGA mission: first in situ studies of near cometary space

M.I. Verigin

Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia. E-mail: verigin@iki.rssi.ru

Twenty two years and three months ago two soviet spacecraft VEGA 1 and VEGA 2 approached P/Halley nucleus as close as ~10,000 km on March 6-th and 9-th, 1986, respectively. After VEGA 1 this comet was visited on March 8 and 11 by Japanese Suisei and Sakigake probes, respectively, and on 14-th of March by European Giotto spacecraft. Before VEGA's flybys P/Halley nucleus position uncertainty was as large as 1500 km. TV observations of VEGA's spacecraft decreased this uncertainty to 40 km thus providing comfortable Giotto flyby at ~600 km from cometary nucleus.

Scientific institutions of nine countries participated in 14 experiments aboard each of VEGA. It is for the first time cometary nucleus was directly observed with its irregular shape and with dimension about 15.3 x 7.2 x 7.2 km, and very low albedo of ~ 4%. Rotation period of the P/Halley nucleus turned out to be 2.2 days while rotational axis precession period was about 7.4 days. In the period of observations cometary nucleus lost ~ 40 tons of water each sec.

Cometary plasma mass spectra were in situ measured at closest approach of VEGA 2 to nucleus. Fe⁺ ion peak was the most unusual part of these spectra. This heavy ion was never observed in optical spectra of P/Halley, while Fe⁺ lines were observed in spectra of other comets much closer to the Sun at heliocentric distances << 1 a.u.

Solar wind deceleration due to its loading by cometary ions was revealed. This process led to the formation of a new type of the bow shock at ~1,000,000 km from P/Halley nucleus. The second order Fermi acceleration of cometary ions was found as far as ~10,000,000 km from cometary nucleus resulted in cometary ions acceleration up to energies of > 100 keV.

At a distance of ~160,000 km from P/Halley nucleus VEGA 2 revealed theoretically unpredicted plasma boundary – the cometopause, characterized by fast changing of solar wind proton distribution function, accompanied by an increase of heavy cometary ion density.

Происхождение астероидов Солнечной системы

А.В. Витязев, Г.В. Печерникова

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия. E-mail: avit@idg.chph.ras.ru

В рамках стандартного сценария образования Солнечной системы (СС) формирование ледяных и каменных астероидов находит естественное объяснение – это своего рода остатки строительного материала планетной системы Солнца.

1. Астероидный пояс (2.17-3.64 а.е.), состоящий из нескольких твердых крупных сфероидальных (Церера, Паллада, Юнона, Веста, ...) и множества мелких, часто обломочного характера, тел, рассматривается как реликт стадии формирования планет на границе области планет земной группы и планет-гигантов («несостоявшаяся планета»). В этой зоне сохранилось не более нескольких процентов первичного твердого вещества. Наблюдаемый градиент состава так называемых астероидов типа «S», «C» и т.д. указывает либо на неполное перемешивание вещества в этой зоне, либо на особенности поздней конденсации на поверхности сформировавшихся тел.

2. Кометные ядра своего рода «ледяные астероиды» образовались в зоне планет-гигантов, по-видимому, вследствие гравитационной неустойчивости в субдиске «грязной ледяной пыли» и так же, как первичные каменные сгущения, прошли через стадии коагуляции, уплотнения и дробления. С ростом массивных тел в зоне планет-гигантов относительные скорости малых тел возросли настолько, что эксцентриситеты и наклоны их орбит достигли критических значений $\sim 1/3$, что привело к выбросу их на периферию СС – формированию поясов Эджворта, Койпера и Оорта.

3. Что нового вносит в эту картину последняя модификация стандартного сценария формирования СС, которая рассматривает образование СС в тесном окружении молодых активных звезд и эпизодически вспыхивающих сверхновых (SN). Характеристики орбит планет не дают основания говорить о возможных сверхблизких прохождениях звезд. Существенно другое. При мощных потоках звездного ветра от молодых гигантов, встречах с расширяющимися сброшенными оболочками SN в вещество диска на разных стадиях могут поступать свежие порции короткоживущих радионуклидов (^{26}Al , ^{60}Fe , ..., ^{182}Hf ...). Попадая на поверхность пыли и мелких частиц, они могли менять измеряемые «первоначальные» обилия и тем самым «омолаживать» космо- и гео-хронметры. Коэффициент «загрязнения» свежим материалом от близких (~ 0.1 пк) SN определяется тремя параметрами: отношением площади поверхности диска к квадрату расстояния до SN, отношением массы сброшенной оболочки SN к массе диска и оптической толщине газопылевого или пылевого диска. Крайний случай – срыв диска. Загрязнение его материалом SN до 1-10% вероятно для СС.

4. На внешние области диска могут оказать динамическое влияние пролеты близких (~ 0.01 пк) звезд – возмущение облака Оорта и усиление диссипации тел из него. Близость других формирующихся планетных систем может приводить к поставке отдельных ледяных и каменных астероидов в молодую СС.

5. Присутствие заметных количеств короткоживущих радионуклидов может привести к нагреву недр крупных астероидов, достаточному для плавления и дифференциации в промежутках между их разрушительными столкновениями. В заключение отметим, что продолжительность жизни областей звездообразования (типа Ориона) несколько сот млн. лет. Время существования рассеянных скоплений молодых звезд того же порядка. Необходимо тщательно исследовать реликтовые образования, сформировавшиеся в первые сотни млн. лет на Земле и планетах, с целью обнаружения возможного влияния тесного звездного окружения на ранние стадии эволюции планет, кометных ядер и астероидов.

Origin of asteroids of the Solar system

A.V. Vityazev, G.V. Pechernikova

Institute for Dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia, E-mail: avit@idg.chph.ras.ru

In the framework of the standard scenario of the origin of the Solar system (SS) formation of ice and stone asteroids finds a natural explanation – they are some kind of the rests of a building material of the Solar planetary system.

1. The asteroid belt (2.17-3.64 a.e.), consisting of several solid large spheroidal (Ceres, Pallas, Juno, Vesta, ...) bodies and numerous debris, is considered as a relict of the stage of planets formation on border of the feeding zones of terrestrial planets and giant planets («not taken place planet»). In this zone has remained no more than several percent of primary substance. The observable gradient of composition of so-called «S», «C» etc. asteroids indicates of incomplete mixing of substance in this zone, or of features of late condensation on surfaces of the generated bodies.

2. Comet nuclei – some kind of «ice asteroids» – were formed in the giant planets zone owing to gravitational instability in a subdisk of "a dirty ice dust" and the same as primary stone condensations, have passed through stages of coagulation, consolidation and fragmentation. With growth of the massive bodies relative velocities of small bodies have increased in the giant planets zone so that eccentricities and inclinations of their orbits have reached some critical values $\sim 1/3$ that has led to their ejection to periphery of SS and to formation of the Kuiper-Edgeworth belt and the Oort cloud.

3. What new does the last modification of standard scenario of forming of SS bring in this picture, which examines formation of SS in close surroundings of young active stars and episodically flashings supernovae (SN)? Characteristics of planets orbits do not give the grounds to speak about possible superclose passages of stars. It is essentially another. At powerful streams of star winds from young giant, meetings with extending shells of SN in the substance of a disk at the different stages some fresh portions of short-living nuclides (^{26}Al , ^{60}Fe , ..., ^{182}Hf ...) can be added. Landing in the surface of a dust and small particles, they could change the "initial" abundances and caused the "rejuvenate" kosmo- and geo-chronometers. "The pollution" factor by fresh material from nearest (~ 0.1 pc) SN is determined by three parameters: by the relation of the area of the disk surface to a square of distance to SN, by the relation of mass of thrown off extending shells of SN to the disk mass and by optical thickness of gas-dust or dust disk. Extreme case is the breaking down of a disk. It is probable for SS contamination of the disk by material of SN to 1-10 %.

4. The close flights (~ 0.01 pc) of the stars can influence on external areas of a disk – perturbation of the Oort cloud and strengthening of dissipation of bodies from it. The nearness of other forming planetary systems can lead to delivery of some ice and stone asteroids to the young SS.

5. Presence of appreciable quantities of short-living radionuclides can lead to heating of interiors of large asteroids, sufficient for melting and differentiation in intervals between their destructive collisions.

In summary we will notice that life expectancy of star-formations areas (type of Orion) covers some hundred million years. Time of existence of open clusters of young stars is of the same order. It is necessary to investigate carefully the relic formations generated in first hundred million of years on the Earth and planets for the purpose of detection of possible influence of a close star environment on early stages of evolution of planets, comet nuclei and asteroids.

Исследование движения астероидов, попадающих в сферу тяготения Земли в ближайшие 120 лет

Т.Ю. Галушина

НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета, Томск, Россия. E-mail: sunny@sibmail.com

В последние десятилетия большую актуальность приобрела проблема астероидной опасности. Важную роль при решении этой проблемы играет исследование движения астероидов, имеющих тесные сближения с Землей в ближайшем будущем.

Нами были выявлены астероиды, попадающие в сферу тяготения Земли в ближайшие 120 лет. Начальные данные взяты из каталога Боуэлла от 4 февраля 2008 года (<ftp://ftp.lowell.edu/pub/elgb/astorb.dat>). Уравнения движения 5293 астероидов, сближающихся с Землей, были проинтегрированы численно методом Эверхарта на допустимый интервал времени, который определялся сохранением точности, равной 10^{-7} а.е. В модель сил включены возмущения от больших планет, Плутона, Луны, трех астероидов (Цереры, Паллады и Весты) и сжатия Земли.

В таблице 1 представлен перечень астероидов, попадающих в сферу тяготения Земли в ближайшие 120 лет. Для каждого объекта показана дата сближения и минимальное расстояние до Земли d.

Таблица 1. Перечень астероидов, попадающих в сферу тяготения Земли в ближайшие 120 лет

Объект	Дата сближения			d, а.е.
	год	месяц	день	
99942 Apophis	2029	4	13	0.0003
153814 2001 WN5	2028	6	26	0.0017
1994 WR12	2090	11	24	0.0011
2005 YU55	2011	11	8	0.0015
2006 QV89	2019	9	9	0.0005
2007 UD6	2048	10	18	0.0006

Для каждого астероида была построена и исследована область его возможных движений. Область возможных движений строилась как ансамбль траекторий некоторого множества тестовых частиц, выбираемых в рамках вероятной начальной области. Начальная область определялась с помощью эллипсоида ошибок, получаемого из наблюдений астероида методом наименьших квадратов. Множество тестовых частиц формировалось с помощью датчика случайных чисел относительно выбранного центра на основе нормального закона распределения и полной ковариационной матрицы ошибок. Число тестовых частиц подбиралось для каждого астероида путем численных экспериментов.

Эволюция траекторий ансамбля строилась численным интегрированием дифференциальных уравнений движения тестовых частиц методом Эверхарта. Результаты исследования эволюции показали скачкообразное изменение элементов орбит астероидов после попадания в сферу тяготения Земли.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (код проекта: РНП.2.2.3.1.1537) и РФФИ (грант № 08-02-00359).

The investigation of motion of the asteroids coming upon gravitation sphere of the Earth in next 120 years

T.Yu. Galushina

Applied mathematics and mechanics scientific research institute of Tomsk state university, Tomsk, Russia. E-mail: sunny@sibmail.com

In recent decades asteroid hazard problem has become topical. The investigation of motion of the asteroids having close approaches with the Earth in the near future plays important role in solution of this problem.

We have revealed the asteroids coming in gravitation sphere of the Earth in next 120 years. Initial parameters of orbits were taken from Bowell's catalogue at the epoch of 4.02.2008. The motion equations of 5293 near-Earth asteroids have been integrated numerically by Everhart method in the permissible time interval. A permissible interval of prediction was determined by the admissible accuracy equal 10^{-7} AU. In the process of the numerical integration perturbations from the major planets, Pluto, the Moon, 3 asteroids (Ceres, Pallas, Vesta) and the Earth oblateness have been taken into account.

The list of the asteroids coming upon gravitation sphere of the Earth in next 120 years is presented in table 1. The date of close approach and the minimal distance to the Earth d are shown for each object.

Table 1. The list of the asteroids coming in gravitation sphere of the Earth in next 120 years

Object	The date of close approach			d, AU
	year	month	day	
99942 Apophis	2029	4	13	0.0003
153814 2001 WN5	2028	6	26	0.0017
1994 WR12	2090	11	24	0.0011
2005 YU55	2011	11	8	0.0015
2006 QV89	2019	9	9	0.0005
2007 UD6	2048	10	18	0.0006

For each asteroid the probability motions domain has been constructed and investigated. The probability motions domain has been constructed as ensemble of trajectories of some set of test particles from initial probability domain. Initial probability domain has been defined with the help of error ellipsoid which has been received from observations by least-squares method. The set of test particles has been generated with the help of random number generator in relation to the selected center on the basis of the normal law of dispersing and a corresponding covariation matrix. The number of test particles has been selected for each asteroid by means of numerical experiments.

The evolution of trajectories of the ensemble has been constructed by means of numerical integration of differential equations of motion of test particles by Everhart method. The results of investigation of the probability domain are shown stepwise change of orbit elements of the asteroids after coming in gravitation sphere of the Earth.

This research was supported by the Department of Education and Science of Russian Federation (code of project is RNP.2.2.3.1.1537) and RFBR (grant N 08-02-00359).

Анализ результатов наземных наблюдений метеоров и болидов

М.И. Грицевич

Институт механики МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва. E-mail: gritsevich@list.ru

К настоящему времени накоплен большой фактический материал по фоторегистрации траекторий метеорных тел в атмосфере Земли. Наибольшее количество снимков произведено четырьмя болидными сетями, функционировавшими в разное время в США, Канаде, Европе и Испании. Аппроксимация реальных данных теоретическими зависимостями позволяет получить дополнительные оценки, не вытекающие непосредственно из наблюдений.

В настоящей работе аналитическая модель входа в атмосферу построена на основе данных фактических наблюдений, путем подбора параметров, характеризующих торможение и абляцию метеоров и болидов на светящемся участке траектории. Основным отличием от предшествующих работ является приближение заданных точек аналитическим решением уравнений метеорной физики. Отметим, что, при ограниченных значениях параметра уноса массы, аналитическое решение обычно заменяется более простым выражением (см. например, Стулов и др., 1995). В частности это приближенное решение ранее использовалось в качестве пробной функции для метода наименьших квадратов. Аналитическая модель, представленная в работе, была применена к ряду ярких метеоров Канадской болидной сети, а также Прерийной сети, США. Результаты вычислений частично представлены.

Правильное математическое моделирование метеорных явлений в атмосфере необходимо для последующей оценки ключевых параметров: внеатмосферной массы, коэффициента абляции, эффективной энтальпии испарения вторгающихся тел. В свою очередь, эти данные имеют значение для ряда приложений - исследования астероидно-кометной безопасности, разработки мер планетарной защиты, а также для поиска тел, способных достичь поверхности Земли.

Литература

Стулов В.П., Мирский В.Н., Вислый А.И. Аэродинамика болидов. М.: Наука, Физматлит, 1995. 236 с.

An analysis of results of Earth observations of meteors and fireballs

M.I. Gritsevich

*Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University,
Michurinskii Ave., 1, 119192, Moscow, Russia. E-mail: gritsevich@list.ru*

A great volume of data has been accumulated thus far related to the photoregistration of the paths of meteor bodies in the terrestrial atmosphere. Most images have been obtained by four fireball networks, which operate in the USA, Canada, Europe, and Spain in different time periods. The approximation of the actual data using theoretical models makes it possible to achieve additional estimates, which do not directly follow from the observations.

In the present report, an analytical model of the atmospheric entry is calculated using the data of actual observations, by selecting the parameters describing deceleration and ablation of meteors and fireballs along the luminous segment of the trajectory. The main difference from previous studies is that the given observations are approximated using the analytical solution of the equations of meteor physics. Note that, for the limited values of the mass loss parameter, analytical solution is usually replaced by the simpler expression (e.g., Stulov et al., 1995). In particular, this approximate solution was earlier used as a trial function during the implementation of the least-squares method. An analytical model presented in the report was applied to a number of bright meteors observed by the Canadian camera network and by the US Prairie network. Results of such calculation are partly presented.

The correct mathematical modeling of meteor events in the atmosphere is necessary for further estimates of the key parameters, including the extra-atmospheric mass, the ablation coefficient, and the effective enthalpy of evaporation of entering bodies. In turn, this information is needed by some applications, namely, those aimed at studying the problems of asteroid and comet security, to develop measures of planetary defense, and to determine the bodies that can reach Earth's surface.

References

Stulov V.P., Mirskii V.N., Vislyi A.I. Aerodynamics of Fireballs. Moscow: Nauka, 1995 (in Russian).

Структурные аспекты разрушения метеоритов различных типов при ударных нагрузках (Structural aspects of breakup of meteorites of various types under shock loadings, V.I. Grohovskiy, A.F. Kokorin, S.V. Gladkovskiy)

В.И. Гроховский, А.Ф. Кокорин

*Физико-технический факультет, Уральский государственный университет - УПИ,
Екатеринбург, Россия. E-mail: grokh@siam.su*

С.В. Гладковский

Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург, Россия. E-mail: gsv@imach.uran.ru

Метеориты являются одним из наиболее осознанных свидетельств бомбардировки Земли малыми телами и наиболее доступными для лабораторных исследований проастероидным веществом. Общеизвестно, что железные метеориты (аналоги астероидов М-типа) являются продуктами планетарной дифференциации вещества при высоких температурах. При остывании расплава формируются монокристаллы никелистого железа с массивными фосфидами и сульфидами по границам этих кристаллов, поэтому металлические тела имеют сильную кристаллографическую анизотропию и фазово-структурную неоднородность в масштабе до нескольких десятков метров. Большинство же известных каменных метеоритов (хондритов) представляют собой композиционную смесь силикатных минералов и никелистого железа с размерами фаз от микрон до нескольких миллиметров. Несомненно, что характер разрушения метеороидов в земной атмосфере определяется прежде всего его прочностными характеристиками.

В докладе обсуждаются результаты испытаний метеоритного вещества на разрушение под действием ударных нагрузок и при воздействии сверхзвуковых газовых потоков. Образцы для испытаний были изготовлены из крупных индивидуальных фрагментов метеоритных дождей Царев (обыкновенный хондрит L6), Сихотэ-Алинь (железный, грубый октаэдрит ПВ) и Чинге (железный, атаксит IVB). Размеры образцов соответствовали стандартным требованиям для испытаний на ударную вязкость, но с различной ориентацией структурных неоднородностей по отношению к нагрузке. Испытания проводились на маятниковом ударном копре при температурах от комнатной до жидкого азота, на высокочастотном дуговом плазмотроне со сверхзвуковой воздушной струей и при нагружении сферически сходящимися ударными волнами.

Разрушение при низкотемпературных ударных испытаниях во всех случаях хрупкое с очень низкими значениями работы, затраченной на зарождение трещины и разрушение образцов. Существенное влияние на значение ударной вязкости оказывает наличие и траектории расположения хрупких включений шрейберзита.

При испытаниях на плазмотроне было отмечено значительное влияние ориентации межфазной границы на процессы отвода тепла от зоны воздействия газового потока и на скорость абляции. Кроме того, сопоставление процессов разрушения различных метеоритов показало, что железные образцы разрушались за счет оплавления поверхностного слоя и сноса расплава набегающим газовым потоком, а каменные за счет интенсивного окисления и уноса вещества в газовой фазе.

На основе данных исследования металлических фаз метеоритов в различных типах метеоритов и лунного грунта подробно рассматриваются физико-химические аспекты формирования метеороидных тел, приводящие к их макроструктурной неоднородности, и особенности их разрушения в атмосфере Земли с учетом этой неоднородности. Показано, что прочностные характеристики (прежде всего вязкость разрушения) металлических метеоритов с неоднородной структурой в случае межкристаллитного разрушения значительно ниже прочностных характеристик однородного никелистого железа и сравнимы с таковыми для каменных метеоритных тел.

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 07-05-96061-р-урал-а.

Создание банков данных астероидов, сближающихся с Землей

С.С. Денисов

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия,

E-mail: denisovsergey777@rambler.ru

В качестве математической модели, описывающей движение астероида, использованы дифференциальные уравнения с учётом гравитационных и релятивистских эффектов в барицентрической системе координат. Эта система из 72 уравнений решалась модифицированным методом Эверхарта 27 порядка с переменным шагом интегрирования.

Разработан ряд программ, автоматизирующих процесс создания и обновления банка данных, обработку полученных результатов: расчет эволюции орбит астероидов, добавление новой информации в базу данных, получение информации об астероидах, имеющих тесные сближения с Землей.

Создан банк данных эволюции орбит из приблизительно 4000 астероидов, принадлежащих к группам Аполлона, Амура и Атона. На исследуемом интервале с 1800 по 2204 годы выявлено 478 объектов, тесно сближающихся с внутренними планетами, из которых 291 проходят через сферу действия Земли.

Разработано приложение, которое предоставляет возможность просмотреть эволюцию движения любого астероида на любом интервале времени. Эволюции элементов орбит представляется в виде графиков и таблицы. На исследуемом интервале времени составляются таблица тесных сближений астероида с большими планетами Солнечной системы и Луной, и строится 3-х мерная модель Солнечной системы, наглядно показывающая эволюцию движения астероида. Пользователь может задавать параметры форматирования полученных графиков и таблиц для их лучшей наглядности. Данное приложение сохраняет полученные результаты в виде двоичных файлов. Реализована возможность сохранения таблиц и диаграмм в Microsoft Excel и в виде Web страницы.

В связи с тем, что со временем уточняются орбиты астероидов и обнаруживаются новые объекты, банк данных периодически обновляется.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию (проект РНП.2.1.1.1689).

Creation databank of the asteroids which having approaching with Earth

S.S. Denisov

Samara State Technical University, Samara, Russia. E-mail: denisovsergey777@rambler.ru

Differential equation of motion taking in consideration gravitation and relativistic effects in barycentric coordinate system are used as mathematical model describing movement of asteroids. This system from 72 equations was solved with the help of Everhart's modified method of 27th order with variable integration step.

A number of the programs automating the process of creation and updating database is developed. Applications carry out calculation evolution of orbit's elements, and add new information to the database, receiving information about the asteroids closely approaching the Earth.

The database consisting of approximately 4000 asteroids belonging to Apollo, Amor and Aten groups is created. During the research period that lasted from 1800 to 2204 years the objects closely approaches with internal planets is identified. Among them 291 asteroids are pass through the Earth's sphere of influence.

The application which gives an opportunity to view movement of evolution any asteroid in any period of time is developed. An evolution of orbital elements is presented in graphics and the table. The table of asteroid's close approaches to major planets of solar system and the Moon is made and the 3 dimensional model of solar system is built during the research period. A user can set parameters of received graphics and tables for their best presentation. The application saves received results in binary files. The opportunity of tables and graphics to export Microsoft Excel and representing them as web pages is realized.

Database is periodically updated because orbits of asteroids are eventually specified and new object can be found out.

Точное решение задачи о термоупругом разрушении метеороида

(Exact solution of the problem of thermo-elastic breakup of meteoroids,

L.A. Egorova, V.V. Lokhin)

Л.А. Егорова, В.В. Лохин

Институт механики МГУ, Москва, Россия. E-mail: egorova@imec.msu.ru

В ряду других задач и гипотез для описания феномена Тунгусского явления важное место занимает математическое моделирование. Сложная природа явления неизбежно ведет к необходимости разбиения исследования на ряд более простых задач, которые могут дать оценку вкладов различных физико-механических аспектов.

В данной работе рассматривается задача о разрушении испаряющегося упругого тела шарообразной формы при входе с космической скоростью в атмосферу планеты. Решение получено аналитически с учетом упругих напряжений, термоупругих напряжений и испарения.

Полученное решение позволяет судить о характере разрушения и теплового взрыва метеороида.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 06-01-00695 и программы «Ведущие научные школы» НШ-397.2008.1.

Динамическая эволюция комет из внешней части Солнечной системы в околоземное пространство

В.В. Емельяненко

Кафедра вычислительной и небесной механики, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: vvemel@susu.ac.ru

Построена динамическая модель распределения кометных объектов в Солнечной системе, которая согласуется с основными наблюдаемыми характеристиками кометных популяций в различных областях Солнечной системы. Показано, что большинство наблюдаемых транснептуновых объектов, движущихся по орбитам с большими эксцентриситетами, кентавров и короткопериодических комет посещали облако Оорта (большие полуоси $a > 1000$ а.е.) в течение их динамической истории. Поток новых комет на единицу перигелийных расстояний вблизи орбиты Нептуна на порядок величины больше, чем в зоне наблюдений $q < 5$ а.е. Современное число транснептуновых объектов на орбитах с перигелийными расстояниями $q > 30$ а.е. и $60 < a < 1000$ а.е., происходящих из облака Оорта, равно приблизительно $1-3 \times 10^{10}$. Существенная часть из них имеют $a > 200$ а.е. и/или $q > 40$ а.е.. Число кентавров, приходящих из облака Оорта, в 20–30 раз меньше. Около 90 процентов из этих кентавров имеют $a > 60$ а.е. Значительную часть комет семейства Юпитера также составляют объекты, находившиеся прежде в облаке Оорта и достигшие короткопериодических орбит путем постепенного перехода, включающего стадию кентавров, из внешней части Солнечной системы в околоземное пространство. Подобный процесс имеет место и для захвата комет галлеевского типа, в дополнение к хорошо известной диффузии больших полуосей при малых перигелийных расстояниях.

Данная работа поддержана грантами РФФИ 06-02-16512 и РФФИ-Урал 07-02-96002.

Dynamical evolution of comets from the outer Solar system to near-Earth space

V.V. Emel'yanenko

*Department of Computational and Celestial Mechanics, South Ural State University,
Chelyabinsk, Russia. E-mail: vvemel@susu.ac.ru*

A dynamical model for the distribution of cometary objects in the Solar system has been developed. The model is consistent with the broad characteristics of the observed cometary populations in different regions of the Solar system. It is shown that the majority of observed high-eccentricity trans-Neptunian objects, Centaurs and short-period comets have visited the Oort cloud (semimajor axes $a > 1000$ AU) during their dynamical history. The new-comet flux from the Oort cloud per unit perihelion distance is an order of magnitude higher in the near-Neptune region than in the observable zone $q < 5$ AU. The present number of high-eccentricity trans-Neptunian objects (perihelion distances $q > 30$ AU and $60 < a < 1000$ AU) originating from the Oort cloud is in the approximate range $1\text{--}3 \times 10^{10}$. A substantial fraction of these have $a > 200$ AU and/or $q > 40$ AU. The number of Centaurs produced from the Oort cloud is smaller by a factor of 20–30. About 90 per cent of these Centaurs have $a > 60$ AU. Objects that have visited the Oort cloud represent a substantial fraction of the Jupiter-family comet population, achieving short-period orbits by a process of gradual dynamical transfer, including a Centaur stage, from the outer Solar system to near-Earth space. A similar mechanism produces Halley-type comets, in addition to the well-known diffusion process operating at small perihelion distances.

This work was supported by RFBR Grant 06-02-16512 and RFBR-Ural Grant 07-02-96002.

Исследование вероятности столкновения астероида с планетой методом Монте-Карло

Н.Б. Железнов

Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: znb@ira.nw.ru

Вероятность столкновения астероида с большой планетой может быть оценена методом Монте-Карло. Проблема случайного выбора начальных условий упирается в то, что параметры орбиты астероида связаны корреляционными зависимостями, отражением которых являются отличные от нуля недиагональные элементы матрицы ковариации. В силу симметрии этой матрицы она может быть приведена к диагональному виду ортогональным преобразованием. В преобразованной системе значение каждой из координат может выбираться случайным образом, поскольку корреляционные связи отсутствуют. После выбора (розыгрыша) начальных условий по каждой координате обратным преобразованием они переводятся в исходную систему координат, в которой выполняется численное интегрирование уравнений движения астероида.

Для перевода матрицы ковариации в диагональный вид нами использовался известный метод: сначала ортогональными преобразованиями матрица приводится к трехдиагональной, а затем для вычисления уже собственных значений диагональной матрицы и ее собственных векторов применялся QL-алгоритм со сдвигом.

Исследовалось сближение астероида (99942) Апофис с Землей 13 апреля 2029 года и астероида 2007 WD5 с Марсом 30 января 2008 года с учетом таких наборов наблюдений, при которых оценка вероятности столкновения астероидов с планетами получалась максимальной. Полученные нами оценки схожи с оценками НАСА. На этих примерах показано, как отказ от перевода матрицы ковариации в диагональный вид и использование лишь ее диагональных элементов влияет на оценивание вероятности столкновения.

The study of probability of asteroid encounter with a big planet by Monte Carlo method

N.B. Zheleznov

Institute of Applied Astronomy of RAS, Saint-Petersburg, Russia. E-mail: znb@ipa.nw.ru

The probability of asteroid encounter with a big planet can be estimated by Monte Carlo method. The main problem of random choice of initial conditions is presence of nonzero non-diagonal elements of covariance matrix which are consequence of correlation between orbit parameters. As matrix is symmetrical it can be transformed to diagonal form. In this coordinate frame the value of each coordinate can be generated independently. Then generated initial values for each coordinate are transformed to the initial coordinates frame to be used for numerical calculation of asteroid orbit.

To transform covariance matrix in diagonal form we used the QL-algorithm with a shift.

The close approaching of asteroid (99942) Apophis with the Earth in April 13 2029, and 2007 WD5 with the Mars in January 30 2008 have been researched taking into account the sets of observations giving maximal estimation of encounter probability. Our estimations of probability are resemble that of NASA. For considered examples, it is shown, that neglecting the correlations lead to much worthier results for predicting probability collision.

Определение эллипсоидов рассеяния для тел, сближающихся с Землей, и оценка вероятности их столкновения с Землей

А.С. Заботин, Ю.Д. Медведев,

Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия. E-mails: shooreek@gmail.com, medvedev@ipa.nw.ru

В наиболее распространенном методе наименьших квадратов номинальная орбита и эллипсоид рассеяния определяются в предположении, что наблюдения имеют случайную нормально распределенную ошибку. При определении эллипсоида рассеяния предполагается линейная зависимость между погрешностями наблюдений и погрешностями номинальной орбиты. Однако, области, определяемые в предположении линейной связи ошибок наблюдений и параметров, не всегда содержат начальные значения параметров более надежных орбит, вычисленных по большему числу оппозиций. Это значит, что имеется возможность недооценить вероятность столкновения небесного тела, например астероида, с Землей. В данной работе разрабатывается методика, учитывающая нелинейную зависимость между ошибками наблюдений и ошибками параметров орбиты. Ошибки параметров орбит определяются методом Монте–Карло. Методика применена для расчета проекции эллипсоида рассеяния орбит на плоскость цели для астероида Apophis (99942) в момент его тесного сближения с Землей в 2029 г.

Determination of dispersion ellipsoid of parameters orbit for bodies approaching the Earth and their probabilities of a collision with the Earth

A.S. Zabotin, Yu.D. Medvedev

Institute of Applied Astronomy, Saint-Petersburg, Russia. E-mails: shooreek@gmail.com, medvedev@ipa.nw.ru

At the moment, the problem of orbit determination depending on observations is generally solved by the least-squares fit, which is the linear method. This method provides a mean value calculated from a nominal orbit and a dispersion ellipsoid following the normal distribution of the observational errors. The dispersion ellipsoid has been calculated on the assumption that there is a linear correlation between the observational errors and the nominal orbit errors. In many cases, the initial values of the parameters for more reliable orbits calculated from several (at least three) observed orbital oppositions, to extend the observed arc of the orbit, are outside the region of the initial values calculated from short arc based on the linear correlation. This has very serious consequences for the determination of the collision probabilities of the celestial bodies, like a collision of an asteroid with Earth. Finding a body that is potentially dangerous to Earth must be supported by the calculation of every possible region of the body's motion. The linear method, as discussed above, can lead to an underestimate of the probability of such a collision or to a false alarm. The main goal of this work is to develop a new method for calculating the orbit from the observations, based on the nonlinear correlation between the observational errors and the calculated orbital parameters. Calculation of the nonlinear correlation is done using the Monte Carlo method. The approaching circumstances of Apophis (99942) with the Earth in 2029 are calculated by this method.

Эволюция орбит астероидов групп Аполлона, Амура, Атона, сближающихся с Землей

А.Ф. Заусаев

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия, E-mail: zausaev_af@mail.ru

При исследовании эволюции орбит астероидов групп Аполлона, Амура, Атона в качестве математической модели, описывающей движение планет, Луны, Солнца и астероида, использованы дифференциальные уравнения, в которых наряду с гравитационными эффектами учитывались релятивистские эффекты, обусловленные Солнцем и планетами. Для решения дифференциальных уравнений движения использовался модифицированный метод Эверхарта 27 порядка.

С помощью разработанного комплекса программ проведен расчет и анализ эволюции орбит 3823 астероидов групп Аполлона, Амура, Атона на интервале времени с 1800 по 2204 годы с целью определения объектов, представляющих потенциальную угрозу для Земли. Выявлен 291 объект, сближающийся с Землей на расстоянии менее 0,01 а.е. (астрономической единицы) на вышеуказанном интервале времени. Элементы орбит для каждого индивидуального астероида на интервале времени с 1800 по 2204 гг. с шагом 5100 дней приведены в опубликованном нами каталоге.

Для исследования вопроса точности вычисления орбитальной эволюции астероидов групп Аполлона, Амура, Атона, проведены сопоставления времени и величин сближений для астероидов, наиболее близко прошедших от Земли с данными, Гарвардского университета (<http://www.cfa.harvard.edu/iau/lists/Closest.html>), а также с данными, размещенными на сайте NeoDys (<http://hamilton.dm.unipi.it/cgi-bin/astdys/>). Несмотря на то, что величины сближения астероидов с Землей, приведенные на выше указанных сайтах, получены на основании начальных данных, отличающихся от данных используемых нами, кроме того расчеты проведены другими методами, результаты прогноза тесных сближений астероидов вполне удовлетворительные, так как максимальные отклонения для большинства астероидов не превышают 0,0001 а.е.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию (проект РНП. 2.1.1.1689).

Evolution of the orbits of Apollo, Amour, Aten group asteroids approaching the Earth

A.F. Zausaev

Samara State Technical University, Samara, Russia. E-mail: zausaev_af@mail.ru

To study of evolution of the orbits of Apollo, Amour, Aten group asteroids in the differential equation of motion, gravitation effects as well of relativistic effects and non-spherical of the planets were considered. To solve of the differential equations of motion, the Everhart method is used. Out of 3823 Apollo, Amour, Aten group asteroids 291 object are founded approaching the Earth at the distance of 0,01 a.e. Orbital elements for each of the asteroid at the interval time from 1800 to 2204 are presented in the catalogue. The calculation results are compared with the results on the websites

(<http://www.cfa.harvard.edu/iau/lists/Closest.html>), and NeoDys

(<http://hamilton.dm.unipi.it/cgi-bin/astdys/>) are presented. Comparison of the results of close approach of asteroids with the Earth are indicated at the well satisfy similarity by other researchers.

Эволюция орбит короткопериодических комет с 1800 по 2204 гг.

А.А. Зайсаев

*Самарский государственный технический университет, Самара, Россия,
E-mail: ZausaevAA@mail.ru*

Предложена модификация алгоритма метода Эверхарта, позволяющая увеличить порядок аппроксимирующей формулы при численном интегрировании систем обыкновенных дифференциальных уравнений до 31-го порядка включительно. Проведено исследование сходимости, устойчивости и погрешности аппроксимирующей формулы модифицированного метода Эверхарта для различных порядков и шагов интегрирования.

На основе модели движения небесных тел, предложенной Newhall X.X., Standish E.M., Williams Jr. и др. разработана математическая модель, описывающая движение короткопериодических комет с учетом гравитационных и релятивистских эффектов. Создан комплекс нового программного обеспечения для реализации модифицированного метода Эверхарта и его применения при математическом моделировании движения небесных объектов.

Для проведения расчета орбит 190 короткопериодических комет на интервале времени с 1800 по 2204 гг. создан новый высокоточный банк данных координат и скоростей больших планет, Луны и Солнца. Путем сопоставления эфемерид внутренних планет (Меркурий-Марс) с радиолокационными наблюдениями сделан вывод о высокой точности полученных координат.

Издан печатный каталог орбитальной эволюции короткопериодических комет с 1800 по 2204 гг. В каталоге содержатся сведения об изменении элементов орбит 190 короткопериодических комет на интервале времени с 1800 по 2204 гг., указываются данные о тесных сближениях комет с большими планетами и Солнцем на указанном интервале времени; даются графики, иллюстрирующие изменение перигелийного расстояния, эксцентриситета, наклона и долготы перицентра; приводится теоретический материал и методологический подход, примененные при проведении вычислений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию (проект РНП. 2.1.1.1689).

Evolution of the orbits of short-period comets from 1800 to 2204

A.A. Zausaev

Samara State Technical University, Samara, Russia. E-mail: ZausaevAA@mail.ru

Modification of the Everhart method algorithm allowing one to increase the order approximating the formula with numerical integration of the differential equations system to 31 order are presented. The study of convergence, stability and error of the approximating formula modified Everhart method for various integration orders and steps is carried. A mathematical model describing the motion of the short-period comets by Newhall X.X., Standish E.M., Williams I.S. and other in view of gravitation and of relativistic effects. Evolution of 190 short-period comets from 1800 to 2204 has been studied. Catalogue of the evolution of 190 short-period comet of orbit has been publicities. There are graphs showing orbital element changes on the time interval from 1800 to 2204 in the catalogue.

Миграция комет на орбиты ОСЗ и вероятности их столкновений с Землей

С.И. Ипатов^{1,2}

¹Отделение земного магнетизма Института Карнеги в Вашингтоне, США; ²Институт Космических Исследований, Москва, Россия; E-mail: siipatov@hotmail.com

Интегрировалась [1-6] эволюция орбит 30,000 объектов, начальные орбиты которых близки к орбитам комет семейства Юпитера (КСЮ), комет типа кометы Галлея и долго-периодических комет, а также 20,000 пылевых частиц, производимых этими кометами. Вычислялись вероятности столкновений этих комет или частиц (за время их динамической жизни) с планетами. Получено, что несколько объектов, начальные орбиты которых близки к орбитам комет 2P/Encke, 10P/Tempel 2, 44P/Reinmuth 2 и 113P/Spitaler, приобретали орбиты, пересекающие орбиту Земли, с большими полуосями орбит $a < 2$ а.е. и афелийными расстояниями $Q < 4.2$ а.е., а иногда даже орбиты, лежащие внутри орбиты Земли ($Q < 0.983$ а.е.), орбиты группы Атона или типичные орбиты астероидов главного пояса, и двигались по таким орбитам более миллиона лет (до десятков или даже сотен миллионов лет). Большинство бывших транснептуновых объектов, которые имели орбиты типичных объектов, сближающихся с Землей, (ОСЗ) двигались по таким орбитам в течение миллионов лет и поэтому большую часть времени были высохшими кометами. С динамической точки зрения, доля высохших комет среди ОСЗ может достигать десятков процентов, но, вероятно, многие кометы распались на мини-кометы (одна из таких мини-комет могла породить Тунгусский феномен) и пыль за меньшую часть динамических времен их жизни, если эти времена были большими. Вероятность столкновения кометы 10P с Землей за динамическое время жизни кометы равна $P_E \approx 1.4 \cdot 10^{-4}$, но 80% этой вероятности приходится на один из 2600 рассмотренных объектов, с орбитами, близкими к орбите кометы 10P. Для кометы 2P получено $P_E \approx (1.5) \cdot 10^{-4}$, а для большинства других рассмотренных КСЮ $10^{-6} < P_E < 10^{-5}$. Для комет 22P/Kopff и 39P/Oterma, $P_E \approx (1.2) \cdot 10^{-6}$; а для комет 9P/Tempel 1, 28P/Neujmin 1 и 44P $P_E \approx (2.5) \cdot 10^{-6}$. Для всех рассмотренных КСЮ $P_E > 4 \cdot 10^{-6}$. Метод интегрирования Булирша-Штера и симплектический метод дали близкие результаты. Используя $P_E = 4 \cdot 10^{-6}$ и полагая, что суммарная масса планетезималей, пересекавших орбиту Юпитера, порядка ста масс Земли, а планетезимали состояли наполовину из воды, получаем, что суммарная масса воды, доставленная из зон питания планет-гигантов на Землю, могла быть порядка массы воды в земных океанах. Отношения вероятностей столкновений КСЮ с Венерой и Марсом к массе планеты были обычно не меньше, чем для Земли. Для пылевых частиц, порожденных кометами и астероидами, P_E было максимально для диаметров $d \sim 100$ мкм. Эти максимальные значения P_E были обычно (кроме кометы 2P) больше по крайней мере на порядок величины, чем для родительских комет.

Литература

[1] Ipatov S.I. Comet hazard to the Earth // Adv. in Space Res. 2001. V. 28. № 8. P. 1107-1116. [2] Ipatov S.I., Mather J.C. Migration of trans-Neptunian objects to the terrestrial planets // Earth, Moon, and Planets. 2003. V. 92. P.89-98. [3] Ipatov S.I., Mather J.C. Migration of Jupiter-family comets and resonant asteroids to near-Earth space // Annals of the New York Acad. of Sciences. 2004. V. 1017. P. 46-65. [4] Ipatov S.I., Mather J.C. Comet and asteroid hazard to the terrestrial planets // Adv. in Space Res. 2004. V. 33. № 9. P. 1524-1533. [5] Ipatov S.I., Mather J.C. Migration of small bodies and dust to near-Earth space // Adv. in Space Res. 2006. V. 37. № 1. P. 126-137. [6] Ipatov S.I., Mather J.C. Migration of comets to the terrestrial planets // Proc. of the IAU Symp. № 236 "Near-Earth Objects, Our Celestial Neighbors: Opportunity and Risk", ed. by A. Milani, G.B. Valsecchi & D.D. Vokrouhlický, 2007. P. 55-64.

Migration of comets into NEO orbits and probabilities of their collisions with the Earth

S.I. Ipatov^{1,2}

¹*Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington, USA;* ²*Space Research Institute, Moscow, Russia; E-mail: siipatov@hotmail.com, <http://www.dtm.ciw.edu/ipatov>, <http://www.astro.umd.edu/~ipatov>*

The orbital evolution of 30,000 objects with initial orbits close to those of Jupiter-family comets (JFCs), Halley-type comets (HTCs), and long-period comets and also of 20,000 dust particles produced by these comets was integrated, and probabilities of their collisions (during dynamical lifetimes of objects or particles) with planets were calculated [1-6]. For initial orbital elements close to those of Comets 2P/Encke, 10P/Tempel 2, 44P/Reinmuth 2, and 113P/Spitaler, a few objects got Earth-crossing orbits with semi-major axes $a < 2$ AU and aphelion distances $Q < 4.2$ AU, or even got inner-Earth ($Q < 0.983$ AU), Aten, or typical asteroidal orbits, and moved in such orbits for more than 1 Myr (up to tens or even hundreds of Myrs). Most of former trans-Neptunian objects that have typical near-Earth object (NEO) orbits moved in such orbits for Myrs, so during most of this time they were extinct comets. From a dynamical point of view, the fraction of extinct comets among NEOs can exceed several tens of percent, but, probably, many comets disintegrated into mini-comets (one of such mini-comet could produce the Tunguska phenomena) and dust during a smaller part of their dynamical lifetimes if these lifetimes were large. The probability of the collision of Comet 10P with the Earth during a dynamical lifetime of the comet was $P_E \approx 1.4 \cdot 10^{-4}$, but 80% of this mean probability was due only to one object among 2600 considered objects with orbits close to that of Comet 10P. For runs for Comet 2P, $P_E \approx (1-5) \cdot 10^{-4}$. For most other considered JFCs, $10^{-6} < P_E < 10^{-5}$. For Comets 22P/Kopff and 39P/Oterma, $P_E \approx (1-2) \cdot 10^{-6}$; and for Comets 9P/Tempel 1, 28P/Neujmin 1 and 44P, $P_E \approx (2-5) \cdot 10^{-6}$. For all considered JFCs, $P_E > 4 \cdot 10^{-6}$. The Bulirsh-Stoer method of integration and a symplectic method gave similar results. In our runs the probability of a collision of one object with the Earth could be greater than the sum of probabilities for thousands of other objects. Using $P_E = 4 \cdot 10^{-6}$ and assuming that the total mass of planetesimals that ever crossed Jupiter's orbit is about a hundred of Earth masses and water fraction in comets was about 50%, we obtain that the total mass of water delivered from the feeding zone of the giant planets to the Earth could be about the total mass of water in Earth's oceans. The ratios of probabilities of collisions of JFCs with Venus and Mars to the mass of a planet usually were not smaller than that for Earth. For dust particles produced by comets and asteroids, P_E was maximum for diameters $d \sim 100 \mu\text{m}$. These maximum values of P_E were usually (exclusive for 2P) greater at least by an order of magnitude than the values for parent comets.

References

- [1] Ipatov S.I. Comet hazard to the Earth // Adv. in Space Research. 2001. V. 28. № 8, P. 1107-1116. [2] Ipatov S.I., Mather J.C. Migration of trans-Neptunian objects to the terrestrial planets // Earth, Moon, and Planets. 2003. V. 92. P. 89-98. [3] Ipatov, S.I., Mather J.C. Migration of Jupiter-family comets and resonant asteroids to near-Earth space // Annals of the New York Academy of Sciences. 2004. V. №1017. P. 46-65. [4] Ipatov S.I., Mather J.C. Comet and asteroid hazard to the terrestrial planets // Adv. in Space Research. 2004. V. 33, № 9, 1524-1533. [5] Ipatov S.I., Mather J.C. Migration of small bodies and dust to near-Earth space // Adv. in Space Research. 2006. V. 37. № 1. P. 126-137. [6] Ipatov S.I., Mather J.C. Migration of comets to the terrestrial planets // Proc. of the IAU Symposium № 236 "Near-Earth Objects, Our Celestial Neighbors: Opportunity and Risk" (14-18 August 2006, Prague, Czech Republic), ed. by A. Milani, G.B. Valsecchi & D.D. Vokrouhlický. 2007. P. 55-64.

Скорости материала, выбрасываемого с кометы при ее столкновении с небесным телом

С.И. Ипатов¹ и М.Ф. А'Херн²

¹Отделение земного магнетизма Института Карнеги в Вашингтоне, США; E-mail: siipatov@hotmail.com; ²Мэрилендский университет, США

Тунгусское событие могло быть вызвано небольшой кометой. Испарение кометного материала формирует кометный хвост. Другим источником материала, окружающего ядро кометы и составляющего ее хвост, являются столкновения малых тел с кометой. Облако материала, окружающего ядро кометы, может входить в земную атмосферу до и после ядра. Исследования скоростей выброса материала с кометы позволяют лучше понять размеры метеорного потока, порождаемого кометой. Мы изучали скорости и относительные количества материала, выброшенного с кометы Темпель 1 после того, как ударный модуль КА Дип Импакт столкнулся с кометой со скоростью 10 км/с. Эти исследования основаны на анализе снимков, сделанных камерами КА Дип Импакт в течение первых 7 минут после столкновения. Мы изучали скорости частиц, которые вносили основной вклад в яркость облака выброшенного материала, т.е. в основном частиц диаметром меньше 3 микрон. Наши исследования [1] не противоречат значительному непрерывному выбросу материала в течение 7 минут после столкновения, но время выброса может быть также меньше. Количество наблюдаемого материала, выброшенного в единицу времени, вероятно, имело пик через 0.5-0.7 сек, при $8 < t_e < 20$ сек могло быть больше, чем при $4 < t_e < 8$ сек, а при $t_e \sim 20-40$ сек почти не менялось. Это количество, вероятно, в основном уменьшалось со временем t_e после первой минуты после выброса, но это уменьшение могло быть меньше при $t_e \sim 6$ min. При $t_e \sim 0.2$ сек скорости большинства наблюдаемого выброшенного материала были порядка 10 км/с. Скорости некоторых частиц, выброшенных в течение первых трех секунд, превышали 1 км/с, но доля материала с такими скоростями среди всего выброшенного материала была небольшой. Скорости большинства наблюдаемого материала, выброшенного при $t_e > 4$ сек, были на порядок величины меньше, чем при $t_e < 1$ сек (сотни м/с вместо нескольких км/с). Наши оценки проекции (на плоскость, перпендикулярную линии взгляда) средних скоростей быстрого материала, который вносил основной вклад в яркость наблюдаемого пылевого облака, порядка 200 м/с и находятся в соответствии с предыдущими оценками, основанными на наблюдениях с Земли и с космических телескопов. Избыточный выброс вещества по некоторым направлениям («лучи» выброшенного материала) имел место в основном в течение первых 100 сек. При $v > 100$ м/с характерные скорости v наблюдаемого материала, выброшенного в момент t_e , могут считаться пропорциональными $t_e^{-0.6}$, как это предлагается теоретическими моделями, но выброс со скоростями, большими 100 м/с мог продолжаться дольше, чем это предсказывалось теоретическими моделями, и мог иметь место, когда происходил выброс с меньшими скоростями. Анализ наблюдений, сделанных камерами КА Дип Импакт свидетельствует в пользу модели кратерообразования с доминирующей гравитацией (т.е. в пользу большего количества выброшенного материала и большего размера кратера) и в пользу того, что частицы выбрасывались с разными скоростями и массами в одно и тоже время. Эта работа была поддержана грантом НАСА NNX08AG25G.

[1] Ipatov S.I., A'Hearn M.F. 39th LPSC. 2008. #1024.

Velocities of material ejected from a comet at its collision with a celestial body

S.I. Ipatov¹, M.F. A'Hearn²

¹*Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington, USA;*

E-mail: siipatov@hotmail.com, <http://www.dtm.ciw.edu/ipatov>,

²*University of Maryland, College Park, USA*

It is probable that the Tunguska event was caused by a small comet. Evaporation of cometary material produces a cometary tail. Another source of cometary coma and tail are collisions of a comet with small bodies. The cloud of material that surrounded the nucleus of a comet can enter the Earth's atmosphere before and after the nucleus. Studies of velocities of ejection of material from a comet allows one to understand better the size of a cometary coma and of a meteor flux that was produced by a comet. In this presentation we study velocities and relative amounts of particles ejected from Comet 9P/Tempel 1 after the Deep Impact impactor has collided the comet at velocity of about 10 km/s. These studies are based on analysis of the images made by the Deep Impact cameras during the first 7 min after the collision. We considered velocities v of the particles that give the main contribution to the brightness of the cloud of ejected material, i.e., mainly of particles with diameter $d < 3 \mu\text{m}$. Our studies [1] do not contradict to a considerable continuous ejection of material during 7 minutes after the collision, but the time of the ejection could be smaller. The rate of production of observed ejected material probably had a peak at 0.5-0.7 s. The amount of particles with $d < 3 \mu\text{m}$ ejected per unit of time at $8 < t_e < 20$ s could be greater than that at $4 < t_e < 8$ s. It was about the same at different $t_e \sim 20$ -40 s. The rate probably mainly decreased with time t_e after the 1st minute after the ejection, but this decrease could be slower at $t_e \sim 6$ min. Velocities of most of observed material ejected at $t_e \sim 0.2$ s were about 10 km/s. Some particles ejected during the first three seconds had velocities greater than 1 km/s, but the contribution of such material to the total amount of material ejected after the impact was small. Velocities of most of material that contributed to the brightness of the cloud and was ejected at $t_e > 4$ s were smaller by an order of magnitude than those at $t_e < 1$ s (hundreds of m/s instead of several km/s). Our estimates of projections (onto the plane perpendicular to the line of sight) of mean velocities of the fast material that mainly contributed to the brightness of the observed dust cloud were ~ 200 m/s and are in accordance with the previous estimates based on various ground-based observations and observations made by space telescopes. The excess ejection of material to a few directions (rays of ejected material) took place mainly during the first 100 s. At $v > 100$ m/s, characteristic velocities v of observed material ejected at time t_e can be considered proportional to $t_e^{-0.6}$, as it was suggested by theoretical models, but ejection with velocities greater than 100 m/s could last for a longer time than it was predicted by theoretical models and could take place when there was ejection with smaller velocities. Analysis of observations made by Deep Impact cameras testifies in favor of a model close to gravity-dominated cratering (i.e., in favor of greater amounts of ejected material and greater size of a crater) and that particles with different velocities and masses could be ejected at the same time. *This work was supported by NASA DDAP grant NNX08AG25G.*

References

[1] Ipatov S.I., A'Hearn M.F. 39th LPSC. 2008. #1024.

Оптические характеристики и уравнение состояния паров вещества космических тел, вторгающихся в атмосферу Земли

И.Б. Косарев

Институт динамики геосферы РАН, Москва, Россия, kosarev@idg.chph.ras.ru

Оценка защитных свойств атмосферы, определяющих проникновение космических тел в земную атмосферу, является важной задачей в связи с широко обсуждаемой проблемой астероидной опасности. Расчеты оптических и термодинамических свойств проведены для различных типов тел со значительно отличающимся химическим составом: Н- и С-хондритов, льда и кометного вещества. Вычисления выполнены на основе 16 элементов: Fe-O-Mg-Si-C-H-N-S-Al-Ca-Na-K-Cr-Mn-Ti-Ni. Среднее содержание компонент для каждого типа вещества космического тела было взято из опубликованных данных. Химический состав для каждой пары величин температуры и плотности определялся в приближении термодинамического равновесия из решения системы химического и ионизационного равновесия с учетом сохранения числа ядер каждого элемента и электронейтральности. Для расчета фазового и химического равновесия использовался алгоритм, основанный на экстремальных принципах. Для расчета оптических свойств использовались количественные характеристики всех основных радиационных процессов. Использовались современные базы данных по спектроскопическим свойствам молекул наряду с модернизированной программой вычисления атомных характеристик, использующей метод конфигурационного взаимодействия и приближение случайных фаз с обменом для учета корреляций в многоэлектронных атомных оболочках. Для тяжелых элементов использовался релятивистский вариант самосогласованного поля в приближении Дирака-Фока. Поглощение в молекулярных полосах рассчитывалось в приближении полного перекрытия линий. Влияние плазменной неидеальности учитывалось по микроволновой модели.

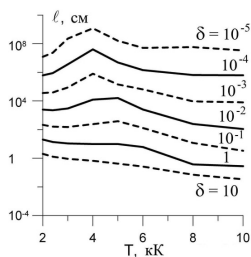


Рис. 1. Зависимости Росселандовых пробегов от температуры T и плотности паров для Н-хондрита. $N_L = 1.08 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$.

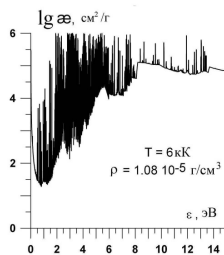


Рис. 2. Массовые коэффициенты поглощения для слоя паров Н-хондрита.

Рассчитаны таблицы оптических и термодинамических свойств паров вещества различных типов космических тел в диапазоне 2-40 кК и относительной плотности $\delta = 10^{-5}$ -10 ($\delta = N/N_L$, где N общее число ядер в смеси, N_L – число Лошмидта). Результаты показывают, что для всех типов космических тел с размером более 10 м при давлениях в слое паров порядка 10 МПа и больше осуществляется режим сильной экранировки поверхности метеороида.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 07-05-00026).

Optical characteristics and equations of state of vapors of cosmic bodies invading the Earth atmosphere

I.B. Kosarev

Institute for Dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia, kosarev@idg.chph.ras.ru

Estimates of atmospheric protective properties determining penetration of cosmic objects into the Earth atmosphere are an important problem in connection with a problem of asteroid danger which is being widely discussed now. Optical and thermodynamic property calculations were conducted for various types of bodies with appreciable differences in chemical composition: H-, C-chondrites, ice and cometary material. Calculations were carried out on the base of 16 elements: Fe-O-Mg-Si-C-H-N-S-Al-Ca-Na-K-Cr-Mn-Ti-Ni. The average percentage of chemical components for every type of cosmic body material was taken from published data. Chemical composition for every pair values of the temperature and density was determined in the thermodynamic equilibrium approximation from the solution of chemical and ionization equilibrium with conservation of nucleus number and electroneutrality. The algorithm of the phase and chemical equilibrium thermodynamic analysis for complex systems based on extremal principles was used. All the main radiative processes were taken into account. Modern published spectroscopic data are used in calculations along with the update version of the atomic physics program. The last one uses configuration interaction (CI) methods and random phase approximation with exchange (RPAE) to take into account correlations in many electron atomic shells. For heavy elements relativistic variant of self-consistent field Dirac-Fock approximation was also used. Absorption in molecular bands was calculated in the just overlapping line approximation. Influence of plasma non-ideality on optical properties in the case of high densities was determined by using the microfield model.

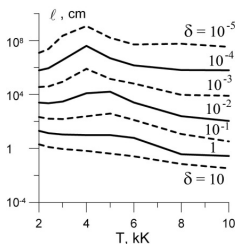


Fig. 1. Dependencies of Rosseland paths on the temperature T for various densities H-chondrite vapor. $N_L = 1.08 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$.

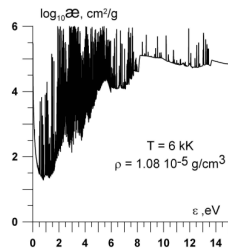


Fig. 2. Mass absorption coefficients for a H-chondrite vapor layer.

Tables of optical and thermodynamic properties of cosmic body material vapors in the ranges $T = 2\text{-}40 \text{ kK}$ and relative density $\delta = 10^{-5}\text{-}10$ ($\delta = N/N_L$, where N is the total number of nuclei in the mixture, N_L is the Loschmidt number) were calculated. Obtained results show that the strong shielding surface regime occurs for all types bodies with a size more 10 m at pressures in a vapor layer near 10 MPa and more.

This publication is based on the work supported by RFBR (project no. 07-05-00026).

Эксперимент «Интроскоп» по обнаружению малых небесных тел во внутренних областях Солнечной системы

С.В. Кузин¹, А.В. Зайцев², В.Д. Кузнецов³, В.А. Шор⁴, Б.Д. Яковлев⁵, А.С. Трушин¹

¹ ФИАН им. П. Н. Лебедева, г. Москва, Россия, E-mail: kuzin@lebedev.ru

² НП «Центр планетарной защиты», г. Химки, Россия. E-mail: pdc@berc.rssi.ru

³ ИЗМИРАН им. Н. В. Пушкова, г. Троицк, Московская обл., Россия.

⁴ ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия.

⁵ НПО им. С. А. Лавочкина, г. Химки, Россия.

Одной из наименее исследованных областей Солнечной системы является расположенная внутри орбиты Земли область околосолнечного пространства. Недостаточная исследованность этой области связана со сложностью ее наблюдения с помощью наземных астрономических инструментов.

В то же время, внутри этой области движется множество астероидов, которые относятся к классу астероидов, сближающихся с Землей, и могут представлять для нее угрозу.

Одним из эффективных способов обнаружения таких астероидов является наблюдение их с борта космического аппарата, движущегося внутри орбиты Земли, например, в районе орбит Венеры или Меркурия [1, 2]. Такая возможность представляется в ходе выполнения экспедиции «Интергелиозонд», предназначенной для изучения Солнца и околосолнечной среды с близких расстояний [3, 4].

В докладе представлены схема проведения эксперимента «Интроскоп», основные характеристики и возможности аппаратуры по обнаружению и изучению малых небесных тел и космической пыли. Приведены оценки эффективности их обнаружения, ожидаемые объемы поступающей информации, алгоритмы ее обработки с целью получения сведений о физических характеристиках и орбитах небесных тел.

Представлена схема установки аппаратуры «Интроскоп» на борту космического аппарата «Интергелиозонд».

Рассмотрены возможности международной кооперации по осуществлению данного эксперимента.

Реализация эксперимента позволит решить не только некоторые фундаментальные проблемы строения и эволюции Солнечной системы, но и такие практические задачи, как снижение микрометеорной опасности для КА, а также астероидно-кометной угрозы, связанной с возможностью столкновения трудно обнаруживаемых астероидов или ядер комет с Землей.

Литература

[1] EUNEO Executive Summary. ESA. 2003.

[2] <http://neo.jpl.nasa.gov/neo/neoreport030825.pdf>

[3] Oraevsky V.N., Kuznetsov V.D., Breus T.K., Ksanfomality L.V., Kogan A.Yu. Marsch E., Axford W.I., Ip W.-H., Tomas N., Schwenn R., Utkin V.F., Uspensky G.R., Kulikov S.D., Pitchkhadze K.M., Zaitsev A.V. InterHelios // Report of the InterHelios Mission Study Team. Scientific Rationale and Mission Concept. July 1998. P. 1-58.

[4] Marsch E., Kogan A., Axford W.I., Breus T., Kuznetsov V.D., Oraevsky V.N. Interhelios - Sun and Heliosphere Observer // Proc. of Workshop "A Cross-Road for European Solar and Heliospheric Space Physics". Puerto De La Cruz, March 23-27, 1998, Tenerife, Spain, 1998, SP-417, ESA, p. 91-108.

Experiment 'INTROSCOPE' on discovery of small celestial bodies in the internal part of the Solar system

S.V. Kuzin¹, A.V. Zaitsev², V.D. Kuznetsov³, A.S. Trushin¹, V.A. Shor⁴, B.D. Yakovlev⁵

¹ *P.N. Lebedev Physical Institute of Russian Academy of Science, Moscow, RF,*

E-mail: kuzin@sci.lebedev.ru

² *NPP «Planetary Defense Center», Khimki, Moscow reg., Russia. E-mail: pdc@berc.rssi.ru*

³ *IZMIRAN, Troitsk, Moscow reg., Russia. E-mail: kvd@izmiran.ru*

⁴ *Institute of Applied Astronomy Russian Academy of Sciences. St. Petersburg, Russia.*

E-mail: shor@ipa.nw.ru

⁵ *Lavochkin Association, Khimki, Moscow reg., Russia.*

One of the least investigated regions of the Solar system is its internal part which is inside the Earth orbit. The cause of the limited knowledge is the difficulty of observations of the area with ground-based astronomical instruments. The same time, within this region a lot of asteroids belonging to the near-Earth asteroids type are moving. Some of them are potentially hazardous for the Earth.

The most effective means for discovery of such asteroids are observation fulfilling from the board of space apparatus moving inside the Earth orbit, for example, near-by the orbit of Venus or Mercury [1, 2]. Such an opportunity is offered in the course of realization of space mission 'INTERHELIOZOND' aimed to study of the Sun and near-Solar medium from close distance [3, 4].

The lay out of experiment 'INTROSCOPE' is presented in the paper, the main characteristics of the telescope and possibilities of discovering and studying small bodies and interplanetary dust are discussed. The estimations of efficiency of observation, the expected volume of on board information, the algorithms of its processing with the aim to derive physical characteristics and orbits of celestial bodies are described.

The scheme of installing of the 'INTROSCOPE' instrument on board the 'INTERHELIOZOND' spacecraft is presented. The opportunities of international cooperation on realization of the experiment are discussed.

Realization of the experiment makes it possible not only to solve some fundamental problems of structure and evolution of the Solar system, but such practical tasks as lowering the asteroid-comet hazard and micrometeor hazard for spacecraft as well.

References

[1] EUNEO Executive Summary. ESA. 2003.

[2] <http://neo.jpl.nasa.gov/neo/neoreport030825.pdf>

[3] *Oraevsky V.N., Kuznetsov V.D., Breus T.K., Ksanfomality L.V., Kogan A.Yu. Marsch E., Axford W.I., Ip W.-H., Tomas N., Schwenn R., Utkin V.F., Uspensky G.R., Kulikov S.D., Pitchkhadze K.M., Zaitsev A.V. InterHelios // Report of the InterHelios Mission Study Team. Scientific Rationale and Mission Concept. July 1998. P. 1-58.*

[4] *Marsch E., Kogan A., Axford W.I., Breus T., Kuznetsov V.D., Oraevsky V.N. Interhelios - Sun and Heliosphere Observer // Proc. of Workshop "A Cross-Road for European Solar and Heliospheric Space Physics". Puerto De La Cruz, March 23-27, 1998, Tenerife, Spain, 1998, SP-417, ESA, p.91-108.*

Кометы и эволюция метеороидных комплексов

Н.В. Куликова, В.И. Тищенко, Д.А. Калинин

Обнинский Государственный Университет атомной энергетики (ИАТЭ), Обнинск, Россия.

E-mail: kulikova@iate.obninsk.ru

Кометы представляют интерес как один из источников пополнения космического пространства не только фрагментами своего распада, но и как угасшие небесные тела. Оценка количества комет, эволюционирующих в околоземном пространстве весьма затруднена из-за неустойчивости и переменчивости кометных орбит. Одной из причин является потеря массы, что приводит к разрушению кометных ядер и возникновению новых образований. Кометы составляют малую часть объектов, сближающихся с Землей, но имеют значительный разрушительный потенциал в космической угрозе вследствие динамических характеристик. В настоящее время при невозможности проведения натурного эксперимента или его дороговизны перспективным направлением исследований является создание компьютерных технологий, построенных по принципу модульности, что позволяет основательно расширить диапазон применяемых математических моделей дезинтеграции, алгоритмов эволюционного развития возникающих метеороидных комплексов, оценить качественные и количественные характеристики разрабатываемых наблюдателями критериев идентификации отдельных метеоров как элементов конкретных потоков и пр. В докладе представлены наиболее интересные с точки зрения авторов результаты, полученные с использованием разработанной ранее компьютерной технологии для исследования населенности космического пространства продуктами дезинтеграции ряда конкретных комет в ретроспективе их наблюдений.

Comets and meteoroid complexes evolution

N.V. Kulikova, V.I. Tishchenko, D.A. Kalinin

Obninsk State Technical University Of Nuclear Power Engineering (IATE), Obninsk, Russia. e-mail :

kulikova@iate.obninsk.ru

Comets are the objects of great interest as they are the one of the origins of the replenishment of the cosmic space not only by the fragments of their disintegration but also as small celestial fading bodies.

The valuation of the quantity of the comets moving near Earth is very difficult due to no stability and variation comet orbits. One of causes is the decrease of their masses. This leads to the destruction of the comet nuclear and the appearance of the new formations. The comets are the small part of the objects near Earth, but they have significant destructive potential of the cosmic threat due to their dynamic characteristics.

At present impossibility to perform a field experiment or its high cost the development of computer technologies created by the modulus principle is considered to be the most promising trend. It allows to expand the range of applied mathematical models of disintegration, algorithms of the evolution development of appearing meteoroid complexes, to assess the quantitative and qualitative characteristics of developed identification criteria for some meteors as elements of concrete fluxes and so on. The paper presents most interesting results obtained with the help of a computer technology developed to study space population with disintegration products of the certain comets in the process of their observations.

Экзотическое вещество в полимиктовых брекчиях HED

К.А. Лоренц

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

E-mail: c-lorenz@yandex.ru

Метеориты группы HED (говардиты, эвкриты, диогениты) – представляют собой ряд генетически связанных пироксенитов, габбро, базальтов и брекчий этих горных пород, источником которых является тело, испытавшее магматическую дифференциацию, наиболее вероятно – астероид 4 Веста. Полимиктовые брекнии HED (ПБ) - говардиты и полимиктовые эвкриты – фрагменты литифицированного реголита, в котором содержится экзотическое вещество - межпланетная пыль, обломки метеоритов и включения глубинных пород, выброшенных на поверхность при образовании крупных ударных кратеров. Изучение этих метеоритов предоставляет информацию о составе и эволюции поверхности и внутренних слоев родительского тела. Экзотическое метеоритное вещество в ПБ представлено фрагментами углистых СМ хондритов (на пр. Zolensky et al., 1996). Нами впервые показано, что наряду с СМ-хондритами, ПБ содержат фрагменты обыкновенных хондритов и энстатитовых метеоритов. Установлено, что поток межпланетных частиц на орбите родительского тела HED качественно соответствовал современному потоку микрометеоритов на Землю. Также показано, что частицы углистых хондритов являются частью низкоскоростного потока крупных частиц, вероятно связанного с пылевыми следами комет. Частицы метеоритов других типов обладали высокой скоростью и принадлежали к поясам астероидной пыли. Эти выводы согласуются с результатами исследования околосолнечного пылевого облака, проведенного спутником IRAS (Divine, 1992; Renard et al. 1995). Содержания сидерофильных элементов в ПБ соответствуют 2-3 масс.% вещества углистых хондритов (Chou et al., 1976) что не коррелирует с содержанием экзотических метеоритных частиц в HED. Следовательно, основным носителем космогенных сидерофильных элементов в HED является рассеянное метеоритное вещество, недоступное для минералогического изучения. Поток хондритового вещества на поверхность Весты сопоставим с потоком на поверхность Луны в период интенсивной метеоритной бомбардировки 4,5-3,7 млрд. лет назад, которая таким образом, имела место во всей Солнечной системе. Экзотические метеоритные включения в ПБ документируют качественный состав древнего потока, который не отличался от современного метеоритного потока на Землю. Экзотические магматические включения в ПБ представлены глубинными или незначительно распространенными изверженными горными породами, неизвестными в качестве метеоритов. Нами были обнаружены и исследованы включения высокомагнезиальных перидотитов, которые могут представлять собой вещество верхней мантии дифференцированного астероида. Также впервые в HED обнаружены включения средних и кислых горных пород, которые являются продуктами интенсивной магматической дифференциации на родительском теле HED. На примере экзотических магматических включений показано, что на родительском теле HED этот процесс мог приводить к образованию значительных объемов высококремнистых, обогащенных железом и кальцием расплавов, как это имело место на Луне.

Литература

Chou C.L. et al. Trace element evidence regarding a chondritic component in howardite meteorites // Proc. Lunar Sci. Conf. 7th. 1976. P. 3501-3518.

Divine N. Five populations of interplanetary meteoroids // Bulletin of the American Astronomical Society. 1992. V.24. P. 952.

Renard J.B. et al. Properties of interplanetary dust from infrared and optical observations. II. Brightness, polarization, temperature, albedo and their dependence on the elevation above the ecliptic // Astron. Astrophys. 1995. V.304. P. 602.

Exotic materials of HED meteorites

C.A. Lorenz

Vernadsky Institute of Geochemistry and analytical chemistry RAS, Moscow, Russia.

E-mail: c-lorenz@yandex.ru

The meteorites of HED group (Howardites, Eucrites, Diogenites) are range of genetically-linked pyroxenites, gabbros, basalts and polymict breccias of these rocks, coming to the Earth from one of differentiated asteroids, most probably, from Vesta. The HED polymict breccias (PBs), howardites and polymict eucrites, are fragments of parent body regolith. Among the regular components they contain interplanetary dust particles, meteorite debris and inclusions of deep sited igneous rocks, excavated to the surface by large impact events. Investigations of these meteorites allow studying the composition and evolution of surface and internal parts of its parent body. Exotic meteorite materials of PBs are mainly carbonaceous CM chondrites (i.e. Zolensky et al., 1996). Here we demonstrated that PBs also contain the particles of ordinary chondrites and enstatite meteorites. The flux of interplanetary particles on the orbit of HED parent body was qualitatively similar to the modern flux of micrometeorites to the Earth. We showed that particles of carbonaceous chondrites are components of low-velocity population of near-Solar dust bands, probably the comets' dust traces. The meteorite particles of other types represent the high-velocity dust population of asteroidal origin. These suggestions are consistent with results of study of near-Solar dust cloud provided by IRAS satellite (Divine, 1992; Renard et al. 1995). Concentrations of siderophile elements of PBs correspond to abundance of 2-3 wt% of carbonaceous chondrite material, that is not correlate to abundance of meteoritic particles. Probably, the main mass of meteoritical material in PBs is finely dispersed and inaccessible to mineralogical investigation. The flux of chondrite material to the surface of HED parent body is similar to that of the Moon during the intensive meteorite bombardment 4.5-3.7 b.y. ago. Exotic meteorite particles are documented the qualitative composition of ancient meteorite flux, that was similar to modern flux on to the Earth. Exotic igneous inclusions in PB represent deep-sited and rare magmatic rocks, which are not found among the meteorites. We found and studied one inclusion of high-magnesium peridotite that could be a fragment of upper mantle of differentiated asteroid. Recently found inclusions of exotic acidic rocks are products of intensive igneous differentiation. We showed that the process of igneous differentiation on HED parent body resulted in formation of significant amounts of Si, Ca, Fe – rich melts as it had taken place on the Moon.

References

- Chou C.L. et al.* Trace element evidence regarding a chondritic component in howardite meteorites // *Proc. Lunar Sci. Conf.* 7th. 1976. P. 3501-3518.
- Divine N.* Five populations of interplanetary meteoroids // *Bulletin of the American Astronomical Society*. 1992. V. 24. P. 952.
- Renard J.B. et al.* Properties of interplanetary dust from infrared and optical observations. II. Brightness, polarization, temperature, albedo and their dependence on the elevation above the ecliptic // *Astron. Astrophys.* 1995. V. 304. P. 602.

Малые тела: Миграция и следствия

М.Я. Маров

*Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук,
E-mail: marov@keldysh.ru*

Малые тела, спектр размеров которых простирается от нескольких сот километров до микронов, являются наиболее динамичными объектами в Солнечной системе. Они играли и продолжают играть важную роль в ее эволюции благодаря, процессам миграции и многочисленным соударениям с планетами. Малые тела представляют первостепенный интерес для планетной космогонии с космохимической точки зрения, как носители первичного материала, из которого образовалась Солнечная система. Кометы и примитивные углистые хондриты предположительно сохранили в своем составе частицы протопланетного облака и газопылевого аккреционного диска, поскольку претерпели наименьшие изменения в процессе эволюции. Кометы естественно ассоциировать с планетезималями, выброшенными вследствие приливных возмущений из областей рождения планет юпитерианской группы в процессе их роста на периферию Солнечной системы, где образовались пояс Койпера и облако Оорта. Кометы можно рассматривать также как своеобразные зонды ближайших к Солнечной системе областей Галактики.

Свойства орбит малых тел отражают динамику регулярных и хаотических процессов в Солнечной системе, одним из характерных проявлений которых служит миграция. Следствием миграции являются столкновения комет и астероидов с планетами. Помимо межпланетного транспорта вещества, они приводят к катастрофическим событиям, неоднократно происходившим в геологической истории Земли, одним из примеров которых служит Тунгусское явление. Миграционно-столкновительные процессы лежат в основе актуальной для человечества проблемы астероидной опасности. Интенсивная бомбардировка Земли и планет земной группы кометами и астероидами могла обеспечить приток летучих из внешних областей Солнечной системы на ранней стадии ее эволюции за счет механизма гетерогенной аккреции, что внесло, по-видимому, значительный вклад в образование атмосфер и гидросфер. Миграция малых тел, включая частицы межпланетной пыли, имеет прямое отношение не только к эволюции планет, но и к проблеме происхождения жизни, в качестве носителей первичных форм которой могли быть кометы.

Small bodies: Migration and implications

M.Ya. Marov

Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences,

E-mail:marov@keldysh.ru

Small bodies ranging in size from microns to a few hundreds of kilometers are the most dynamical solar system objects. They played continuously an important role in its evolution because of mainly their migration followed by the numerous collisions with the planets. For the cosmogony, small bodies are of interest from the viewpoint of cosmochemistry as the carriers of primary matter from which our solar system built up. Comets and carbonaceous chondrites presumably encapsulated most pristine particles of the protoplanetary nebula because they did not experienced significant changes in due course of evolution. Comets are reasonably associated with planetesimals that have been thrown out due to tidal perturbations from the region of giant planets formation to the periphery of the solar system where transneptunian Kuiper belt and Oort cloud formed. Comets are also addressed as the bodies probing the closest to the solar system Galaxy regions.

Small bodies orbits characterize both regular and chaotic processes in the solar system and migration confirm these dynamical properties. Migration manifests itself explicitly through numerous collisions of comets and asteroids with the planets. These processes are responsible for the permanent transport of interplanetary matter and dramatic events caused by large bodies impacts. Such catastrophes occurred many times throughout the Earth's geologic history, Tunguska event serving as the recent brilliant example. Migration-collisions underlie the problems of NEO asteroids threat that draws growing attention. Numerical modeling brought quite convincing evidence that intense bombardment of early Earth and other inner planets by comets and asteroids could contribute substantially to volatiles inventory and therefore, to compensate volatiles deficiency in the region of the terrestrial planets formation, invoking the mechanism of heterogeneous accretion. This allows us to explain sufficient bulk of volatiles to store in the inner planets atmosphere and hydrosphere. Finally, migration of small bodies, interplanetary particles including, might be intrinsically related to the intriguing problem of life origin, comets being addressed as the most probable original biotic seeds carriers.

О плотности пылевой среды в области Койпера

С.А. Мещеряков

ЦНИИМАШ, 141070, Московская обл., г. Королев, Пионерская 4,

E-mail: SMeshcheryakov@mtu-net.ru, phone: (495) 513 4860

В настоящее время значительное внимание привлекают исследования транснептуновой области и пояса Койпера. Эти исследования вносят большой вклад в решение проблемы эволюции Солнечной системы. Эти работы могут иметь большое прикладное значение также для построения моделей метеороидной среды, которые становятся все более актуальными в связи с ростом значимости проблемы защиты космических аппаратов. Пояс Койпера вносит также свой вклад и в астероидную опасность для Земли. Измерения торможения аппаратов Пионер-10 и Пионер-11, проведенные в период, когда они вышли из Солнечной системы, уже послужили основой для оценок плотности космической материи в этом поясе. В данной работе даны новые оценки этой плотности, основанные на решении задачи физической кинетики гравитирующей среды.

On the density of dust in the Kuiper Belt region

S.A. Meshcheryakov

TSNIMASH, 141070, Moscoe region, Korolev, Pionerskaya 4,

E-mail: SMeshcheryakov@mtu-net.ru, phone: (495) 513 4860

The investigations of the trans-Neptune region and the Kuiper Belt attracts a great attention nowadays. These works have a great importance for solution of the problem of Solar System evolution. They have a great applied significance in development of the meteoroid environment models. The last thing become of great urgency due to increased meaning of spacecraft protection problem. Also the Kuiper Belt plays a part in the asteroid hazard for Earth. Measurements of drag in missions Pioneer-10 and Pioneer-11 have used in evaluation of density of dust substance in this region. There are done new estimations of the dust density based on solution of the physical kinetics problem for gravitating medium.

Учет динамических резонансных эффектов в статистических распределениях орбитальных параметров малых тел Солнечной системы

Б.Р. Мушаилов, В.С. Теплицкая

Государственный астрономический институт им. П.К. Штенберга МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: VeraTeplic@yandex.ru

1. Для Кентавров и объектов «рассыпающегося пояса», а также объектов пояса Койпера построены распределения по большим полуосям, эксцентриситетам и углам наклона орбит.
2. Получено, что эксцентриситеты объектов пояса Койпера преимущественно малы.
3. Интерпретировано расхождение максимума в распределении объектов пояса Койпера по большим полуосям с точным орбитальным резонансом.
4. Проведен вейвлет-анализ распределений по большим полуосям.

Accounting dynamic resonance effects in the statistical distributions of orbital parameters of the minor planets of Solar system

B.R. Mushailov, V.S. Teplitskaya

Sternberg Astronomical Institute. Moscow State University, Moscow, Russia. VeraTeplic@yandex.ru

1. A distribution of semi-major axes, eccentricities and corners inclination orbits for Centaurs and Scattered-Disk objects, as well as Kuiper belt objects are adduced.
2. It was found that, Kuiper belt objects eccentricities were mostly small.
3. The difference of maximum in the distribution of the semi-major axes for Kuiper belt objects with precise orbital resonance was interpreted.
4. A wavelet transforms for distributions of a semi-major axes are constructed.

О некоторых общих закономерностях динамической эволюции экзопланет и планет Солнечной системы

Б.Р. Мушаилов, Л.М. Ивановская

Государственный астрономический институт им. П.К. Штенберга МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: ilm1655@yandex.ru

1. Получены корректные распределения (гистограммы) экзопланетных систем по их орбитальным параметрам (большим полуосям, периодам, эксцентриситетам) и физическим характеристикам (массе, спектральному классу).
2. Установлено, что значительные массы предвычисленных экзопланет являются следствием неполноты применяемых моделей.
3. Показана распространенность орбитальных резонансов в экзопланетных системах.
4. Статистический анализ орбитальных параметров экзопланетных систем и Солнечной системы свидетельствует о едином (универсальном) механизме их формирования и эволюции.

About some general regularities of dynamic evolution extra solar planets and Solar system

B.R. Mushailov, L.M. Ivanovskaya

*Sternberg Astronomical Institute. Moscow State University, Moscow, Russia.
E-mail: ilm1655@yandex.ru*

1. We obtain the correct distribution (histograms) of extra solar systems on their orbital parameters (semi-major axes, period, eccentricities) and physical characteristics (mass, spectral class).
2. It was found that significant mass predictional exoplanets due to the incompleteness used models.
3. We shown the prevalence of orbital resonances in extrasolar systems.
4. Statistical analysis of orbital parameters extra solar systems and the Solar system shows a single (universal) mechanism of their formation and evolution.

Космическая миссия посещения астероида АПОФИС

В.Г. Поль, М.Б. Мартынов, А.В. Симонов, М.Н. Хайлов
ФГУП НПО им. С. А. Лавочкина, г.Химки, polvad@laspace.ru

Доклад посвящен проблеме астероидной опасности (АО), оцениваемой сегодня в свете новой информации, накапливающейся по конкретному угрожающему астероиду АПОФИС. Последний следует рассматривать как объект, на котором можно и одновременно необходимо начать отрабатывать элементы всего комплекса конструктивных активных мер противодействия, диктуемых самим существом проблемы АО в целом.

Эти меры заключаются, прежде всего, в обеспечении точного прогноза движения этого астероида, оценке его физико-химических и структурных характеристик и определение состава допустимых средств противодействия удару по Земле. Обнаруженная возможность резонансных возвратов АПОФИСА приводит к необходимости прогнозировать движение астероида с точностью, недостижимой при традиционных методах определения орбит малых небесных тел.

Поэтому применительно к конкретному случаю АПОФИСА ставится задача разработки целевой космической миссии. Она должна обеспечить уточнение траектории астероида, оценку его физических и структурных характеристик, а также проведение демонстрационных экспериментов по изменению орбиты астероида малым длительным энергетическим воздействием.

В докладе рассматриваются различные планы перелета, имеющиеся технические ограничения и делается обоснованный выбор предпочтительного плана миссии, исходя из ее проведения период 2012-2014гг. Особо анализируется баллистическое обеспечение длительного существования искусственного спутника АПОФИСА, рассматриваемое как условие детального определения реальной орбиты астероида и точного прогноза его пролета мимо Земли в 2029г.

Рассматривается облик космического аппарата миссии, решающей эти задачи. Дается конкретный вариант полета к астероиду АПОФИС с привязкой к существующим средствам вывода и космическим аппаратам разработки НПО им. С.А. Лавочкина. Приводятся предложения по комплектации КА научной аппаратурой, обосновывается конкретный план проведения миссии в период 2012-2014гг. Результатами предлагаемой миссии будут являться: возможность значительного повышения точности слежения за конкретным угрожающим астероидом АПОФИС, надежное прогнозирование реальной угрозы от него и демонстрация возможностей увода этого астероида с поражающей траектории. Кроме того, предполагается получить новые научные результаты по малым телам Солнечной системы.

Space mission of visiting of asteroid Apophis

V.G. Pol, M.B. Martynov, A.V. Simonov, M.N. Hailov
Lavochkine Association, Khimki, Moscow Region, polvad@laspace.ru

Report is dedicated to the problem of asteroid threat (AT), evaluated today in light of the new information, which is accumulated on the concrete threatening asteroid Apophis. The latter should be considered as the object, on which it is possible and simultaneously necessary to begin to master the elements of entire complex of the design active measures for opposition, dictated by very essence of problem AT as a whole. These measures consist, first of all, in the guarantee of the precise forecast the motion of this asteroid, to the evaluation of its physical chemistry and structural characteristics and the determination of the composition of the permissible means of opposition to impact on the Earth. The discovered possibility of resonance recoveries of Apophis leads to the need for forecasting the motion of asteroid with the accuracy, unattainable with the traditional methods of determining the orbits of small celestial bodies.

Therefore in connection with to specific case of Apophis is posed the problem of developing the space mission. It must ensure the refinement of the trajectory of asteroid, the evaluation of its physical and structural characteristics, and also the conducting demonstration experiments with respect to a change in the orbit of asteroid by small prolonged energy action.

In the report are examined different plans of overflight, existing technical limitations and is done the substantiated selection of the preferable plan of mission, on the basis of its conducting the period of 2012-2014 years. Separately are analyzed the trajectory consideration of prolonged existence of asteroid satellite, as the condition for the detailed determination of the real orbit of asteroid and precise forecast of its flight past the Earth in question in 2029.

Is examined the appearance of the automatic spacecraft of the mission, which solves these tasks. Is given the concrete version of flight to the Apophis with the tying to the existing means of conclusion and the automatic spacecraft for development by Lavochkine Association. Proposals on the assembly SC are given by scientific gear, is based the concrete plan of conducting mission in the period of 2012-2014 years. The results of the proposed mission they will be: the possibility of a substantial increase in the accuracy of tracking of the concrete threatening asteroid Apophis, the reliable prognostication of real threat from it and the demonstration of the possibilities of the withdrawal of this asteroid from the damaging trajectory. Furthermore, it is intended to obtain new scientific results throughout the small bodies of the Solar system.

О потенциальной точности определения орбиты астероида и ограничивающих ее факторах

В.Г. Поль

ФГУП НПО им. С. А. Лавочкина, г.Химки, polvad@laspace.ru.

В.А. Шор

Институт прикладной астрономии РАН, С.-Петербург, shor@ipa.nw.ru

Исследование движения недавно обнаруженного астероида Апофис сделало наглядной опасность близкого прохождения астероида в окрестности Земли даже в том случае, когда непосредственное столкновение исключено. При сближении тела с Землей его орбита испытывает сильные гравитационные возмущения, которые могут вести к повторным сближениям Земли и астероида в не очень отдаленном будущем. При этом ситуация, имевшая место в предыдущем сближении, может даже ухудшиться. Тогда, в результате через несколько лет вместо тесного сближения произойдет столкновение Земли с опасным телом. Для конкретного тела при заданных условиях его сближения с Землей в определенных интервалах минимальных геоцентрических расстояний существуют зоны резонансного возврата (ЗРВ), прохождение через которые гарантирует столкновение опасного тела с Землей через определенное число лет. Наличие зон резонансного возврата относительно малого размера (ЗРВ для Апофиса, прохождение через которую вызывает его возвращение к Земле через семь лет в 2036 г и столкновение с ней, имеет размеры менее одного километра) требует весьма точного прогноза движения астероида на десять-двадцать лет вперед. В частности, для случая Апофиса максимально допустимая ошибка определения его текущего места, гарантирующая непопадание астероида в конкретную опасную зону, составляет величину порядка немногих километров. При этом указанная точность должна быть обеспечена на достаточно длительный срок прогноза.

Существующие традиционные астрономические средства наблюдений, в особенности при малом числе радиолокационных наблюдений, и методики определения орбит такую ошибку обеспечить не могут, а дефицит точности составляет один-два порядка. Причинами такого положения являются, во-первых, ограниченная точность оптических наблюдений, составляющая в пересчете на текущие пространственные координаты сотни километров. Второй причиной служит недостаточная точность используемых моделей движения и неопределенность физических механизмов весьма малых возмущающих ускорений, тем не менее, сильно сказывающихся на больших сроках прогноза, в особенности после тесных сближений. В результате относительная ошибка прогноза движения астероидов сегодня имеет порядок $1 \cdot 10^{-6}$.

Эти же трудности имеют место при управлении искусственными космическими объектами, однако они преодолеваются применением радиотехнических средств измерения траектории. Дополнительными резервами повышения точности служит и методология последовательно уточняемого вектора состояния, включающего дополнительные параметры модели движения. В совокупности эти меры позволили повысить относительную точность определения движения космических объектов на порядок и более.

В докладе рассматривается возможность перенесения указанной выше технологии на задачу слежения за текущими координатами малых небесных тел, делаются оценки различных схем уточнения орбит, даются примеры и рекомендации применительно к проблеме астероидной опасности.

About potential accuracy of the determination of the asteroid's orbit and its limiting factors

V.G. Pol

Lavochkine Association, Khimki, Moscow Region, polvad@laspace.ru

V.A. Shor

Institute of applied astronomy, St-Petersburg, shor@ipa.nw.ru

Recent detection of dangerous asteroid Apophis has revealed a remaining reality of impact on the Earth even in case of reliably certain close pass of the asteroid which directly is not menacing by collision. Presence of zones of resonant return (keyholes) concerning the small size, arising at excessively close flight by the Earth, but which lead to repeated dangerous rapprochement with the Earth, leads to necessity to have rather exact forecast of movement of an asteroid for ten-twenty years forward. In particular, for case of Apophis as much as possible admissible error of definition of its current place, guaranteeing clearness of a dangerous situation, makes size nearby 1 km. Thus specified accuracy should be provided not less, than for ten years of the forecast.

The existing traditional astronomical observation facilities and procedure of the determination of orbits cannot ensure this error, but the scarcity of accuracy composes one-two orders. The reasons for this position they are the, in the first place, limited accuracy of optical observations, which composes in the conversion to the current space coordinates many hundreds of kilometers. The insufficient accuracy of the utilized models of motion serves as the second reason and the uncertainty of the physical mechanisms of the completely small disturbing accelerations, nevertheless, which are strongly affected the large periods of forecast. As a result the relative error of the forecast of the motion of asteroids today is of the order $1 \cdot 10^{-6}$.

The same difficulties were located in the technology of control of artificial space objects; however, they are overcome by the application of radio equipment of the measurement of trajectory. As the additional reserves for an increase in the accuracy serves the methodology of that consecutively refined the state vector, which includes the additional parameters of the model of motion. In the totality these measures made it possible to increase the relative accuracy of the determination of the motion of space objects by an order and more. In the report the possibility of transferring the above-indicated technology of the determination of orbits by the task of measuring the moving coordinates of small celestial bodies is examined, the estimations of different diagrams of the refinement of orbits are conducted, are given examples and recommendations in connection with to the problem of asteroid threat.

Определение размеров малых метеорных тел

Н.В. Попеленская.

НИИМ МГУ, Москва, Россия. E-mail: aero.natar@mail.ru

Динамический метод определения параметров малых метеорных тел основан на анализе светящегося участка траектории при движении в атмосфере с использованием данных наблюдений скорости и высоты [1]. В существующем на данный момент виде динамический метод имеет существенное ограничение – невозможность его применения для малых метеоров, скорость которых не меняется при движении в атмосфере, либо меняется мало, поскольку он основан на изменении скорости. В работе рассматривается решение задачи определения размеров малых метеорных тел с использованием некоторых принципов динамического метода.

Движение малых метеорных тел происходит в свободномолекулярном режиме и частично в переходном режиме, при котором образуется тонкий вязкий пограничный слой из расплавленного материала тела и его паров. Основным механизмом разрушения для малых метеоров является испарение. Решение основано на том, что при таком обтекании малых метеорных тел условие погасания означает полное разрушение. Выражение для нахождения размера тела при входе в атмосферу получается из условия нулевой массы в последней точке наблюдаемого участка свечения. Для постоянной скорости это выражение получается из уравнения потери массы, а при небольшом изменении скорости используется асимптотическое выражение при больших значениях параметра уноса массы для решения уравнений метеорной физики. Для определения размера тела вычисляются значения коэффициентов теплообмена, сопротивления и эффективной энтальпии разрушения.

Для расчетов использовались значения высоты погасания и скорости при движении в атмосфере из данных наблюдений Канадской и Прерийной болидных сетей [2, 3]. Предполагается, что метеорные тела имеют сферическую форму и плотность, соответствующую камню ($3,73 \text{ г/см}^3$). Показано, что для малых метеоров радиус тела не превышает одного сантиметра, а при отсутствии торможения – не более 3 мм. Коэффициент сопротивления при свободномолекулярном обтекании равен двум, в переходном режиме меняется от 1,5 до 2. При этом коэффициент теплообмена находится в диапазоне от 0,1 до 0,2. Все это позволяет выделить малые метеоры в отдельный класс со следующими характеристиками: движение в атмосфере может быть зарегистрировано фотодатчиками, скорость входа в начальной точке наблюдения составляет не менее 18 км/сек, высоты погасания не ниже 66 км. Проведено сравнение полученных в работе результатов с данными о массах малых метеоров, вычисленных по наблюдаемой светимости и приведенных в таблицах наблюдений Канадской и Прерийной болидных сетей [2, 3].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 07-01-00009-а и № 07-08-00247-а).

Литература

- [1] Стулов В.П., Мирский В.Н., Вислый А.И. Аэродинамика болидов. М.: Наука, 1995. 236 с.
- [2] Halliday I., Griffin A.A., Blackwell A.T. Detailed data for 259 fireballs from the Canada camera network and inferences concerning the influx of large meteoroids // Meteoritics and Planetary Science. 1996. V. 31. P. 185-217.
- [3] Мак-Кроски Р.Е., Шао Ц.И., Позен А. Болиды Прерийной сети. Траектории и кривые блеска // Метеоритика. 1979. Вып. 38. С. 106-156.

The determination of the small meteoric bodies sizes

N.V. Popelenskaya

Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: aero.natap@mail.ru

The dynamic method of the determination of the small meteoric body's parameters is based on the analysis of the trajectory shone site at movement in an atmosphere with use of the given observation of speed and height [1]. Dynamic method has essential restriction - impossibility of its application for small meteors which speed does not vary at an atmosphere movement, or varies it is not enough, as it is based on change of speed. The solution of a weight definition problem of small meteoric bodies with use of some principles of a dynamic method is considered in current research.

Movement of small meteoric bodies occurs in a free molecular mode and partially in a transitive mode at which the thin viscous boundary layer of the fused material of a body and its vapor is formed. The basic mechanism of destruction for small meteors is evaporation. The solution is based that at such flow of small meteoric bodies a blackout condition means full destruction. Expression for a determination of the body size at an atmosphere input turns out from a condition of zero weight in last point of an observable site of a luminescence. For constant speed this expression turns out from the equation of weight loss, and at little change of speed is used asymptotic expression at great values of the ablation parameter for the decision of the meteoric physics equations. For determination of the body size values of heat-transfer coefficient, drag coefficient and heat of ablation are calculated.

For calculations values of blackout height and speeds were used at movement in an atmosphere from the given observation Canadian and Prairie cameras networks [2, 3]. It is supposed, that meteoric bodies have the spherical form and the density corresponding a stone ($3,73 \text{ g/sm}^3$). It is shown, that for small meteors the radius of a bodies does not exceed one centimeter, and at absence of braking - no more than 3 mm. The drag coefficient at a free molecular flow is equal to two, in a transitive mode varies from 1,5 up to 2. Thus the heat-transfer coefficient exchange in a range from 0,1 up to 0,2. All this allows to allocate small meteors in a separate class with following characteristics: movement in an atmosphere can be registered by photogauges, the entry speeds makes not less than 18 km/s, the blackout heights not below 66 km. Comparison of the results received in work with data about weights of the small meteors calculated on observable luminosity and resulted in tables of the Canadian and Prairie cameras networks supervision is lead [2, 3].

Research is executed at financial support of the Russian Foundation For Basic Research (projects № 07-01-00009-a и № 07-08-00247-a).

References

- [1] Стулов В.П., Мирский В.Н., Вислый А.И. Аэродинамика болидов. М.: Наука, 1995. 236 с.
- [2] Halliday L., Griffin A.A., Blackwell A.T. Detailed data for 259 fireballs from the Canada camera network and inferences concerning the influx of large meteoroids // *Meteoritics and Planetary Science*. 1996. V. 31. P. 185-217.
- [3] Мак-Кроски Р.Е., Шао Ц.И., Позен А. Болиды Прерийной сети. Траектории и кривые блеска // *Метеоритика*. 1979. Вып. 38. С. 106-156.

Спутниковые и наземные наблюдения болидов и суперболидов

О.П. Попова

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия. E-mail: olga@idg.chph.ras.ru

Такие крупные события, как падение Тунгусского метеороида (50-100 м), происходят достаточно редко (раз в 300-1000 лет). Гораздо чаще (10-20 раз в год) в атмосферу Земли попадают более мелкие тела – болиды и суперболиды (тела размером до 1-10 м), отличающиеся от Тунгусского по существу масштабом. Наблюдения за такими телами дает возможность больше узнать как об их свойствах, так и о свойствах более крупных тел, оценить распределение частоты падений по размерам.

В докладе рассказывается о методах регистрации болидов и суперболидов (фотографические болидные сети, спутниковая система наблюдений, акустическая и сейсмическая регистрация), определении параметров метеороидов, сравниваются распределения частоты входов по энергиям, полученные по болидным наблюдениям, с аналогичными распределениями, полученными по другим данным.

Данная работа была поддержана РФФИ (проект № 07-06-00026).

Satellite and ground based observations of bolides and superbolides

O.P. Popova

Institute for dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia. E-mail: olga@idg.chph.ras.ru

Large events similar to the Tunguska meteoroid (50-100 m in size) occur rarely enough (once in 300-1000 years). Smaller meteoroids – bolides and superbolides (up to 1-10 m in size) enter the Earth atmosphere much more often (about 10 -20 times a year). These events differ from Tunguska meteoroid mainly by scale. Observations of these meteoroids allow us to learn about their properties as well as about the properties of larger meteoroids, to estimate the entry frequency distribution on meteoroid energy.

Methods of bolides and superbolides observations are described (photographic and satellite networks, infrasound and seismic registrations). Interpretation of observations is discussed, the energy-frequency distribution obtained is compared with distributions determined based on other observational data.

Acknowledgement. *This work was supported by RFBR (project no. 07-05-00026).*

Аномально быстрый инфразвук от Витимского болида

Ю.С. Рыбнов, О.П. Попова

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия. E-mail: rybnov@idg.chph.ras.ru

Обсуждается аномально быстрый инфразвук от Витимского болида, зарегистрированный акустической станцией. Исходя из полученных экспериментальным путем условий распространения, был рассчитан профиль эффективной скорости звука по высоте акустического волновода. В рамках лучевого приближения рассчитана траектория распространения инфразвукового сигнала. Уточнены некоторые параметры источника. Отмечается удовлетворительное согласие с теоретическими расчетами и данными, полученными в других работах.

Anormally fast infrasound of Vitim bolide

Yu.S. Rybnov, O.P. Popova

Institute for dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia. E-mail: rybnov@idg.chph.ras.ru

Acoustic station had recorded anormally fast infrasound produced by the entry of Vitim meteoroid. We determined the sound speed distribution on the altitude of acoustic waveguide based on observed conditions of spreading. The trajectory of infrasound signal was determined in the frame of ray approximation. The source characteristics were obtained and compared with other estimates. Satisfactory agreement with other estimates was found.

Режимы испарения крупных метеоритов в плотных слоях атмосферы планет

В.С. Сазонов

*ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»,
Королев, Московская область, Россия, E-mail: astron@tsniimash.ru*

Наиболее интенсивное испарение крупных метеоритов при входе их в плотные слои атмосферы происходит под действием потоков тепла, связанных с излучением отошедшей ударной волны (УВ). В настоящей работе исследуются газо – и термодинамические особенности испарения (в рамках тепловой модели) крупных метеоритов, размером не менее чем Тунгусский метеорит. Путем рассмотрения полной системы законов сохранения, выполняющихся на фазовом переходе, показано, что в зависимости от определяющих физических характеристик задачи, таких как скорость тела, его размер, свойства материала и плотность окружающей среды, возможны как сверхзвуковые, так и дозвуковые режимы движения паров вещества метеорита. В итоге режимы течения паров зависят от граничных условий на контактной поверхности между парами и атмосферным газом, а именно, - от одного параметра противодавления, равного отношению давления на этой поверхности к тепловому потоку от отошедшей УВ. В качестве примера аналитически рассматривается предельный случай, когда излучение нагретого воздуха “заперто” прогревным слоем и гидродинамический поток полностью преобразуется в лучистый на контактной поверхности (т.е. $K_F=1$).

Regimes of evaporation of large meteorites in dense layers of atmospheres of planets

V.S. Sazonov

*Central Scientific Research Institute of Mechanical Engineering, Pionerskaya 4,
Korolyov, Moscow region, Russia, E-mail: astron@tsniimash.ru*

Most intensive evaporation of large meteorites with their entry in dense atmosphere layers occurs under the action of thermal fluxes caused by the radiation of shock wave (SW). Gas – and thermodynamic properties of evaporation (in frame of thermal model) of large meteorites, with sizes no less then Tunguska meteorite, are investigated in this work. By means of consideration of full conservation laws system taking place on the phase transition it is shown that high-sonic as well as up-sonic regimes of meteorite vapor motion may occur depending on determining physical task characteristics, such as body velocity, its size, material properties and surrounding medium density. The regimes eventually depend on contact surface boundary conditions between the vapor and atmospheric gas, namely, – on one parameter of opposite pressure to be equal the ratio of suitable pressure and thermal flux from SW. As an example the limiting case is analytically considered when the radiation of heated air is “locked” by the preceding layer and hydrodynamic flux is fully converted in radiant that at the contact surface (i.e. $K_F=1$).

Новые ограничения на массовую плотность ядер некоторых короткопериодических комет

Ю.А. Снеткова, Ю.П. Филиппов

Кафедра общей и теоретической физики, Самарский государственный университет, Самара, Россия. E-mail: JSnet@mail.ru, eE-mail: yuphil@ssu.samara.ru

В настоящее время одной из главных проблем в исследовании природы комет является определение массовой плотности их ядер. На пути определения данной физической величины встречается ряд серьезных трудностей. Весьма сложной задачей является оценка массы ядра в силу малости эффектов гравитационного взаимодействия комет с планетами. Не менее сложной задачей является определение размеров ядра. Решению последней препятствуют как огромные расстояния, отделяющие исследователей от ядра, так и плотная атмосфера. До настоящего момента попытки мягкого приземления космических аппаратов на поверхность ядра с целью сбора вещества, слагающего ядро, не увенчались успехом. На сегодняшний день получено лишь несколько весьма грубых оценок массовой плотности ядра, характеризующихся широкими интервалами возможных ее значений [1], [2].

В связи со сказанным в данной работе предложен новый алгоритм определения ограничений на массовую плотность ядер комет. Для решения этой задачи авторами разработана новая многокомпонентная модель сферического ядра кометы.

С использованием нового алгоритма, получены новые, более "жесткие" ограничения на область допустимых значений массовой плотности ядра для комет 1P/Halley и 81P/Wild 2.

$$1P/Halley: 310 \leq \rho_N \leq 1151 \text{ (кг/м}^3\text{)},$$

$$81P/Wild 2: 310 \leq \rho_N \leq 767 \text{ (кг/м}^3\text{)} .$$

Показано, что новые ограничения существенно зависят от сферического альбедо ядра и уверенно согласуются с оценками массовой плотности, полученными предшественниками [1], [3]. Важно отметить, что новые интервалы допустимых значений массовой плотности ядра значительно меньше интервалов, полученных предшественниками, что, несомненно, является новым шагом в решении указанной проблемы. Полученные ограничения на массовую плотность ядра кометы 81P/Wild 2 надежно согласуются с данными экспериментов космической миссии StarDust [4], что указывает на справедливость предложенного алгоритма.

Литература

- [1] Sagdeev R.Z., Elyasberg P.E., Moroz V.I. Nature. 1988. V. 331. № 240. P. 61.
- [2] Boss A.P. Tidal Disruption of Periodic Comet Shoemaker-Levy 9 and a Constraint on Its Mean Density // Icarus. 1994. V.107. P. 422-426.
- [3] Daviddson B., Gutierrez P. Non-gravitational force modeling of Comet 81P/Wild 2 // Icarus. 2006. V.180. P. 224-242.
- [4] StarDust – NASA's comet sample return mission // <http://stardust.jpl.nasa.gov/index.html>

New restrictions on nucleus mass density of some short-periodic comets

Ju.A. Snetkova, Ju. Philippov

Department of general and theoretical physics, Samara State University, Samara, Russia.

E-mail: JSnet@mail.ru, e-mail: yuphil@ssu.samara.ru

Today one of the main problems in research of the comet nature is a determination of mass density of comet nucleus. On a way of definition of the given parameter there is a set of serious difficulties. An estimation of nucleus mass is rather difficult task owing to the small effects of gravitational interaction of comets and planets. Determination of the nucleus size is also not easy task. The huge distances from a nucleus and dense comet coma interfere to the decision of last problem. Till the present moment the attempts of spacecraft to land on a nucleus surface for gathering a comet substance have been not successfully achieved. Today there are some rough estimates of nucleus mass density, characterized by wide intervals of possible values [1], [2].

According to the previous talk the new algorithm of determination of mass density restrictions for comet nucleus is represented in the given work. For decision of the given problem we developed new multicomponent model of a spherical comet nucleus. New stronger restrictions on the interval of allowable values of nucleus mass density for comets 1P/Halley and 81P/Wild 2 are received with use of the new algorithm.

$$1P/Halley: 310 \leq \rho_N \leq 1151 \text{ (}\kappa z/M^3\text{)},$$

$$81P/Wild\ 2: 310 \leq \rho_N \leq 767 \text{ (}\kappa z/M^3\text{)} .$$

It is shown, that new restrictions depend from Bond albedo nucleus and are in good agreement with the estimations of mass density received by predecessors [1], [3]. It is important to note, that new intervals of allowable values of nucleus mass density are essentially less than ones received by previous authors. Undoubtedly, it is a new step in the decision of the specified problem. The received restrictions on mass density of comet nucleus 81P/Wild 2 are consistent with the data of space mission StarDust [4]. It also proves validity of the offered algorithm.

References:

- [1] *Sagdeev R.Z., Elyasberg P.E., Moroz V.I.* Nature. 1988. V. 331. № 240. P. 61.
- [2] *Boss A.P.* Tidal Disruption of Periodic Comet Shoemaker-Levy 9 and a Constraint on Its Mean Density // Icarus. 1994. V. 107. P. 422-426.
- [3] *Davidsson B., Gutierrez P.* Non-gravitational force modeling of Comet 81P/Wild 2 // Icarus. 2006. V. 180. P. 224-242.
- [4] StarDust – NASA's comet sample return mission // <http://stardust.jpl.nasa.gov/index.html>

Резонансные орбиты астероидов, сближающихся с Землей

Л.Л. Соколов, А.А. Башаков

Санкт-Петербургский госуниверситет, E-mail: lsok@astro.spbu.ru

Один из самых опасных для Земли астероидов Апофис демонстрирует важное свойство АСЗ - возможность тесных повторных сближений с Землей до соударения с ней. Переходя после установленного тесного сближения в апреле 2029 года в окрестность резонансной орбиты, Апофис имеет ненулевую вероятность столкновения с Землей в апреле 2036 года. При каждом тесном сближении с планетой происходит рассеяние возможных траекторий, сопровождаемое значительной потерей точности. В результате детерминированная траектория астероида после 2036 года не может быть получена в настоящее время.

В настоящей работе приводятся результаты построения альтернативных траекторий, содержащих опасные сближения и соударения Апофис с Землей после сближений 2029 и 2036 года с использованием методов недетерминированной небесной механики: символической динамики, точечных гравитационных сфер, порождающих квазислучайных движений. Характеристики опасных траекторий получены с помощью численного интегрирования уравнений движения методом Эверхарта и моделей Солнечной системы DE403, DE405. Эти траектории проходят в окрестности кеплеровых резонансных порождающих орбит соударения и представляют зоны резонансного возврата астероида к Земле.

Анализируется скорость потери точности, условия потери детерминированности и размеры областей опасных начальных данных в зависимости от характеристик сближений АСЗ с планетой. Обсуждаются условия и вероятности резонансных возвратов АСЗ, а также значения минимальных геоцентрических расстояний, соответствующие порождающим траекториям соударения.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-02-16795, 07-02-91229-ЯФ/а) и Ведущей научной школы (грант НШ 4929.2006.2)

Near Earth objects resonance orbits

L.L. Sokolov, A.A. Bashakov

Saint-Petersburg State University, E-mail: lsok@astro.spbu.ru

The important property of NEO is the possibility of repeated close approaches before a collision; hazard asteroid Apophis demonstrates this property. After known approach in April 2029 Apophis jumps on the near-resonance orbit and the probability of collision in April 2036 is more than zero. Each approach is accompanied by trajectories' scattering and loss of accuracy. As a result it is impossible now to derive a deterministic Apophis trajectory after 2036.

To receive possible trajectories with hazard approaches and collisions after 2036, we use methods of indeterministic celestial mechanics: symbolic dynamics, point-like gravitation sphere, quasi-random intermediate motions. The possible hazard trajectories characteristics received by the Everhart numerical integrator and the Solar System models DE403, DE405.

We discuss the loss of accuracy, conditions of indeterministic motion, size of hazard initial conditions regions, depending on approaches characteristics. We consider the values of minimum geocentric distances corresponding to intermediate collision motions.

Расчет плотностей потоков газовой и пылевой фракций внутренней комы кометы 67P/Churyumov—Gerasimenko вблизи перигелия

Ю.П. Филиппов, Ю.А. Снеткова

Кафедра общей и теоретической физики, Самарский государственный университет, Самара, Россия. E-mail: yuphil@ssu.samara.ru, e-mail: JSnet@mail.ru

В работе выполнен расчет плотностей потоков газовой и пылевой фракций внутренней комы короткопериодической кометы 67P/Churyumov—Gerasimenko с использованием результатов модели внутренней комы кометы [1]. Для расчета плотности потоков газа были применены основные уравнения динамики сплошной среды (уравнения Эйлера) в приближении аксиальной симметрии внутренней комы. Для решения системы дифференциальных уравнений были использованы граничные условия с учетом имеющихся феноменологических данных для кометы. Предполагалось, что газовая фракция комы является двухкомпонентной: H_2O - газ, CO - газ.

Потоки пыли с поверхности ядра характеризуются широким спектром возможных значений масс. Для расчета плотностей потоков пылевой фракции был использован алгоритм [1], основанный на разбиении спектра значений масс пылевых частиц на большое количество интервалов и использовании кумулятивного массового распределения [2]. При вычислении температуры пылевых частиц и поверхности ядра кометы были использованы новые результаты, полученные авторами настоящей работы. Здесь были вычислены производства пыли как для отдельных интервалов, так и для всего спектра масс.

В численном анализе результатов показано, что моноксид углерода дает определяющий вклад в концентрацию и потоки молекул газа на ночной стороне ядра. Данный факт указывает на принципиальную необходимость учета CO -компоненты в прецизионном моделировании газовой фракции комы. Получены распределения радиальной и тангенциальной скорости молекул газа. Показано, что распространение пыли и газа имеет почти сферически симметричный характер. Подобный характер распространения газа был обнаружен в теоретическом моделировании комы комет 46P/Wirtanen, 81/PWild 2 [3], C/1995Hale-Bopp [4]. Здесь также представлены гистограммы распределения плотностей потоков пылевых частиц и их массы для различных классов. Для массивных частиц вычислены предельные значения фазового угла, для которых частицы данного класса еще могут быть подняты с поверхности ядра.

Литература

- [1] Muller M., Grun E. An Engineering Model of the Dust and Gas Environment of the Inner Coma of Comet P/Wirtanen // GIADA Documents Archive, RO-ESC-TA-5501, 1998.
- [2] Divine N. Dust flux models for CRAF at P/Tempel 2 // Jet Propulsion Laboratory, interoffice memorandum 5137-87-53, 1987.
- [3] Muller M. A model of the Inner coma of comets with applications to the comets P/Wirtanen and P/Wild 2: Dissertation for the degree of Doctor of Natural Sciences. Heidelberg, Germany, 1999. 97 p.
- [4] Combi M.R., Kabin K., DeZeeuw D.L., Gombosi T.I. Dust-gas interrelations in comets: Observations and theory // Earth, Moon, and Planets. 1997. V. 79. P. 275-306.

A calculation of gas and dust flux densities of inner coma for 67P/Churyumov-Gerasimenko in the vicinity of the comet perihelion

Ju.P. Philippov, Ju.A. Snetkova

Department of general and theoretical physics, Samara State University, Samara, Russia.

E-mail: juphil@ssu.samara.ru, e-mail: JSnet@mail.ru

A calculation of gas and dust flux densities of inner coma for 67P/Churyumov-Gerasimenko in the vicinity of the comet perihelion is shown in the given work with use of results of inner coma model [1]. General Euler equations system of hydrodynamics is used for calculation of gas flux at the approximation of coma axial symmetry. The system of boundary conditions have been defined for the decision of the differential equations system considering available phenomenological data for the comet. It was supposed, that the gas fraction of coma has two components (H_2O -gas, CO – gas).

Dust fluxes from a surface of comet nucleus are characterized by a wide spectrum of possible values of particle mass. The algorithm of work [1] has been used for calculation of dust flux densities. It is based on splitting of a mass spectrum of dust particles into a plenty of small intervals and use of cumulative mass distribution [2]. The new results for a temperature of dust particles and nucleus surface have been applied. Production rates of dust mass both for separate mass classes, and for total mass spectrum have been calculated here.

In the numerical analysis of results it is shown, that carbon monoxide gives main contribution to number density and flux of gas molecules on the night side of nucleus. The given fact specifies basic necessity of the account of CO-component in precision modelling of gas fraction of coma. Distributions of radial and tangential velocities of gas molecules are received. It is shown, that gas and dust propagate almost spherically symmetric. Similar character of gas propagation has been found out in theoretical modelling of coma for comets 46/PWirtanen, 81/PWild 2 [3], C/1995Hale-Bopp [4]. The distribution histograms of number and mass flux densities for various classes of dust particles are also submitted here. Limiting values of a phase angle for which massive particles of the given class still can be lifted from nucleus surface are calculated.

References:

- [1] *Muller M., Grun E.* An Engineering Model of the Dust and Gas Environment of the Inner Coma of Comet P/Wirtanen // GIADA Documents Archive, RO-ESC-TA-5501, 1998.
- [2] *Divine N.* Dust flux models for CRAF at P/Tempel 2 // Jet Propulsion Laboratory, interoffice memorandum 5137-87-53, 1987.
- [3] *Muller M.* A model of the Inner coma of comets with applications to the comets P/Wirtanen and P/Wild 2: Dissertation for the degree of Doctor of Natural Sciences. Heidelberg, Germany, 1999. 97 p.
- [4] *Combi M.R., Kabin K., DeZeeuw D.L., Gombosi T.I.* Dust-gas interrelations in comets: Observations and theory // *Earth, Moon, and Planets.* 1997. V. 79. P. 275-306.

С какой точностью известна орбита (99942) Apophis и какова вероятность столкновения с ним после 2029 г.

В.А. Шор, О.М. Кочетова, Ю.А. Чернетенко

Институт прикладной астрономии РАН, С.-Петербург, Россия. E-mail: shor@ipa.nw.ru

Потенциально опасный астероид 2004 MN₄, получивший впоследствии номер 99942 и имя Апофис, имеет орбиту типа Атона с большой полуосью меньшей, чем у Земли и лишь в окрестности афелия выходящей за ее пределы. Орбита астероида слабо наклонена к орбите Земли и имеет с нею необычайно малое межорбитальное расстояние, равное 0.00027 а.е. Это определяет возможность очень тесных сближений астероида с Землей, которые случаются в окрестности 13 апреля, когда Земля пересекает линию узлов орбиты Апофиса на эклиптике. Ближайшее по времени тесное сближение Апофиса с Землей произойдет 13 апреля 2029 г., когда минимальное расстояние астероида от Земли составит около 38000 км. Столь тесное прохождение астероида мимо Земли вызовет существенное преобразование его орбиты, которая из внутренней по отношению к земной превратится в орбиту типа Аполлона, с большой полуосью, превосходящей 1 а.е. и периодом обращения больше года. Величина возмущений критически зависит от малости минимального расстояния во время сближения. Среди возможных трансформаций орбиты имеются такие, которые приводят к новым опасным сближениям и даже вероятным столкновениям Апофиса с Землей, начиная с 2036 г. Малость размеров Апофиса (~ 270 м) и особенности геометрии его орбиты таковы, что до 2012 г. трудно ожидать выполнения новых наземных наблюдений Апофиса. На интервале с 15.03.2004 г. по 16.08.2006 г. имеется 989 оптических и 7 радарных наблюдений. Радарные наблюдения более информативны и позволяют даже в небольшом числе существенно повысить точность определения орбиты. В настоящее время известны по крайней мере четыре определения орбиты Апофиса с использованием всех имеющихся радарных и большей части оптических наблюдений [1, 2, 3, 4]. Все четыре системы параметров орбиты найдены путем взвешенного уравнивания систем условных уравнений и их решения по методу наименьших квадратов. По крайней мере в трех случаях уточняемые наборы параметров различались между собой. В качестве таковых использовалась эквиноктиальная система элементов [1], прямоугольные координаты и скорости [3], кометная система элементов [2, 4]. Кроме того, во всех случаях различалась процедура взвешивания условных уравнений, и несколько отличались модели движения астероида. Представляет значительный интерес сравнение найденных параметров орбит и полученных оценок их точности. Это тем более важно, что из-за небольших различий в значениях параметров в начальную эпоху проистекают существенные различия в прогнозе движения Апофиса после 2029 г. и различия в оценке вероятности его столкновения с Землей в 2036 г. и в дальнейшем. В докладе предпринята попытка на основе внутренних и внешних критериев согласия оценить, насколько близки найденные решения друг к другу, насколько существенно может отличаться прогноз движения на период после 2029 г. из-за различий моделей движения и неучтенных факторов, влияющих на движение астероида и соответственно на оценку вероятности его столкновения с Землей.

[1] <http://newton.dm.unipi.it/neodyd/epoch/99942.eq1> [2] <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=99942>

[3] Виноградова Т.А. и др. Орбита астероида (99942) Apophis из оптических и радарных наблюдений // Астрон. вестн. 2008. № 3. С. 1–10. [4] http://neo.jpl.nasa.gov/apophis/Apophis_CORRECTED_PREPRINT.pdf

How precise is our knowledge of (99942) Apophis orbit and what is probability of Apophis collision with the Earth after 2029

V.A. Shor, O.M. Kochetova, Yu.A. Chernetenko

Institute of applied astronomy of RAS, St. Petersburg, Russia. E-mail: shor@ipa.nw.ru

Potentially hazardous asteroid 2004 MN4 subsequently numbered 99942 and named Apophis has the orbit of Aten type with semimajor axis less than that of the Earth and only in the vicinity of aphelion going out of the Earth orbit. The orbit has small inclination to the ecliptic and unusually small MOID (minimum orbit intersection distance) with respect to the Earth orbit equal to 0.00027 A.U. This determines possibility of very close approaches of the asteroid with the Earth which take place when the Earth crosses the node line of the asteroid orbit on ecliptic approximately simultaneously with the asteroid being in ascending node. The nearest in time close approach will happen 13 April 2029 when the minimum distance of the asteroid from the Earth center will be as small as 38000 km. Such close pass by will result in substantial perturbations of the asteroid orbit which will be transformed into Apollo type orbit with semimajor axis greater than 1 A.U. and revolution period longer than one year. The perturbations critically depend on minimum distance attained during the approach. Among possible transformations are those which lead to new dangerous approaches with the Earth and even to collisions with it starting from 2036. Dimension of Apophis (~270 m) and peculiarities of its orbit are such that it is difficult to wait for new ground base observations before 2012. At the moment there are 989 optical and 7 radar observations made at the time interval from 15.03.2004 to 16.08.2006. Radar observations are more informative as compared with optical and they can substantially improve precision of the orbit determination even if their number is small. At present at least four solutions are known for the Apophis orbit which are obtained using all radar and most of available optical observations [1, 2, 3, 4]. In all instances orbital parameters were found by the weighed lest square fitting. At least in three cases the sets of improving parameters were different. The equinoctial elements, the rectangular coordinates and velocities, the comet orbit elements (T , q , e) were used, as such. In addition, in all cases assigning weights to different observations were distinct. Also the model of motion varied to some extent in different cases. It is of great interest to compare parameters found and estimations of their precision. The more so as small differences in initial values of orbital parameters lead to great changes of prediction of Apophis motion after 2029 and to different estimation of collision probabilities in 2036 and in subsequent period. An attempt is made in the presentation to estimate how close to each other are found solutions and their mean errors and what differences in prediction of collisions stem from distinctions of models and neglected factors exerting some actions.

[1] <http://newton.dm.unipi.it/neodys/epoch/99942.eq1>

[2] <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=99942>

[3] Виноградова Т.А. и др. Орбита астероида (99942) Апофис из оптических и радарных наблюдений // Астрон. вестн. 2008. № 3. С. 1–10.

[4] http://neo.jpl.nasa.gov/apophis/Apophis_CORRECTED_PREPRINT.pdf

Исследование обстоятельств падения Витимского болида 2002 года

С.А. Язев

*Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета,
Институт солнечно земной физики СО РАН, Иркутск, Россия. E-mail: uustar@star.isu.ru*

В.С. Антипин

Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия. E-mail: antipin@igc.irk.ru

В ночь на 25 сентября 2002 года на севере Иркутской области наблюдался яркий болид, сопровождавшийся мощными световыми, акустическими и электрофонными явлениями. По нашему предложению, он получил название Витимский. Институтами Иркутского научного центра СО РАН и Иркутским госуниверситетом в 2002-2003 г.г. были организованы три экспедиции в район предполагаемого падения метеороида. Проведен опрос очевидцев, обследован район вдоль трассы падения, определен радиант болида. Выполнен анализ космогенных частиц (сферул), собранных во время второй экспедиции (апрель 2003 г) в снеговых пробах вблизи проекции трассы полета. Установлены множественные повреждения леса предположительно вследствие действия ударной волны, получены противоречивые данные о повышении уровня радиоактивного фона в день падения болида. Высокая мощность сопутствующих болиду явлений связана, вероятно, с высокой скоростью его входа в атмосферу Земли. Распространенные в СМИ сравнения Витимского болида с Тунгусским событием представляются необоснованными: энергосвечение событий различается по меньшей мере на 4 порядка, вывалы леса, приписываемые действию болида, сформировались задолго до 2002 года. Полет болида на севере Сибири подтвердил неспособность современных средств контроля космического пространства обнаруживать высокоскоростные метеороиды на подлете к Земле, подтверждая высокую актуальность развертывания работ по прогнозу и предотвращению астероидно-кометной опасности.

Investigating the circumstances of the 2002 Vitim bolide fall

S.A. Yazev

Astronomical Observatory of Irkutsk State University, Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: uustar@star.isu.ru

V.S. Antipin

Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, E-mail: antipin@igc.irk.ru

On the night of September, 25, 2002 in northern Irkutsk region a bright bolide accompanied by powerful light, acoustic and electrofonic phenomena was observed. At our suggestion, it was named the Vitim bolide. The Institutes of the Irkutsk Scientific Center SB RAS and the Irkutsk State University in 2002-2003 sponsored three expeditions to the area of the meteoroid's conjectural fall. The eyewitnesses were interviewed, the area along the fall line was surveyed, the bolide's radiant was determined. Analysis of the cosmogeneous particles (spherules), picked up in the snow samples close to the flight line projection during the second expedition (April 2003) was carried out. Numerous damages to the wood presumably owing to the blast effect were established, some conflicting data on the radioactive background increase on the day of the bolide's fall were obtained. The high power of the bolide's by-phenomena is, probably, associated with the high velocity of its entry into the Earth's atmosphere. The comparisons of the Vitim bolide with the Tungus event, widely spread in some mass-media, appear ungrounded: the energy release of the events differs, at least, by 4 orders of magnitude, the woodfalls, assigned to the bolide, were formed long before 2002. The bolide flight in northern Siberia confirmed inability of the present-day space monitoring devices to detect high-velocity meteoroids when approaching the Earth, thus confirming a high urgency of organizing the work to predict and prevent the asteroid-cometary danger.

Fall of the Q2 secondary nucleus of comet Shoemaker-Levy 9 as “the Tunguska meteorite” phenomenon in the jovian atmosphere on 20 July 1994

K.I. Churyumov, V.G. Kruchynenko, V.V. Kleshchonok

Astronomical Observatory, Kiev Shevchenko National University, Kiev, Ukraine. E-mail: klim.churyumov@observ.univ.kiev.ua

L.S. Chubko

Kyiv Aviation University, Kiev, Ukraine. E-mail: larisa_ch@inbox.ru

On the basis of speed photoelectric observations of the Io flash from the fireball in the atmosphere of Jupiter during the fall down of fragment Q2 of comet SL-9 was registered. The flash of the Q2 fragment July 20 with the amplitude 0.11 mag and the continuity 1.0 sec, was registered during observations of Io. Analogous parameters of this flash were obtained at the Vatican Observatory. The data allowed to estimate energy of the flash and the fragment radius. We accepted two values of the coefficient κ of part of the total kinetic energy transformed in light radiation $\kappa = 1\%$ and $\kappa = 0.1\%$ and obtained the following estimates for the size of the secondary nucleus Q2 of SL-9: for $\kappa = 1\%$ $R(Q2) = 0.65$ km for $p = 0.3$ g/cm³ (0.43 km for $p = 1.0$ g/cm³) and for $\kappa = 0.1$ $R(Q2) = 1.2$ km for $p = 0.3$ g/cm³ (0.86 km for $p = 1.0$ g/cm³). The total amount of dust observed in the upper layers of the Jovian atmosphere was injected through by heat burst from the lower atmosphere simultaneously with the plume output to the level of the upper layers of the clouds. Possible origin of comet SL-9 is discussed.

On collision of the copper-aluminium impactor as an artificial meteoroid with the 9P/Tempel 1 nucleus on 4 July 2005

K.I. Churyumov, V.G. Kruchynenko

Astronomical Observatory, Kiev Shevchenko National University, Kiev, Ukraine. E-mail: klim.churyumov@observ.univ.kiev.ua

L.S. Chubko

Kyiv Aviation University, Kiev, Ukraine. E-mail: larisa_ch@inbox.ru

The copper-aluminium impactor of the spacecraft Deep Impact which had mass of 372 kg, collided with the 6-km icy nucleus of short-periodic comet 9P/Tempel 1 at velocity of 10.2 km/s on July 4, 2005. As one of results of collision an artificial impact crater was formed on the surface of the comet Tempel 1 nucleus. Using theoretical model (Opik's model) of collision of the copper impactor with the cometary nucleus the possible crater diameter on the nucleus of comet Tempel 1, formed by the impactor, must be equal from 22 to 57 m and its depth must be equal from 4.8 to 5.6 m. Maximal value of a diameter crater equal to 80 km for $\sigma_p = 1 \text{ kN/m}^2$. Unfortunately the real sizes of artificial crater in the course of the Deep Impact mission was not determined by direct measurements.

The dependence of strength σ_p of superficial layers of the cometary nucleus of comet 9P/Tempel 1 from diameter D of the formed crater is given by

$$\sigma_p = 5.17 \cdot 10^{20} D^{-4.286}$$

At the same time, in the work (A'Hearn, et. al., 2005) from the analysis of emission of very fine (micron) particles which make a surface of a comet as authors approve, by depth in tens meters, strength of such substance it is certain as extremely small - less than $65 \text{ Pa} = 65 \text{ N/m}^2$. If to accept such strength in our model we receive, that diameter of a crater can be the order of 150 m.

References:

Opik E.J. Interplanetary encounters. New York: Elsevier scient. Publ. Comp, 1976. 155 p.

A'Hearn M.F., Belton M.J.S., Delamere W.A. et al. Deep Impact: Excavating Comet Tempel 1 // Science. 14 okt. 2005. № 310. P. 258-264.

Curuça 1930: a Mini-Tunguska?

Guadalupe Cordero-Tercero

*Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria.
Mexico City, Mexico. E-mail: gcordero@geofisica.unam.mx*

Arcadio Poveda

*Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.
Ciudad Universitaria Mexico City, Mexico. E-mail: poveda@servidor.unam.mx*

The explosion of meteoroids in the atmosphere is a well documented phenomenon. Most of them are objects of few meter diameter whose explosions are harmless but, when the object has a diameter of several decameters, the burst can destroy vast areas bellow it, as it was the case of the Tunguska event.

In August 1930, Father Fedele d'Alviano arrived to the Curuça river area in order to fulfil his annual mission. At his arrival, he found that the local people was terrified because some days before they have witnessed fall of ash, fireballs and explosions that make them to think the world was ending. The missionary realized that this event must have been the result of the explosion of a large meteoroid and he sent a report about it to L'Osservatore Romano. This report was almost forgotten for many years until 1995 when Bailey wrote a paper about Curuça where he suggested to work about it.

Since 1995, Ramiro de la Reza and coworkers have been looking for evidences of Curuça event. Angel Vega has found a seismic record in the San Calixto Seismological Observatory at La Paz, Bolivia in the same day and approximately the same hour as the Curuça event. From the seismogram, and assuming that the amplitude of the signal was produced by the Curuça explosion at a distance of 1307 km he concluded that the magnitude of the quake was $M_s \sim 4.7$ in the Richter scale, somewhat smaller than Tunguska's ($M_s \sim 5$). At about the same time Paulo Serra claimed to have identified in LANDSAT images, corresponding to Father Fedele 1930 site, a circular structure of about 1 km diameter. De la Reza proposed that this structure could be the trace of an impact crater produced by the Curuça event.

In this work we study de la Reza's hypothesis. After calculating the energy necessary to create a one-kilometer diameter impact crater (8 MT) we estimated that the 8 MT ground explosion could have generated a 6.4 magnitude quake; such a quake would have been registered in most seismic stations around the world; since there is no evidence of such seismic record we conclude that Reza's circular structure is not an impact crater. Moreover, an inspection by Cinna Lomnitz (to whom we are very grateful for his comments) of the original seismogram from La Paz revealed that the published digitalized seismogram used by Vega was not a faithful reproduction of the original record, which revealed instead a local event and not an earthquake as far as Curuça. In fact, P.M. Descotes S.J., at that time (1930) director of the La Paz Observatory, identified such a record as due to a small local event at a distance of 210 km from La Paz Observatory.

Since there is not doubt that the Curuça event was real then we can conclude that the bolide exploded in the atmosphere, similarly to Tunguska's. Assuming that the circular structure is the trace of the limits of the forest destruction, we can infer, following Hills and Goda's treatment of the Tunguska event, that the energy liberated in the atmospheric explosion was about 2 MT, produced by a 23 m diameter object entering the atmosphere at 15 km/s.

Light curve and photometrical peculiarities of periodic comet 17P/Holmes

V.S. Filonenko

Institute of Astronomy, V.N.Karazin Kharkiv National University, Kharkov, Ukraine.

E-mail: filonenko@astron.kharkov.ua

K.I. Churyumov

Astronomical Observatory, Kiev National University, Kiev, Ukraine.

E-mail: klim.churyumov@observ.univ.kiev.ua

Comet Holmes was discovered by Edwin Holmes on Nov. 6, 1892 during a large outburst. On Jan. 16, 1893 a second outburst occurred. During the following appearances in 1899 and 1906 the comet was faint (only 13^m and 15^m, respectively). The comet was last observed on Dec. 7, 1906. After the 1906 apparition the comet was lost. B. G. Marsden found that a close Jupiter passage on Dec. 9, 1908 changed the comet's orbit considerably. He predicted the next comet's appearance in 1964. The comet was recovered on July 16, 1964 using Marsden's prediction. The comet has been observed at every return since 1964.

During the appearance in 2007 the comet had shown a unique outburst of amplitude about 15^m on Oct. 24, 2007. Authors constructed and studied the light curve of integrated visual brightness of comet 17P/Holmes during appearance in 2007. The values of photometrical parameters H_0 , n , and H_{10} were computed for all observed comet's appearances. The secular variation of cometary brightness was studied. The quasi-periodicity of the cometary activity is discussed. The total light curve and light curve of outbursts were compared with variation of solar activity indexes. The results of our observations of comet Holmes are discussed also. The results obtained by authors are important for development of outburst mechanism of this comet.

Раздел 3. КОМЕТНО-АСТЕРОИДНАЯ ОПАСНОСТЬ

Section 3. COMET-ASTEROID HAZARD

Патомский кратер в Восточной Сибири: история изучения и результаты комплексных исследований последних лет

В.С. Антипин

Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия. E-mail: antipin@igc.irk.ru

А.Г. Дмитриев

Иркутский государственный технический университет, Иркутск, Россия.

E-mail: dmitriev@estu.edu

В.И. Воронин

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия.

E-mail: bioin@sifibr.irk.ru

А.М. Федоров

Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия. E-mail: sashaf@igc.irk.ru

С.А. Язев

Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета, Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия. E-mail: uustar@star.isu.ru

Работа включает результаты новых комплексных исследований Патомского кратера, открытого В.В. Колпаковым на севере Иркутской области в 1949 году. Приводятся материалы видео- и фотосъемок, анализа его зонального строения на основе составленной геологической карты, размерных характеристик кратера, радиационной и магнитной съемок, а также данные дендрохронологического изучения срезов спиленных на кратере лиственниц. По этим данным опровергается выдвинутая А.М.Портновым гипотеза о связи формирования насыпного конуса с воздействием фрагмента Тунгусского космического тела, так как возраст кратера не менее 300 лет. Весь проанализированный каменный материал как в пределах кратера, так и в его окружении свидетельствует об отсутствии каких-либо признаков наличия метеоритного вещества или связанных с ним геохимических аномалий. Геологическими исследованиями установлено, что Патомский кратер представляет собой зональную кольцевую структуру, отдельные зоны которой являются разновременными образованиями: ранний кольцевой вал, поздний кольцевой вал, кольцевой ров и центральная горка. Геохимическое изучение всех пород, слагающих кратер, свидетельствуют о воздействии на них глубинного потока газовых компонентов, имеющих эндогенную природу. Поступление потока газовых или флюидных компонентов по разломной зоне повышенной проницаемости сыграло главную роль в формировании насыпного конуса. Обсуждается возможная модель происхождения кратера.

The Patom crater in Eastern Siberia: exploration history and recent complex investigation results

V.S. Antipin

Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, E-mail: antipin@igc.irk.ru

A.G. Dmitriev

Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia, E-mail: dmitriyev@istu.edu

V.I. Voronin

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: bioin@sifibr.irk.ru

A.M. Fedorov

Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, E-mail: sashaf@igc.irk.ru

S.A. Yazev

Astronomical Observatory of Irkutsk State University, Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: uustar@star.isu.ru

The paper includes the results of the new complex investigations of the Patom crater discovered by V.V. Kolpakov in northern Irkutsk region in 1949. We present the data of videofilming and photography, analysis of its zonal structure based on the compiled geological map, the crater's dimensional characteristics, radiative and magnetic surveys, and also the data of dendrochronological studying the larch slices sawn off on the crater. According to these data, A.M.Portnov's hypothesis about the connection between the formation of the deposition cone and the impact of the Tungus space body's fragment is proven wrong, since the crater's age is over 300 years. All the analyzed rock material both within the crater and in its environment testifies to the absence of any signs of meteoric substance presence or any related geochemical anomalies. Geological investigations established the Patom crater to be a zonal ring structure whose individual zones are non-simultaneous formations: the early ring swell, the late ring swell, the ring trench and the central hill. Geochemical research of all the rocks composing the crater testify to the deep-seated flow of gas components of endogenous origin effecting them. Inflow of gas and fluid components along the fracture zone of higher permeability, evidently, was the main factor in the formation of the deposition cone. We discuss a probable model of the crater's origin.

Тунгусский метеорит и астероидная опасность

А.В. Багров

Институт астрономии РАН, Москва, Россия. E-mail: abagrov@inasan.ru

А.К. Муртазов

Рязанский ГУ им.С.А.Есенина, Рязань, Россия. E-mail: akm@itc.ryazan.ru

В.И. Фельдман

Московский ГУ им.М.В.Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: feldman@geol.msu.ru

Тунгусский метеорит стал первым в истории явлением, имевшим все признаки падения космического тела, но не приведшим к обнаружению собственно метеорита или его фрагментов. Масштабные разрушения тайги в районе Подкаменной Тунгуски и веские основания считать их последствиями столкновения с Землей космического тела стали в конце XX века важнейшим указанием на существование "астероидной опасности". Очень грубые оценки размеров Тунгусского тела перед его вторжением в атмосферу Земли приводят к значениям его поперечника от 50 до 80 метров. Поэтому существование в окрестностях земной орбиты астероидов километрового размера не могло не вызвать экстраполяций последствий Тунгусского падения на падения километровых тел. Серьезные опасения таких столкновений, губельных для нашей цивилизации, и послужили основанием для развертывания кампаний по каталогизации «опасных астероидов» и разработке средств для их увода с орбит столкновений с Землей. На самом деле Тунгусский феномен дает ключ к пониманию реальной картины «астероидной опасности», которая с астероидами не связана. Анализ грунта в пределах астроблем – гигантских кратеров безусловно ударного происхождения, - во многих случаях не выявляет признаков существования в нем вещества метеоритного происхождения. Вызвать ударное разрушение и не оставить после себя никаких следов ударника могут только тела кометного состава, причем кометных ядер первого поколения. Они состоят только из льдов летучих соединений и субмикронных пылинок, которые полностью рассеиваются после удара на космической скорости с характером взрыва. Поскольку кометные ядра первого поколения являются реликтовыми остатками первичного вещества протопланетного диска, из которого сформировались все планеты Солнечной системы, химический состав входящей в него пыли практически идентичен химсоставу Земли, а возможные отклонения от него после рассеяния по планете продуктов взрыва невозможно выделить. Тунгусский феномен является примером не только серьезных разрушений, вызванных падением космического тела, но и природы опасного космического объекта. Исходя из уже обнаруженных на Земле астроблем (около 40 с диаметром кратера более 20 км) и оценки промежутка времени между падениями крупных тел (10...20 млн. лет), можно оценить необходимый для их объяснения поток кометных тел через центральную часть Солнечной системы в пределах орбиты Юпитера, который составляет всего 1 комету в год. Эта оценка удивительно близка к наблюдаемому кометному потоку: наблюдалось около 600 комет с периодами обращения от 3 до десятков тысяч лет, то есть несколько комет ежегодно проходят вблизи Солнца. Часть из них принадлежит к кометам второго поколения, то есть содержащих тугоплавкие элементы, которые порождают метеорные и болидные потоки. Поток комет первого поколения может составлять менее 1 в год, что дает основание предполагать о существовании кометных тел, не проявляющих кометных свойств, но представляющих реальную угрозу для Земли.

The Tunguska meteorite and asteroid hazard

A.V. Bagrov

Институт астрономии РАН, Москва, Россия. E-mail: abagrov@inasan.ru

A.K. Murtazov

Рязанский ГУ им. С.А.Есенина, Рязань, Россия. E-mail: akm@itc.ryazan.ru

V.I. Fel'dman

Московский ГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: feldman@geol.msu.ru

Tunguska Meteorite was the first phenomenon in our history that had all features of collision with space body, but without of detection any meteorite material in the epicenter. Terrible disaster of taiga at the region of Podkamennaya Tunguska and serious reasons to believe them to be result of collision of space body to the Earth became in the late XX-th century the most valuable evidence of “asteroid hazard” reality. The very rough estimations of the Tunguska body before its penetration to the Earth’s atmosphere lead to its diameter to be from 50 to 80 meters. So a simple existence in the neighborhood of the Earth’s orbit of kilometer-sized asteroids could not be ignored and provoked extrapolations of the Tunguska disaster to kilometer-sized bodies fall. The very serious hazard of such collision, mortals to our human civilization, became the base for campaigns of total detection and catalogue of “dangerous asteroids” and of inventions of methods to push them away from collision trajectories. Really the Tunguska phenomenon is a key to proper understanding of the “asteroid hazard”, that has no direct connection to true asteroids. An analysis of soils inside astroblems – huge craters of no doubt impact origin, - did not reveal any sample of meteorite matter. To produce impact and left no tracks of impactor only comet nuclei can, exclusively being comet nuclei of the first generation. They consist of ices of volatile matter and sub-micron dust particles only, that must be totally diluted after explosion produced by impact at space velocity. As the comet nuclei of the first generation are relicts of primary matter of proto-planetary disk that formed all the Solar System planets, the chemical composition of primary dust is identical to the chemical composition of the Earth, and any possible differences between impactor and the Earth after dispersion of explosion products over the Earth will be impossible to detect. So the Tunguska phenomenon is not only a sample of disasters produced by impact of space body, but an indicator of nature of dangerous body. Taking in account that there are about 40 impact craters on the Earth with diameter exceeds 20 km, and their ages that separate them by 10...20 billion years, one can estimate necessary comet flux through central part of Solar System (inside Jupiter’s orbit) to explain astroblems. It is about 1 comet per year. This estimation is strangely close to observed comets flow: during written history about 600 comets were observed. They have revolution periods from 3 to thousands years, and several comets at any year passes near the Sun. Some of them are comets of the second generation, i.e. producing meteors or bolides streams of refractory particles. The observed flux of the first generation comets may be less then 1 per year, and it is a reason to suppose existence of comet nuclei that do not reveal comet properties, but nevertheless being hazardous objects for the Earth.

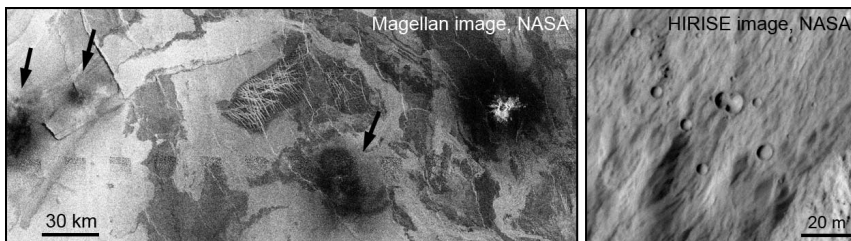
Геологическая и геохимическая роль ударных процессов в эволюции планет и малых тел Солнечной системы

А.Т. Базилевский, О.И. Яковлев

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

Эл. почта: atbas@geokhi.ru; yakovlev@geokhi.ru

Тунгусское событие 30 июня 1908 г. явилось демонстрацией того, что небесные тела могут ударять по нашей Земле и вызывать масштабные катастрофы. Однако, такие удары и создаваемые структуры (напр., кратер Метеор) рассматривались как что-то экзотическое, отличное от «нормальных» геологических явлений и структур. Истинную роль ударов среди других геологических процессов начали осознавать лишь в 60-е годы 20-го века, в основном, в связи с находками земных структур, содержащих минералогические свидетельства очень высоких давлений (сотни килобар), что интерпретировалось как результат высокоскоростных метеоритных ударов. Но настоящий прорыв в понимании огромной роли ударных процессов произошел лишь в начале 70-х годов, когда образцы, доставленные миссиями Аполлон и Луна, показали, что лунное вещество очень обеднено летучими. Это исключало образование лунных кратеров за счет вулканических взрывов, и в сочетании с присутствием метеоритного вещества в брекчиях лунных материков доказывало, что большинство лунных кратеров - метеоритные. Изотопные датировки привезенных образцов показали, что лунные материи, насыщенные крупными кратерами образованы в первые 600 млн. лет истории Луны, что предполагает период интенсивной бомбардировки. Стало очевидным, что Земля, соседка Луны, неизбежно должна была подвергаться такой бомбардировке. Вскоре космические миссии показали присутствие сильно кратерированных поверхностей на Марсе и Меркурии, а затем и на некоторых других телах Солнечной системы, указывая, что интенсивная бомбардировка затронула все тела в пределах планетной системы Солнца. Последующие исследования показали, что строение ударных кратеров зависит от обстановки: величины силы тяжести, параметров атмосферы, наличия летучих в мишени. Некоторые ударные структуры, такие как сплотчи на Венере (левый рисунок, стрелки) и кластеры первичных ударных кратеров на Марсе (правый рисунок), обнаруживают аналогии с Тунгусским событием.



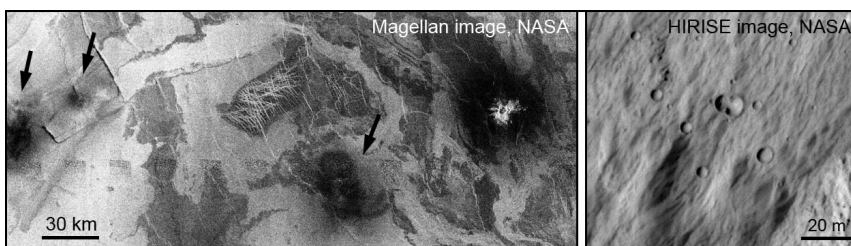
Изучение лунных образцов, земных импактитов и модельные эксперименты показали, что удары приводят не только к дроблению, переносу и твердофазовым переходам, но и к геохимической дифференциации за счет разной летучести химических элементов. В частности, удары по ультраосновным и основным мишеням могут привести к отделению пара обогащенного SiO_2 , K и Na, делая возможным появление гранитоидов очень рано в истории Земли.

Geological and geochemical role of impact processes in evolution of planets and small bodies of the Solar system

A.T. Basilevsky and O.I. Yakovlev

V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: atbas@geokhi.ru; yakovlev@geokhi.ru

Tunguska event of June 30, 1908 was a demonstration that celestial bodies can impact our Earth and cause large-scale catastrophies. However such impacts and features produced (e.g., crater Meteor) were considered as something exotic and different from “normal” geological events and features. The true role of impacts among other geological processes started to be understood only in the 20th century 60’s, mostly due to findings of terrestrial features bearing mineralogical evidence of very high pressures (100’s kbar) which were interpreted to be formed by the high-velocity meteoritic impacts. But real break-through in understanding of great role of impact processes happened only in early 70’s when samples brought by the Apollo and Luna missions showed that lunar materials are highly depleted in volatiles. This excluded origin of lunar craters due to volcanic explosions and in combination with presence of meteoritic matter in lunar highland breccias proved that majority of lunar craters were formed due to meteoritic impacts. Isotopic dating of the returned samples showed that lunar highlands saturated with large craters were formed within the first 600 m.y. of the lunar history suggesting period of heavy bombardment. It became obvious that Earth being a close neighbor of the Moon also had to be inevitably exposed to such bombardment. Soon after, space missions showed presence of heavily cratered terrains on Mars and Mercury and then on some other Solar system bodies, suggesting that heavy bombardment was an event affected all the bodies within the planetary system of the Sun. Later studies showed that structure of impact craters depends on local environments such as gravity, parameters of atmosphere and enrichment of target materials in volatiles. Some impact features on planetary surfaces, such as splotches on Venus (Figure left, arrows) and clusters of small primary impact craters on Mars (Figure right), show analogies with Tunguska event.



Studies of lunar samples, terrestrial impactites in combination with model experiments showed that high-velocity impacts can result not only in fragmentation, transportation and solid-phase transformations, but also in geochemical differentiation through differences in the high-temperature volatilities of chemical elements leading to their spatial separation. In particular, impacts into ultramafic and mafic targets could be resulted in segregation of vapor enriched in silica and alkalis thus making possible an appearance of granitoid materials very early in the history of Earth.

Моделирование образования уникального Патомского кратера

Ю.К. Бивин, И.В. Симонов

Институт проблем механики РАН, Москва, Россия. E-mail: simonov@ipmnet.ru

На Патомском нагорье (Иркутская обл.) был открыт и частично описан геологом В. Колпаковым в 1949 г. необычный кратер, а в 2005-6 гг. состоялись научные экспедиции «КП» для изучения этого кратера. Были измерены его геометрические и структурные параметры, а также проведены замеры радиации (она оказалась в норме), обнаружены магнитные отклонения, определен его возраст. Природная аномалия в виде холма (кратера) возникла на склоне сопки и образована раздробленной породой – известняк; объем и масса выбросов составили $V_e=2.3 \cdot 10^5 \text{ м}^3$, $M_e > 10^6 \text{ т}$, высота ~ 70 м. Аномалия существенно отличается по геометрии от известных кратеров метеоритного и взрывного происхождения, имеющих, как правило, участки отрицательного рельефа - воронку. Необычным также является центральный шарообразный купол диаметром 15 м (см. фото). Нами предложена физическая модель, основанная на гипотезе, что случайно совпали два события: 1. Известковый слой породы был пробит высокоплотным и высокопрочным метеоритом (ударником) удлиненной формы на глубину несколько сот м. 2. Зона разрушения достигла полости в породе, содержащей газ под высоким давлением (наличие таких полостей признается в геологической практике) и газ вытолкнул разрушенную породу наверх «квазистатически», без разброса обломков на большое расстояние. Математическое моделирование проникания ударника, разрушения породы и ее выталкивания газом позволило получить оценки параметров ударника и газового поршня. Проведена экспериментальная проверка возможности получения заданной конфигурации кратера при выталкивании сыпучей среды из скважины. В отверстие плиты, расположенной под углом α к горизонту (модель склона сопки) вставлена снизу трубка с поршнем, заполненная кварцевым песком или гранитной крошкой. При смещении поршня в трубке вверх на поверхности плиты образовывался холм. Если втянуть поршень обратно, то в вершине холма образуется воронка, диаметр которой растет по мере смещения поршня вниз. Образование купола в центре кратера - вторичный эффект, результат колебания давления газа, также подтверждено экспериментом. Если затем снова начать выдавливать песок смещением штока вверх, то со дна воронки начнет расти купол, подобный наблюдаемому.

Симонов И.В., Бивин Ю.К. Препринт № 803, Москва, ИПМех РАН, 2006, 21 с.



Simulation of the unique Patomskiy crater formation

Yu.K. Bivin and I.V. Simonov

Institute for Problems in Mechanics of RAS, Moscow, Russia. E-mail: simonov@ipmnet.ru

In 1949, some strange and unique (by form and by spatial arrangement) crater from the fractured rag has been revealed by one of Russian geologists in Siberia and in 2005 – 06 the scientific expeditions have been organized. Geometry of the crater, sizes of its constituent pieces, magnetic field and radiation have been under investigation during these expeditions. The strange crater dated at about 250 years has only positive relief and is shaped as an artificial mound of 70 m height and mass about 1 ml t with size of rag pieces from centimeters to 7-9 m. There are a caldera or a cone of depression on its top having 76 m in diameter and in its center a rising in the form of hemisphere of 15 m in radius. The question is what is the reason of such crater formation? In this work, a mathematical model which try to clarify this event is suggested on the ground of the following two physical promises: 1) Impact of a high-density and high-strength (unique) meteorite as a rigid projectile has fractured the rock in volume of a longitudinal cylinder. 2) This fractured zone advances to the depth an underground cavity containing gas under anomalous pressure and this gas ejects the rock from the fractured zone quasi statically without explosion feature on the free surface. According to this model and invoking the theoretical-experimental results on high-velocity penetration, the projectile and gas cavity parameters are estimated as reasonable values. Moreover, the experimental simulation of the second phase of the fractured rock ejection was carried out on the laboratory scale. Sand or (in another experiment) quartz grains were placed into a long metal tube and then was ejected from the tube on the artificial inclined surface (as far as the natural crater is placed on a gentle slope) by hand with the help of a piston. The formation of dome-shaped height in the centre of the crater that presumably is the secondary effect induced by a gas oscillation is supported by experiment. It can be observed that the geometry of the natural crater is in good agreement with its reduced experimental counterpart (see figures below). These results validate the hypotheses and the mathematical model proposed.

Acknowledgement: *This work was partly supported by the Program No. P-09 of the Russian Academy of Sciences and by the Russian Foundation of Basic Researches, N 05-01-00628, N 08-01-00021.*



О гипотезе Эдмунда Галлея и признаках импактного происхождения впадины Южного Каспия в плиоцене

Б.Н. Голубов*, С.Г. Геворкян**

* *Институт динамики геосфер РАН, г. Москва. E-mail: bgolubov@mail.ru*

** *ФГУП "Фундаментпроект", г. Москва. E-mail: Sergev99@yandex.ru*

До сих пор не находят удовлетворительного объяснения своеобразие отдельных страниц геологической истории Южно-Каспийской новейшей тектонической впадины в плиоцене. Отсюда возникает возможность истолкования ряда характерных тектонических, морфоструктурных, литолого-геохимических и палеонтологических особенностей Южно-Каспийской впадины с позиций гипотезы её импактного (ударного) происхождения. Эту гипотезу впервые сформулировал английский астроном Эдмунд Галлей в конце XVII века.

В докладе дано изложение истории постановки вопроса об импактном происхождении Южно-Каспийской впадины. Выполнен анализ геологических особенностей тектонической впадины Южного Каспия, которые могут служить признаками её импактного происхождения. В рамках механики кратерообразования выполнена расчётная проверка импактной гипотезы.

Если Южно-Каспийская впадина своим происхождением действительно обязана падению астероида, то, согласно нашим расчётам, подобное событие должно было иметь место не далее, как 6 — 7 млн. лет назад. При этом гипотетический Южно-Каспийский кратер должен был в начале своего существования иметь около 210 км в поперечнике и глубину около 30 км. Расчётная масса упавшего астероида составляет $8,8 \cdot 10^{18}$ кг, размеры – от 130 до 180 км в поперечнике. Энергия кратерообразования оказывается равной $2,58 \cdot 10^{25}$ Дж.

Для решения вопроса о правомерности или неправомерности гипотезы об импактном происхождении чаши Южного Каспия необходимо: а) уточнить возрастной интервал формирования красноцветной толщи; б) исследовать состав обломочного материала красноцветной толщи с целью определения минералов космического происхождения.

About hypothesis of Edmund Halley and attributes for impact origins of the Southern Caspian Sea basin in pliocene

B.N. Golubov*, S.G. Gevorkjan**

** Institute of Dynamics of Geospheres of the Russian Academy of Science, Moscow.*

E-mail: bgolubov@mail.ru

*** FUW "Fundamentproject", Moscow. E-mail: Sergev99@yandex.ru*

Till now does not find a satisfactory explanation an originality of separate pages of geological history of the South-Caspian newest tectonic basin in pliocene. From here there is an opportunity for interpretation of some characteristic tectonic, morfostructure, lithology-geochemical and paleontologic features of the South-Caspian basin from positions of its hypothesis impact (shock) origin. This hypothesis was formulated for the first time by English astronomer Edmund Gallej in the end of XVII century.

In the report the history of statement of a question about impact origin of the South-Caspian basin is given. It is analysed geological features of a tectonic basin of Southern Caspian Sea which can serve as its attributes of his impact origins. Calculation checking of impact hypotheses is executed within the limits of cratering mechanics.

If the South-Caspian basin is really was formed as result of falling of an asteroid, that, according to our calculations, similar event should take place not further, as 6 – 7 million years ago. Thus the hypothetical South-Caspian crater should have in the beginning of the existence about 210 km in a diameter and depth about 30 km. The settlement weight of the fallen asteroid makes $8,8 \cdot 10^{18}$ kg, the sizes – from 130 up to 180 km in a diameter. Energy for forming of crater appears equal $2,58 \cdot 10^{25}$ Joule.

For the decision of a question on legitimacy or illegitimacy of a hypothesis about impact origin of the Southern Caspian Sea basin it is necessary: to specify an age interval of formation of red-colour Pliocene deposits; to investigate composition of debris material from red-colour deposits in order to find the minerals of a space origin.

Аэробаллистический прогноз районов падения небесных тел типа Тунгусского метеорита

В.А. Дерюгин¹, В.Н. Дубовик¹, А.В. Зайцев²

¹ НПО им. С. А. Лавочкина, г. Химки, Россия. E-mail: vitalyder@mail.ru

² НП «Центр планетарной защиты», г. Химки, Россия. E-mail: pdc@berc.rssi.ru

В докладе представлены результаты оценок возможной точности прогноза районов падения на Землю астероидов и комет. Важность возможности обеспечения такого прогноза необходима из-за отсутствия в настоящее время Системы защиты Земли от столкновений с этими объектами. Поэтому, в случае возникновения угрозы столкновения, единственным способом избежать крупных потерь, остается обеспечение эвакуации населения, материальных и других ценностей.

Авторами разработано программное обеспечение и проведено моделирование движения опасных небесных тел (ОНТ) в атмосфере Земли с учетом возможного разброса их условий входа в атмосферу, физических, аэродинамических и атмосферных параметров.

Для трех вариантов ОНТ – ледяного, каменного и железного, проведены параметрические исследования влияния разбросов коридора и углов входа в атмосферу, модели атмосферы, габаритно-массовых и аэродинамических характеристик тел, на разброс точек падения. Проведены оценки потерь энергии ОНТ за счет влияния атмосферы.

Показано, что наибольший разброс конечных параметров наблюдается у объектов декаметрового размера, типа Тунгуски.

С помощью метода статистического моделирования (Монте-Карло) проведены оценки величин эллипсов рассеивания точек падения ОНТ с учетом возможных зон поражения, зависящих от энергии удара.

Делается вывод о необходимости формирования надежных исходных данных для повышения точности прогноза районов падения вероятных небесных тел.

Литература

- [1] Дерюгин В.А., Зайцев А.В., Козлов И.А. Оценки возможного рассеивания мест падения небесных тел на поверхность Земли // Международная конференция "Космическая защита Земли (КЗЗ-96)". 23-27 сентября 1996 г. Снежинск (Челябинск-70). Тезисы. С. 99,100.
- [2] Дерюгин В.А., Дубовик В.Н., Зайцев А.В. и др. Анализ влияния характеристик малых небесных тел на рассеивание их мест падения // Международная конференция "Космическая защита Земли-2000". 11-15 сентября 2000 г., Евпатория. Тезисы. С. 40.
- [3] Дерюгин В.А., Дубовик В.Н., Зайцев А.В. Прогноз рассеивания мест падения астероидов и ядер комет в случае их столкновения с Землей // Сборник научных трудов / Под ред. С.Д. Куликова. Выпуск 4. М., 2003. С. 42-50.
- [4] Стулов В.П., Мирский В.Н., Вислый А.И. Аэродинамика болидов. М.: Наука. Физматлит, 1995. 240 с.
- [5] Тирской Г.А. Взаимодействие космических тел с атмосферами Земли и планет // Соросовский общобразовательный журнал. 2000. Т. 6. №5.

The aeroballistic forecast of areas of falls of celestial bodies such as Tunguska meteorite

V.A. Deryugin¹, V.N. Dubovik¹, A.V. Zaitsev²

¹ Lavochkin Association, Khimki, Russia. E-mail: vitalyder@mail.ru

² NPP «Planetary Defense Center», Khimki, Russia. E-mail: pdc@berc.rssi.ru

The report describes the results of analysis of probable accuracy of prediction of regions of asteroids' and comets' falls onto the Earth. The provision of such prediction is very important due to non-availability of the system of the Earth defense against collisions of these objects at present. Therefore in case of collision danger occurrence the only way to avoid bad losses is evacuation of people, materials and other valuables.

The software has been developed by the authors of this paper and simulation of motion of dangerous celestial bodies (DCB) in the Earth atmosphere has been carried out taking into account the possible variations of physical, aerodynamic and atmospheric parameters of entry.

For three variants of DCB – ice, stone and iron – the parametrical analysis of the effects of deviations of corridor and angle of entry, variations of parameters of atmospheric model, mass-overall and aerodynamic characteristics on fall points dispersion has been made. The analysis of DCB energy losses due to atmospheric effects has been made.

It is shown that the greatest variations of final parameters are observed for decametric objects such as Tunguska meteorite.

Using the method of statistical simulation (Monte Carlo) the analysis of sizes of ellipses of dispersion of points of DCB falls has been made taking into account the possible zones of destruction depending on impact energy.

The conclusion on necessity of formation of reliable initial data for increasing of the accuracy of forecast of regions of falling of probable celestial bodies has been made.

References

- [1] Deryugin V., Zaitsev A., Kozlov I. Evaluation of possible dispersion of places of falls of celestial bodies on the Earth surface // International conference "Space Protection of the Earth-96" ("SPE-96"). 23-27 September 1996. Snezhinsk (Chelyabinsk-70). Abstracts. P.99, 100.
- [2] Deryugin V., Dubovik V., Zaitsev A., etc. The analysis of influence of the characteristics of small celestial bodies on dispersion of their places of falls // International conference "Space Protection of the Earth - 2000 ". September, 11-15, 2000, Evpatoriya. Abstracts. P. 40.
- [3] Deryugin V., Dubovik V., Zaitsev A. The forecast of dispersion of places of falls of asteroids and nucleus of comets in case of their collision with the Earth // The collection of proceedings (Ed. S.D. Kulikov). Release 4. Moscow, 2003. P. 42-50.
- [4] Stulov V., Mirskij V., Vislij A. Aerodynamics of the bolides // Moscow: Science. Fizmatlit. 1995. 240 p.
- [5] Tirskiy G. An interaction of space bodies with Earth's and planets' atmospheres // Soros general educational magazine. 2000. V. 6. №5. P. 76-82.

Опасность ежедневных «Тунгусских» событий вследствие взрыва ледяной оболочки Каллисто

Э.М. Дробышевский

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, 194021 С-Петербург, Россия;

E-mail: emdrob@mail.ioffe.ru

Потенциальная угроза существованию человечества кроется в возможности глобального взрыва толстой (~800 км) ледяной оболочки Каллисто – четвертого Галилеева спутника Юпитера. Причиной взрыва является накопление до ~15-20 wt.% в виде твердого раствора во льду $2\text{H}_2 + \text{O}_2$ – продукта объемного электролиза льда, содержащего инородные включения с электронной или дырочной проводимостью (сам лед – протонный проводник). Необходимый для электролиза электрический ток генерируется движением спутника в магнитосфере Юпитера. В прошлом подобным взрывам подвергались остальные три Галилеева спутника (всего 5-6 событий за 4.5 млрд. лет), что объясняет их особенности [1], а также возникновение и известные свойства иррегулярных спутников и троянских астероидов Юпитера [2]. Спутник Сатурна Титан взорвался всего $\sim 10^4$ лет назад, что породило на нем атмосферу, а также кольца и молодое семейство долгопериодических комет Сатурна [3]. Ледяные осколки подобных взрывов – ядра типичных короткопериодических (SP) комет – также содержат $2\text{H}_2 + \text{O}_2$, что делает понятными многие ранее загадочные проявления таких комет. Данные недавних миссий *Deep Impact* и *Stardust* к SP кометам плохо согласуются с традиционным конденсационно-сублимационным кометным сценарием, но говорят в пользу нашей парадигмы планетного происхождения комет [4].

Мы не знаем, до какой степени льды Каллисто насыщены $2\text{H}_2 + \text{O}_2$. Но если они взорвутся, то на орбитах SP комет семейства Юпитера появятся $\sim 10^9$ ледяных осколков размером ≥ 0.3 км. Через несколько десятков лет на Землю ежедневно будет выпадать тело, вызывающее взрыв ≥ 1 Мт ТНТ, ежегодно $\geq 10^3$ Мт, раз в жизни человека – $\geq 10^5$ Мт [5-7]. Кроме чисто ударных эффектов (сверхцунами, нагрев атмосферы) и отравления воздуха соединениями вроде HCN, CO, NO и т.п., выпадения с энергией больше 10^5 Мт ТНТ способны вызвать явление типа «ядерной зимы» вследствие выброса в атмосферу большого количества пыли.

Такие повторяющиеся климатические катастрофы будут губительны для земной биосферы и человечества. Отсюда очевидна необходимость организации и придания высочайшего приоритета космической миссии, нацеленной на определение содержания продуктов электролиза $2\text{H}_2 + \text{O}_2$ в ледяной оболочке Каллисто.

Литература

- [1] Drobyshevski E.M. Moon & Planets. 1980. V. 23. P. 483-491.
- [2] Agafonova I.I., Drobyshevski E.M. Earth, Moon, & Planets. 1985. V. 33. №1-17. P. 111-132.
- [3] Drobyshevski E.M. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 2000. V. 315. P. 517-520.
- [4] Drobyshevski E.M. Icarus (in press). 2008; arXiv:astro-ph/0702601.
- [5] Drobyshevski E.M. Earth, Moon, & Planets. 1989. V. 44. P. 7-23. Preprint PhTI-1244, 1988.
- [6] Дробышевский Э.М. Проект «Каллисто». Экспресс-информация №2-89. Л.: Научный совет по космич. исследованиям для нар. хозяйства МКС АН СССР, 1989.
- [7] Дробышевский Э.М. ЖТФ. 1999. Т. 69. № 9. С. 10-14..

Threat of every day Tunguska-type events as result of Callisto's ice envelope explosion

E.M. Drobyshevski

Ioffe Physical-Technical Institute of RAS, 194021 St.Petersburg, Russia;

E-mail: emdrob@mail.ioffe.ru

Potential danger to the Mankind existence is concealed in a possibility of global explosion of thick (~800 km) ice envelope of Callisto – the fourth Galilean satellite of Jupiter. The explosion cause is an accumulation in ice, in the solid solution form, of 15-20 wt.% of $2\text{H}_2+\text{O}_2$ – products of the volumetric electrolysis of ice containing foreign inclusions with electronic or hole-type conductivity (the ice itself is a protonic conductor). The electric current needed for the electrolysis is generated by the satellite motion in Jovian magnetosphere. In the past, similar explosions had place on three other Galilean satellites (in total, 5-6 events during 4.5 aeons). That explains their features [1] as well as origin and known properties of irregular satellites and Trojan asteroids of Jupiter [2]. Saturn's satellite Titan exploded as recently as $\sim 10^4$ years ago what gave birth to its atmosphere, and to rings and long-period comet family of Saturn [3]. The icy fragments of such explosions are nuclei of typical short-period (SP) comets. They also contain $2\text{H}_2+\text{O}_2$ what makes understandable numerous up to now puzzling manifestations of comets. Data of recent *Deep Impact* and *Stardust* space missions to SP comets are in a rather poor agreement with traditional condensation-sublimation cometary scenario, while strongly favoring our paradigm on planetary origin of comets [4].

We do not know what is a degree of Callisto's ice envelope saturation with $2\text{H}_2+\text{O}_2$. If the envelope explodes, about 10^9 icy fragments of ≥ 0.3 km size will appear in orbits of SP comets of Jovian family. After several decades, a body causing an explosion with ≥ 1 Mt TNT will strike the Earth every day, with $\geq 10^3$ Mt – once a year, and once in a man's life, $\geq 10^5$ Mt [5-7]. Apart from purely impact effects (supertsunami, heating of atmosphere) and poisoning of the air by such components as HCN, CO, NO etc., impacts in excess of 10^5 Mt TNT could produce a “nuclear winter” phenomenon resulting from the appearance of huge amount of dust in the atmosphere.

Such repeated climatic catastrophes will be devastating for the Earth's biosphere and Mankind. Hence, it is obvious a necessity of organizing and assigning the highest priority to the space mission aimed on determination of the electrolysis products $2\text{H}_2+\text{O}_2$ content in the ice envelope of Callisto.

References

- [1] *Drobyshevski E.M.* Moon & Planets. 1980. V. 23. P. 483-491.
- [2] *Agafonova I.I., Drobyshevski E.M.* Earth, Moon, & Planets. 1985. V. 33. № 1-17. P. 111-132.
- [3] *Drobyshevski E.M.* Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 2000. V. 315. P. 517-520.
- [4] *Drobyshevski E.M.* Icarus (in press) 2008; arXiv:astro-ph/0702601.
- [5] *Drobyshevski E.M.* Earth, Moon, & Planets. 1989. V. 44. P. 7-23; Preprint PhTI-1244, 1988.
- [6] *Drobyshevski E.M.* Project “Callisto”. Express-Information №2-89. Sci. L.: Council on Space Research for National Economy, ICC, USSR Acad. Scis., 1989 (in Russian).
- [7] *Drobyshevskii E.M.* Tech. Phys. 1999. V. 44. P. 1009-1013.

Первый активный кометный эксперимент: Тунгуска-1908, Сибирь

Э.М. Дробышевский

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, 194021 С-Петербург, Россия;

E-mail: emdrob@mail.ioffe.ru

Что Тунгусское событие было вызвано касательным выпадением небольшого ядра кометы или астероида, предполагалось давно. Проблема состоит в том, как передать энергию движения тела (~10-40 Мт ТНТ) в энергию атмосферного взрыва (есть свидетельства поворота траектории тела) и при этом не оставить выпавших фрагментов (их отсутствие, похоже, отвергает гипотезу об астероиде). В гипотезе о ледяном кометном ядре, если исходить из стандартных представлений о кометах, как продуктах конденсации в холодных занептуновых областях, неясно, что заставило лед взорваться с тем, чтобы его пары, расширяясь и в поперечном направлении, резко увеличили сечение своего взаимодействия с атмосферой настолько, чтобы сила сопротивления большого объема воздуха восприняла бы кинетическую энергию ядра.

Данные двух недавних активных миссий к кометам Tempel 1 (*Deep Impact*) и Wild 2 (*Stardust*) во многом противоречат конденсационной кометной парадигме. Они, скорее, подтверждают Новую Эруптивную Космогонию (НЭК) комет, которая считает SP кометы фрагментами от глобальных взрывов массивных ледяных оболочек тел типа Ганимеда. Их грязные льды, насыщенные в виде твердого раствора продуктами их объемного электролиза $2\text{H}_2 + \text{O}_2$ до ~20 вес.%, способны к детонации, инициируемой ударом. Такой взрыв плутоно-подобного тела со спутником создал 3.9 аеонов назад Главный пояс астероидов [1]. Взрывы происходили в системе Галилеевых спутников Юпитера (всего 5-6 событий; Каллисто пока не взрывался, его взрыв уничтожил бы человечество). Льды Титана взорвались ~ 10^4 лет назад, что породило его атмосферу, кольца и молодое семейство LP комет Сатурна [2]. Из НЭК вытекает, что льды SP комет также содержат $2\text{H}_2 + \text{O}_2$, которые при сублимации льдов загораются. Наличие внутреннего источника энергии объясняет множество непонятных фактов (вспышки и распады кометных ядер, коррелирующие с солнечной активностью, появление ионов и радикалов вблизи ядра и т.д.). Избыточная энергетика выброса из кратера *Deep Impact* была предсказана нами и подтверждена этим экспериментом [3]. Пыль *Stardust*, как и *Deep Impact*'а, показывает признаки нагрева при горении в условиях дефицита кислорода, что и следует из НЭК [3].

Поэтому, когда небольшое (~50-100 м) кометное ядро в 1908 г. вошло с $V \sim 20-30$ км/с почти касательно в атмосферу Земли, то возбужденная в нем сопротивлением воздуха ударная волна превратилась в его $2\text{H}_2 + \text{O}_2$ -содержащих льдах в детонационную [1]. Энергия самого взрыва едва ли достигала ~10% кинетической энергии ядра. Но разлет продуктов взрыва резко увеличил сечение объекта от ~ 10^3 м² до $\geq 10^6$ м². Как следствие, энергия его движения перешла в мощную ударную волну в воздухе с результирующим лесоповалом, обжигающим излучением, возмущениями магнитного поля Земли и т.п., а распыление вещества в атмосфере вызвало ее необычное свечение. Как видим, все три активных кометных эксперимента, начиная со входа ядра кометы в атмосферу Земли в 1908 г., говорят о справедливости НЭК.

Литература

- [1] Drobyshevski E.M. Moon Planets. 1980. V. 23. P. 339-344; A&ATrans. 1997. V. 12. P. 327-331.
- [2] Drobyshevski E.M. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 2000. V. 315. P. 517-520.
- [3] Drobyshevski E.M. Icarus. 2008 (in press); arXiv:astro-ph/0702601

The first active cometary experiment: Tunguska-1908, Siberia

E.M. Drobyshevski

Ioffe Physical-Technical Institute of RAS, 194021 St.Petersburg, Russia;

E-mail: emdrob@mail.ioffe.ru

That the Tunguska event had been initiated by a tangential impact of a small comet nucleus or an asteroid was a hypothesis put forward long ago. The problem consists essentially in how to convert the energy of the body motion ($\sim 10\text{--}40$ Mt TNT) into that of an atmospheric explosion (there are witness accounts of a turn in the body's trajectory) without at the same time leaving fragments left on the ground (their absence makes us to reject the asteroid version). Turning now to the hypothesis of an icy comet nucleus, drawing upon standard concepts of comets as products of condensation in cold trans-Neptunian regions, it is unclear what could have forced ice to explode, with its vapors, expanding in the transverse direction as well, increasing sharply the cross section of interaction with the air to an extent where the force of resistance of its large volume would be able to accommodate the initial kinetic energy of the nucleus.

Data amassed in the two recent active missions to Tempel 1 (*Deep Impact*) and Wild 2 (*Stardust*) comets are in many respects in conflict with the condensation-based cometary paradigm. They rather should be considered as supporting the New Explosive Cosmogony (NEC) of comets which assumes them to be fragments of global explosions occurring in massive icy envelopes of Ganymede-type bodies. Their dirty ices saturated to form essentially solid solution of the products of their volumetric electrolysis, $2\text{H}_2+\text{O}_2$, to a concentration of up to ~ 20 wt.% are prone to detonation initiated by an impact. Such an explosion of a Pluto-like body with a satellite had created 3.9 aeons ago the Main Asteroid Belt [1]. The Galilean satellite system of Jupiter underwent a few explosions (5-6 events altogether; Callisto did not yet explode). The ices on Titan did explode $\sim 10^4$ y ago, thus creating its atmosphere, and rings and young LP comet family of Saturn [2]. The NEC suggests that cometary ices also contain $2\text{H}_2+\text{O}_2$, that catch fire when becoming gases at the ice sublimation. The existence of the internal energy source sheds light on many events that seemed strange (bursts and breakups of comet nuclei correlating with Solar activity, the appearance of ions and radicals close to a nucleus etc.). The excess energetic of ejecta from the *Deep Impact* crater had been predicted by us in advance and confirmed by this experiment [3]. The dust collected in the *Stardust*, as well as *Deep Impact* observations reveal indications of dust particles having been involved in burning in oxygen deficiency conditions, likewise in agreement with the NEC [3].

Therefore, when a small ($\sim 50\text{--}100$ m dia.) comet nucleus entered in 1908 nearly tangentially the Earth's atmosphere with $V \sim 20\text{--}30$ km/s, the shock wave generated in it by air resistance transformed in its $2\text{H}_2+\text{O}_2$ -containing ices into a detonation wave [1]. The energy of the burst itself reached hardly $\sim 10\%$ of the nucleus kinetic energy. But the expansion of the explosion products increased dramatically the object cross section from $\sim 10^3$ to $\geq 10^6$ m². As a consequence, the energy of its motion became converted to an extremely strong shock wave in the air, with the ensuing massive felling of trees, scorching radiation, disturbances of the Earth's magnetic field etc., while the dust dispersed in the atmosphere caused its unusual glow. As we see, all the three active experiments, starting with penetration of a comet nucleus into the Earth's atmosphere in 1908, argue persuasively for the validity of the NEC.

[1] Drobyshevski E.M. Moon & Planets. 1980. V. 23. P. 339-344; A&ATrans. 1997. V. 12. P. 327-331.

[2] Drobyshevski E.M. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 2000. V. 315. P. 517-520.

[3] Drobyshevski E.M. Icarus. 2008 (in press); arXiv:astro-ph/0702601

Космические телескопы для обнаружения малых опасных небесных тел и определения их параметров движения

В.А. Емельянов

ЦНИИМашиностроения, Королев, Россия.

E – mail: ChernovaNA@yandex.ru

Отмечаются причины отсутствия наблюдений малых опасных небесных тел, производимых наземными телескопами, и необходимость использования космических телескопов. Обсуждаются принципы их построения. Определены требования к эффективности функционирования космической системы обнаружения и наблюдения малых опасных небесных тел (минимальный размер обнаруживаемых тел, время до падения на Землю, точность определения параметров движения), а также требуемые технические характеристики космических телескопов. Проведено моделирование в течение 25 лет сеансов наблюдения астероида Апофис двумя космическими телескопами (КТ), устанавливаемыми на расстояниях 0,3 а.е. от Земли на её орбите. При работе КТ в автоматическом режиме обзорно – поискового наблюдения продолжительность пребывания астероида в зоне их видимости составит 4,25 лет, в зоне невидимости – 3,7 лет. Проведено моделирование синхронно – базисных наблюдений Апофиса двумя космическими телескопами, размещёнными друг от друга на расстоянии ~ 0,45 а.е. Оценены полуширины доверительных интервалов определения элементов орбиты, вектора состояния и прогнозируемого пролётного расстояния от центра Земли на момент последующего прохождения астероида через плоскость эклиптики.

Space telescopes for the small hazardous celestial body detection as well as their motion parameter determination

V.A. Emeljanov

TSNIImach, Korolev, Russian

E – mail: ChernovaNA@yandex.ru

The reasons of the absence of small celestial body observations being carried out by the Earth-based telescopes as well as the urgency of the space-based telescopes use are described. The principles of their creations are considered. The requirements to the efficiency of the space telescopes system for small hazardous bodies detection and observations (the minimum detection size, the time before the body falls on Earth, the accuracy of the motion parameter determination), as well as the requirement parameters of the space telescopes have been obtained. The long – duration (up to 25 years) imitation modeling of supervision sessions of Apophis asteroid have been carried out by the two space – based telescopes (ST), placed in the Earth orbit. At the work of ST in automatic search survey mode the asteroid stay in vision zone time equals 4,25 years, the stay in the dark time equals 3,75 years. Modeling of synchronously – basic supervisions of Apophis by two space telescopes and accuracy in determination of orbit elements, radius and velocity vectors as well as fly-by distance from Earth center at the moment of subsequent asteroid passage through the ecliptic plane have been evaluated.

Группа молодых метеоритных кратеров на востоке Московской области

С.Ю. Енгальчев

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт

им. А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ), Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sleng2005@mail.ru

На востоке Московской области в Шатурском районе (в 140 км от города Москвы) около города Рошаль расположена группа озер - Смердячье, Лемешенское и Карповское (Власовское). Они отчетливо проявляют на спутниковых снимках и аэрофотоснимках данной территории. Все озера имеют правильную круглую форму и большую глубину. Удивительно, что они расположены на одной линии (по азимуту 36° СВ). Карст в данном районе не развит и озера расположены на песчано-глинистых отложениях мезозоя. В настоящий момент можно с большой долей уверенности говорить о метеоритной природе этих озер.

Озеро Смердячье изучено наиболее хорошо имеет глубину до 31,4 м и диаметр 270 м. Озеро окружено кольцевым валом. Высота вала составляет около 4-5 м над уровнем воды и 1-2 м над уровнем окружающей местности. Вал сложен сильно дислоцированными песчанистыми глинами, которые перекрывают рыхлые ледниковые пески. Породы вала содержат обломки кремней, развитых на глубине 40-50 м. В сделанных шурфах на валу были обнаружены породы, содержащие расплавленное импактное стекло. В расплавленных породах был обнаружен редкий минерал муассонит (SiC), найденный в настоящее время, в Аризонском метеоритном кратере (США) и в некоторых метеоритах.

Озеро Лемешенское расположено в 4,4 км от оз.Смердячье. Оно имеет круглую форму. Диаметр озера около 290 м, при глубине около 15 м. Также наблюдается кольцевой вал сложенный песчаными породами. На берегу озера найдены пузырьчатые импактные стекла.

Озеро Карповское (Власовское) расположено южнее на расстоянии в 4,8 км от озера Лемешенского. Диаметр около 280 м, глубина 17,5 м. Вокруг озера наблюдается не высокий кольцевой вал. В рельефе дна присутствуют кольцевые террасы и уступы. На берегу озера были найдены обломки черного пузырьчатого импактного стекла.

Было проведено сравнение морфологических параметров этих озер с морфологией известных метеоритных кратеров, которое показало их значительное сходство. Очевидно котловины этих озер образовались после ухода с этой территории ледника, и имеют возраст моложе 10 тыс. лет. Не исключено, что еще некоторые озера восточного Подмосковья также имеют метеоритное происхождения.

Падения космического тела и образование кратеров имело катастрофическое последствия для всего региона. Так по проведенным расчетам взрыв, в результате которого образовался только один кратер «Смердячье», был эквивалентен взрыву 10 атомных бомб сброшенных на Хиросиму. Следы этого события (катастрофический слой) еще предстоит найти в четвертичных отложениях района. Этот слой можно использовать для местной корреляции разрезов четвертичных последниковых осадочных отложений. Именно на основе анализа четвертичных осадочных отложений содержащих катастрофический слой можно произвести точное определение возраст этих кратеров. Такие работы в настоящее время выполнены в частности для кратеров Каали в Эстонии.

Важность данной находки для региона Средней полосы России сложно переоценить. В целях сохранения кратера целесообразно использовать успешный опыт охраны метеоритных кратеров в США, Германии и Эстонии.

Group of young meteor craters in the east of Moscow area (Russia)

S.J. Engalychev

Russian Geological Research Institute of A.P.Karpinsky (VSEGEI). St.-Petersburg, Russia.

E-mail: sleng2005@mail.ru

A group of lakes Smerdyacheye, Lemeshenskoe and Karpovskoe is located in the East of the Moscow district in Shatura region nearby the town Roshal' (140 km from Moscow). They are apparent in satellite images and aero- photographs of the territory. All lakes are of the regular round shape and of great depth. It is surprising that all of them are located along one line (from azimuth 36 NE). Carst is not developed in the area and the lakes are located in Mesozoic sandy-clay sediments. At present, we may surely state meteoritic (impact) nature of the said lakes.

The lake Smerdyacheye is the mostly investigated; it has the depth of 31.4 meters and diameter of 270 meters. The lake is surrounded by ringed hill. The height of the hill is around 4-5 m above the water level and 1-2 m above the surrounding land. The hill is composed of strongly dislocated sandy-clay deposits, which cover mellow glacial sands. Deposits of the hill contain fragments of flint, developed at the depth of 40-50 m. We found deposit containing melted impact glass in the pits drilled in the hill. In impact glass were found crystals of moissanite (SiC). This rare mineral is formed in conditions of high pressures. This mineral was found in Meteor Crater (Arizona, USA) and in several meteorites.

The lake Lemeshenskoe is located in 4,4 km from the lake Smerdyacheye. It is of the round shape. Diameter of the lake is 290 m, the depth is around 15 m. Ringed hill may also be observed here and the hill is composed of sandy deposits. Blister impact glasses were found on a coast of lake.

The lake Karpovskoe is located to the south from the lake Lemeshenskoe at the distance of 4,8 km. Diameter of the lake is around 280 m, its depth is 17,5 m. Low ringed hill is observed around this lake. The bottom relief is made of ringed terraces and benches. We found fragments of black blistered impact glass on the shore of the lake.

We implemented the Comparison analysis of morphological parameters of these lakes with the morphology of the known meteor craters, the analysis revealed the significant similarity. Evidently, basins of the lakes were formed after glacier drifted from the territory and their age is less than 10 thousand years. It is not excluded that some other lakes of the Eastern Moscow region are also of meteor nature.

Falling of a cosmic body and formation of craters had catastrophic consequences for the whole region. Thus, according to the estimates, the explosion, which resulted in the formation of only one crater Smerdyacheye was equivalent to the explosion of ten atomic bombs dropped on Hiroshima. Traces of this event (catastrophic layer) are to be found in Quaternary sediments of the region. This layer may be used for the local correlation of the Quaternary post-glacial sediments. The exact age of the craters may be determined based on the analysis of the Quaternary post-glacial sediments, containing the catastrophic layer. Such works have been implemented for a group of craters "Kaali" in Estonia.

It is difficult to overestimate the importance of the founding for the Midland Russia. To preserve the craters it is expedient to apply the successful experience of meteor craters protection of the USA, Germany and Estonia.

Об открытии новых метеоритных кратеров в Ярославской области (Россия)

С.Ю. Енгальчев

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им.А.П.Карпинского (ВСГЕИ), Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sleng2005@mail.ru

При исследовании геологического строения Северо-Запада России на основе космических снимков, автором было обнаружено несколько кольцевых структур на севере Рыбинского водохранилища. Кратеры расположены в южной части Мологско-Шекснинского перешейка на площади Дарвинского биосферного заповедника – особо охраняемой территории России. Вероятнее всего эти структуры представляют собой частично эродированные метеоритные кратеры. До последнего времени данные образования не были обнаружены и их специальное изучение не проводилось.

Найденные кольцевые структуры расположены в южной части заповедника на побережье Рыбинского водохранилища. Они отчетливо проявляются на космических снимках. Всего было выявлено три структуры - «Тимохино», «Осиновик» и «Язино». Структуры представляют собой изометричные кольцевые образования близкого диаметра (около 2,5 км). Две структуры («Тимохино» и «Осиновик») расположены на юге и имеют сходные параметры, а третья несколько северней и имеет меньшие размеры. Сейчас котловины кратеров заполнены илстыми осадками, а их берега заболочены. В современном рельефе отчетливо выражены кольцевые валы. Рыхлый алевро-песчаный состав пород развитых на озерно-ледниковой низменности, где расположены структуры и общая сильная обводненность территории, способствуют интенсивной эрозии данных образований. Возраст данных структур, вероятнее всего, достаточно молодой - постледниковый, о чем свидетельствует выраженность объектов в современном рельефе.

Структура «Тимохино» (58°34'56,6″N, 37°42'58,3″E) имеет диаметр 2,7 км. Отчетливо проявлен кольцевой вал шириной около 200-300 м, при высоте около 15 м. Кратер «Осиновик» (58°36'0,74″N, 37°45'39,0″E) имеет диаметр 2,3 км. Структура несколько сплюснута в юго-западном направлении и имеет яйцевидную форму. Ширина кольцевого вала около 150-200 метров. С севера в кратер впадает река Ветка. Кратер «Язино» (58°35'59,8″N, 37°40'13,1″E) наиболее сильно эродирован, его диаметр около 2,0 км. Ширина кольцевого вала 100-150 м. В его центральной части расположено одноименное озеро с заболоченными берегами. По сравнению с другими структурами, она распознается труднее, и кратерный вал проявлен слабее.

Круглая форма всех описываемых кратеров свидетельствуют о крутом, вероятнее всего, вертикальном падении метеоритного тела. Не исключено, что на дне Рыбинского водохранилища и в ближайших окрестностях могут находиться другие, импактные структуры меньшего размера.

В пользу метеоритного происхождения структур говорит значительное сходство морфологии обнаруженных объектов с известными метеоритными кратерами, а также невозможность рассмотрения данных структур в качестве вулканических образований или объектов связанных с деятельностью ледника или каким-то иными геологическими процессами.

Несомненно, выявленные объекты являются уникальным геологическими объектами на территории России, и требует дальнейшего всестороннего исследования.

About discovery of new meteor craters in the Yaroslavl area (Russia)

S.J. Engalychev

Russian Geological Research Institute of A.P.Karpinsky (VSEGEI). St.-Petersburg, Russia.

E-mail: sleng2005@mail.ru

In the course of the investigation of the geological structure of the North-West of Russia, based on cosmic images, the author found several circular structures in the North of the Rybinsky storage pond. Circular structures are located in the Southern part of the Mologa-Sheksninsky isthmus in the territory of the Darvinsky biosphere reserve, a territory that is specifically protected in Russia. Most likely, these structures represent partially eroded meteor craters. These structures were revealed recently and no investigations have ever been implemented.

The revealed circular structures are located in the Southern party of the Darvinsky biosphere reserve on the shore of the Rybinsky storage pond. They are quite apparent in cosmic images. Three structures have been revealed - «Timohino» (58°34'56,6"N, 37°42'58,3"E), «Osinovik» (58°36'0,74"N, 37°45'39,0"E) and «Yasino» (58°35'59,8"N, 37°40'13,1"E). The structures are isometric circular formations of neighboring diameter (around 2,5 km). Two structures («Timohino» and «Osinovik») are located in the South and have similar parameters, the third structure («Yasino») is located to the North and has smaller sizes. Now the basins of the craters are filled with sludgy sediments and the banks of the same are swamped. The contemporary relief contains clear ringed hills. Mellow siltstone and sandy sediments deposits of the glaciolacustrine lowgrounds where structures are located and strong watering of the area provide for intensive erosion of these structures. The structures are possibly quite young – of the post-glacial age, and intensiveness of the objects in the modern relief testify to the above fact.

The diameter of the structure «Timohino» is 2,7 km. Ringed hill is clearly visible, the width of the hill is around 200-300 m, the height is around 15 m. The diameter of the crater «Osinovik» is 2,3 km. The structure is slightly flattened out in the south-west direction and has the egg shape. The width of the ringed hill is around 150-200 meters. The river Vetka flows into the crater from the north. The crater «Yasino» is mostly eroded, its diameter is around 2 km. Width of the ringed hill is 100-150 m. A lake with the same name is located in the central part of the crater; banks of the lake are swamped. It is more difficult to distinguish in comparison with other structures and the crater hill is less exposed.

The round shape of all described craters testifies about high, probably vertical lapse of the meteor body. It is not excluded that other impact structure of smaller size may be located at the bottom of the Rybinsky storage pond and on the adjacent dry land. The significant similarity of the morphology of the found structures with the known meteor craters testify in favor of the meteor nature of the structures' origin, as well as the impossibility to consider these structures as igneous formations or objects related to the glacier activity or other geological processes.

Undoubtedly, the revealed objects are unique geological objects in the territory of Russia and they require for the further all-sided investigation.

Анализ временных рядов импактных событий исторического прошлого

Н.В. Задонина^{1,2}, К.Г. Леви^{1,2}, С.А. Язев^{3,4}

¹*Иркутский государственный технический университет*

²*Институт Земной коры СО РАН*

³*Астрономическая обсерватория ИГУ*

⁴*Институт солнечно-земной физики СО РАН*

levi@crust.irk.ru

Созданная база исторических свидетельств о пролете комет и болидов, падении метеоритов и метеоритных «дождях» насчитывает более 840 сообщений из прошлого. Эти данные заимствованы из ряда летописных источников европейского и восточно-азиатского происхождения за прошедшие 2000 лет.

Приведенные в летописных источниках сведения были распределены по трем группам данных. В первой - наблюдения ярких комет, во второй – падения метеоритов и пролеты болидов и в третьей – интенсивные метеорные потоки. Анализ данных показывает наличие флуктуаций в частоте появления космических «странников». Увеличение числа сообщений о падении метеоритов с XVII в. можно объяснить ростом числа свидетелей или очевидцев этих событий, совершенствованием средств регистрации и передачи информации. Вариации числа глобальных явлений типа комет, наблюдавшихся одновременно с гигантских территорий и неизменно находивших отклики в летописях, выглядят более циклично. Наблюдаются явные квазипериодические флуктуации кометной активности в сравнительно недавнем историческом прошлом Земли. Интервалы 0–500, 1000–1250 и 1450–1750 лет изобилуют сообщениями о появлении комет. Любопытно, что в них укладываются известные минимумы солнечной активности Оорта, Вольфа и Маундера.

Какова же связь между кометами, метеоритами, болидами и метеорными потоками? Кластер-анализ взаимоотношений трех групп космических объектов, помещенных в базу данных, отчетливо показывает тесное соотношение между кометами и их производными – метеорными потоками, тогда как метеориты и болиды лишь отдаленно связаны с главной совокупностью. Это совершенно соответствует существующим представлениям о том, что метеорные потоки являются остатками развалившихся кометных ядер.

The analysis of time numbers (lines) of impact events in the historical past

N.V. Zadonina^{1,2}, K.G. Levi^{1,2}, S.A. Yazev^{3,4}

¹*Irkutsk state technical university*

²*Institute of the Earth's crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science*

³*Astronomic observatory to the Irkutsk state university*

Institute of solar-terrestrial physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science

levi@crust.irk.ru

The created base of historical certificates on flight of comets and bolides, falling of meteorites and meteoric showers totals more than 840 messages from the past. These data are borrowed from lines of annalistic sources of the European and East Asian origin for past 2000.

The data resulted in annalistic sources have been distributed on three groups of the data. In the first - supervision of bright comets, in the second - falling of meteorites and flights bolides and in the third - intensive meteoric streams. The analysis of the data shows presence of fluctuations in frequency of occurrence of space "wanderers". From XVII century it is possible to explain increase in number of messages on falling meteorites growth of number of witnesses or eyewitnesses of these events, perfection of means of registration and transfer of the information. Variations of number of the global phenomena such as the comets observed simultaneously from huge territories and invariable finding responses in annals, look more cyclically. Are observed obvious periodicity fluctuations comet's activity in rather recent historical past of the Earth. Intervals 0-500, 1000-1250 and 1450-1750 abound messages on occurrence of comets. It is curious, that in them known minima of solar activity Oort, Volf and Maunder are stacked.

What communication between comets, meteorites, bolides and meteoric streams? The cluster-analysis of mutual relations of three groups of the space objects placed in a database, clearly shows a close ratio between comets and their derivatives - by meteoric streams whereas meteorites and bolides only is remote are connected to the main set. It completely corresponds to existing representations that meteoric streams are the rests collapsed comet's nucleus.

Научно-технические, организационно-правовые и нравственные аспекты обеспечения защиты Земли от астероидно-кометной опасности

А.В. Зайцев¹, А.А. Клаповский²

¹ НП «Центр планетарной защиты», г.Химки, Россия. E-mail: pdc@berc.rssi.ru

² Министерство иностранных дел России, г. Москва, Россия

Представлен краткий обзор состояния работ в России и за рубежом в области предотвращения астероидно-кометной опасности. Отмечается, что из всего многообразия проблем, в первую очередь необходимо решить самую важную – нравственную проблему, заключающуюся в необходимости осознания властными структурами нашей планеты их общей ответственности за сохранение человечества и биосферы Земли, а также культурных, духовных и материальных ценностей, создававшихся трудом миллиардов жителей Земли.

Признание факта существования астероидно-кометной опасности обуславливает необходимость принятия мер по ее предотвращению. Разработки Центра планетарной защиты, учрежденного рядом организаций России, свидетельствуют о практической возможности создания Системы планетарной защиты (СПЗ) от этой угрозы, что потребует, конечно, решения большого комплекса проблем.

В докладе показано, что создание эшелона оперативного реагирования СПЗ «Цитадель-1», предназначенного для защиты от астероидов, возможно на базе уже существующих технологий. В то же время, создание эшелона долгосрочного реагирования, предназначенного для защиты, главным образом, от кометных ядер, потребует разработки новых мощных ракетных двигателей, средств воздействия на опасные небесные тела и т. п. Их создание может стать серьезным стимулом технологического развития России и человечества, в том числе, послужить основой для освоения Солнечной системы. В то же время, нужно учитывать, что некоторые компоненты будущей СПЗ могут иметь и военное применение. Под видом создания СПЗ, может проводиться отработка в космосе новых образцов оружия, что может привести к превращению космоса в новую сферу размещения оружия и потенциальный театр военных действий.

Для исключения подобной ситуации, авторами предложен комплекс мер, который необходимо осуществить на государственном и международном уровне. В частности, предложены структура и схема функционирования региональных Центров планетарной защиты, рассмотрены вопросы правового регулирования их работы. Проведен анализ возможных сценариев развития событий, связанных с возникновением космической угрозы, включая вопросы оповещения о ней.

Для оценки возможных масштабов катастроф в результате падения небесных тел, предложено ввести единицу измерения «Тунгуска».

Литература

- [1]. Башилов А.С., Волк И.П., Зайцев А.В., Конюхов С.Н., Пичхадзе К.М., Победоносцев К.А. Система планетарной защиты "Цитадель", Предложения // Центр планетарной защиты. 2001. 23 с.
- [2]. Зайцев А.В. Некоторые проблемы и последствия создания системы планетарной защиты // Известия Челябинского Научного Центра - специальный выпуск "Космическая защита Земли". Снежинск: ВНИИТФ, 1997. С. 243-246.
- [3]. Зайцев А.В., Клаповский А.А., Кулик С.В. Об организационно-правовых аспектах создания и применения Системы планетарной защиты // Всероссийская конференция «Астероидно-кометная опасность-2005» (АКО-2005). Материалы конференции. СПб.: ИПА РАН, 2005. С. 148-150.

Scientific and technical, organizational-legal and moral aspects of ensuring defense of the Earth from asteroid-comet dangers

A.V. Zaitsev¹, A.A. Klapovsky²

¹ NPP «Planetary Defense Center», Khimki, Russia. E-mail: pdc@berc.rssi.ru

² The Ministry of Foreign Affairs of Russia. Moscow. Russia.

The brief review of a state of works in Russia and abroad in the field of prevention of asteroid-comet danger is presented. It is marked, that from all variety of problems, first of all it is necessary to solve the most important problem a moral one. It consists in necessity of comprehension by power structures of our planet of their general responsibility for preservation of mankind and biosphere of the Earth, and also cultural, spiritual and the material assets, by work of billions inhabitants of the Earth created.

The recognition of the fact of existence of asteroid-comet dangers leads to necessity of acceptance of measures on its prevention. The Planetary Defense Center's works, which founded by a number of the organizations of Russia, testify to a practical opportunity of creation of the Planetary Defense System (PDS) from this threat. But it will demand, certainly, to solve wide range of problems.

Creation of a layer of short-term reaction of the PDS «Citadel-1», intended for protection against asteroids, is possible on the basis of already existing technologies, in the report is shown. At the same time, creation of a layer of long-term reaction, intended for protection, mainly, from comet's nuclei, will demand development of new powerful rocket engines, means of influence for dangerous celestial bodies, etc. Their creation could be an impetus to technological development of Russia and mankind, for example, to form a basis for colonization of Solar system. At the same time, it is necessary to consider, that some components of the future PDS also can have a military application. Under pretence of creation PDS, new samples of the weapon can be tested in space. That can lead to transformation of space into new sphere of placement of the weapon and a potential battlefield.

Authors suggest a complex of measures to be done at the state and international level to prevent such situation. In particular, the structure and the scheme of functioning of the regional Planetary Defense Centers are offered and questions of legal regulation of their work are considered. The analysis of possible scenarios of the succession of events connected with the advent of space threat and questions of the notification about it, is done

It is offered to accept a unit of measure «Tunguska» as an estimation of scales of accidents as a result of falls of celestial bodies.

References

- [1]. Bashilov A.S., Konyukhov S.N., Pichkhadze K.M., Pobedonostsev K.A., Volk I.P., Zaitsev A.V. The Planetary Defense System "Citadel", Proposals // Planetary Defense Center. 2001. 23 p.
- [2]. Zaitsev A.V. Some of Problems and Sequences of Development of the Planetary Defense System // Chelyabinsk Scientific Center News, Special Issue "Space Protection of the Earth", 1997. P. 243-246.
- [3]. Zaitsev A.V., Klapovsky A.A., Koulík S.V. Organizational and legal aspects of the Planetary Defense System creation and application // All-Russian conference "Asteroid and Comet Hazard – 2005" (ACH-2005). Materials of the Conference. St. Petersburg. IAA of RAS, 2005. P. 148-150.

Международный проект «Цитадель-1» - реальная основа для обеспечения планетарной безопасности

А.В. Зайцев¹, Д.В. Петров², О.Н. Шубин²

¹ НП «Центр планетарной защиты», г. Химки, Россия. E-mail: pdc@berc.rssi.ru

² Росатом, г. Москва, Россия.

В докладе представлены результаты проработок проектного облика эшелона оперативного реагирования «Цитадель-1», выполненных на основе Концептуального проекта Системы планетарной защиты (СПЗ) «Цитадель» [1-3]. Данный эшелон СПЗ предназначен для защиты Земли от астероидов и ядер комет диаметром от десятков до сотен метров с подлетным временем от нескольких суток и выше.

Разработана схема построения эшелона и его функционирования. Она предусматривает, после обнаружения опасного объекта, запуск к нему космических аппаратов (КА) – разведчиков, а за ними - перехватчиков со средствами воздействия на борту [4]. С их помощью этот объект будет отклонен с попадающей траектории или разрушен.

Определен проектный облик основных компонентов эшелона – КА для обнаружения, изучения и перехвата опасных небесных тел, а также средств выведения этих КА.

Проработки базируются на российско-украинских технологиях [5], но они подразумевают использование всех лучших достижений человечества при разработке международного проекта СПЗ.

Отмечается возможность взаимодействия эшелона оперативного реагирования со средствами ракетно-космической обороны [6].

Продемонстрирована возможность оперативной защиты от астероидов размером до сотен метров, на примере отклонения с попадающей в Землю траектории астероида Апофис.

Показано, что, при условии принятия на международном уровне соответствующего соглашения и обеспечения финансирования, эшелон СПЗ «Цитадель-1» может быть создан в течение 5-7 лет, что поможет полностью решить задачу защиты Земли от астероидной и, частично, кометной опасности.

Литература

- [1] Ковтуненко В.М., Зайцев А.В. и др. Принципы построения Системы защиты Земли от астероидов и комет. Инженерная записка. НПО им. С. А. Лавочкина, НИЦ им. Г.Н. Бабакина, 1995. 69 с.
- [2] Зайцев А.В. Система планетарной защиты "Цитадель". Концептуальный проект. НПО им. С.А. Лавочкина, 2000. 70 с.
- [3] Башилов А.С., Волк И.П., Зайцев А.В., Конюхов С.Н., Пичхадзе К.М., Победоносцев К.А. Система планетарной защиты "Цитадель". Предложения. НП «Центр планетарной защиты», 2001. 23 с.
- [4] Shubin O.N., Nechai V.Z., Nogin V.N., Petrov D.V., Simonenko V.A. Nuclear Explosion Near Surface of Asteroids and Comets. Common Description of the Phenomenon // Proceeding of the Planetary Defense Workshop Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA, May 22-26, 1995. P. 383—396.
- [5] Slyunyayev M., Konyukhov S. About part of space experiment in solving problem to protect the Earth against collision with asteroid // Proceedings of the 54th International Astronautical Congress, Bremen, 2003, Ukraine, "Yuzhnoye" Design Office.
- [6] Арсеньев Г.И., Семенов Б.И., Торговкин С.Н., Трекин В.В. Двойное использование систем ракетно-космической обороны в интересах решения проблемы астероидно-кометной опасности // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2006. Т.4. № 5.

The international project «Citadel-1» is a real basis for guarantee of planetary safety

A.V. Zaitsev¹, D.V. Petrov², O.N. Shubin²

¹ NPP «Planetary Defense Center», Khimki, Russia. E-mail: pdcc@berc.rssi.ru

² Rosatom, Moscow, Russia.

In the report presented results of studies of design appearance of an echelon of short-term reaction «Citadel-1», executed on the basis of the Conceptual project of the Planetary Defense System (PDS) "Citadel" [1-3]. This echelon PDS is intended for defense of the Earth against asteroids and nuclei of comets in diameter from tens meters (like Tunguska) up to hundreds meters with warning time from several day and above.

The schematic of architecture and operation of the echelon is developed. It provides, after detection of dangerous object, launch to it of reconnaissance spacecraft (SC) and behind them interceptors SC with devices of mitigation on-board [4]. With their help this object will be deflected from the Earth hitting trajectory or destroyed.

The design appearance of the basic components of an echelon - SC for detection, investigation and interception of dangerous celestial bodies, and also means of launch these SC is determined.

The project is based on the Russian-Ukrainian technologies [5], but use of all best achievements of mankind for development of international project of PDS provided for in it.

The opportunity of interaction of an echelon of short-term reaction with means of Missile Space Defense systems [6] is marked.

The opportunity of operative defense from asteroids in the size up to hundreds meters, on an example of a deviation of a trajectory of asteroid Apophis, is demonstrated

It is shown that under condition of acceptance of the corresponding agreement at the international level and providing of financing, echelon «Citadel-1» of the PDS can be created within 5-7 years. It will help to solve completely a problem of defense of the Earth from asteroids and, partially, comets' nuclei

References

- [1]. Kovtunenkov V. M., Zaitsev A.V. and others. Foundations of the development of the Earth Defense System against asteroids and comets. Technical note. Lavochkin Association, Babakin Space Center, 1995. 69 p.
- [2]. Zaitsev A.V. The Planetary Defense System "Citadel", the conceptual project. Lavochkin Association, 2000. 70 p.
- [3]. Bashilov A.S., Konyukhov S.N., Pichkhadze K.M., Pobedonostsev K.A., Volk I.P., Zaitsev A.V. The Planetary Defense System "Citadel", Proposals. Planetary Defense Center, 2001. 23 p.
- [4]. Shubin O.N., Nechai V.Z., Nogin V.N., Petrov D.V., Simonenko V.A. Nuclear Explosion Near Surface of Asteroids and Comets. Common Description of the Phenomenon // Proceeding of the Planetary Defense Workshop Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA, May 22-26, 1995. P. 383–396.
- [5]. Slyunyayev M., Konyukhov S. About part of space experiment in solving problem to protect the Earth against collision with asteroid // Proceedings of the 54th International Astronautical Congress, Bremen, 2003, Ukraine, "Yuzhnoye" Design Office.
- [6]. Arsenyev G.N., Semyonov B.I., Torgovkin S.N., Trekin V.V. The possibility of two-fold use of a missile-space defense systems for solving the problem of asteroid-comet hazard // Information-measuring and Control Systems. 2006. V. 4. № 5.

О предотвращении возможного столкновения астероида Apophis с Землей

В.В. Ивашкин

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

E-mail: Ivashkin@Keldysh.ru

К.А. Стихно

НПО им. С.А. Лавочкина, ФКА, Химки, Россия. E-mail: stikhno@laspace.ru

Тунгусское событие 1908 года показало важность проблемы космической опасности для Земли [1]. Предстоящие сближения с Землей астероида Apophis, в результате которых возможно его столкновение с Землей с существенно большей энергией соударения, не только подтверждают реальность этой опасности, но и требуют научно-технического анализа проблемы и принятия мер по обеспечению безопасности Земли [2].

В работе исследуется проблема предотвращения возможного столкновения астероида Apophis с Землей. В соответствии с выполненными наблюдениями астероида и его орбитой, определенной на их основе [3], астероид Apophis в 2029 г. пролетит на расстоянии ~ 40 тыс. км от центра Земли. Однако в «трубке» его траекторий, определяемой ошибками наблюдений и ошибками определения орбиты, существуют траектории астероида, которые близки к номинальной и приводят к его соударению с Землей при следующем сближении в 2036 г. В работе анализируется задача коррекции орбиты астероида для предотвращения этого столкновения.

Предложен метод поиска орбит астероида в его трубке, сталкивающихся с Землей. На этой основе найдено семейство траекторий астероида, приводящих к соударению с Землей в 2036 г. [2]. Исследованы их характеристики, последствия возможного столкновения.

Выполнен анализ задачи коррекции опасной орбиты астероида, с целью предотвратить его столкновение с Землей в 2036 г. Исследованы различные стратегии коррекции: для случаев одного-двух кратковременных импульсных [2] или слабых длительных воздействий. Показано, что исправление опасной орбиты астероида желательнее провести до его сближения с Землей в 2029 г. В этом случае энергетические расходы на коррекцию будут существенно меньше, чем после этого сближения. Оценены параметры ударно-кинетического, термоядерного и слабого гравитационного воздействий для реализации коррекции орбиты астероида.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (Грант № 06-01-00531) и Программы поддержки ведущих научных школ (Грант № НШ-2448.2006.1).

Литература

- [1]. *The Spaceguard Survey: Report of the NASA International Near-Earth-Object Detection Workshop.* January 25, 1992. Edited by D. Morrison. JPL/California Institute of Technology, Pasadena, California, USA. 1992.
- [2]. *Ивашкин В.В., Стихно К.А.* О проблеме коррекции орбиты сближающегося с Землей астероида (99942) Apophis. // Доклады Академии Наук. 2008. Т. 419. № 5.
- [3]. *Язудина Э.И., Шор В.А.* Орбита АСЗ (99942) Apophis = 2004 MN4 из анализа оптических и радарных наблюдений // Всероссийская конференция «Астероидно-кометная опасность-2005» (АКО-2005), Санкт-Петербург, 3-7 октября 2005 г. Материалы конференции. СПб: ИПА РАН, 2005. С. 355-358.

On prevention of possible collision of asteroid Apophis with Earth

V.V. Ivashkin

Keldysh Institute of Applied Mathematics, RAS, Moscow, Russia.

E-mail: Ivashkin@Keldysh.ru

C.A. Stikhno

Lavochkin Association, FSA, Khimki, Russia. E-mail: stikhno@laspace.ru

The Tunguska event of 1908 showed importance of the space hazard problem for the Earth [1]. The forthcoming approachings of the asteroid Apophis to the Earth, which can lead it into collision with the Earth for essentially higher energy of the impact, not only confirm the reality of this hazard but also require to perform scientific and technology analysis of the problem and to take some arrangements in mitigation of this hazard [2].

A hazard mitigation problem for the possible Apophis-Earth collision is analyzed in the paper. According to the asteroid observations performed and the asteroid orbit calculated on the base of these observations [3], the asteroid Apophis will fly in 2029 at ~ 40 thousand km distance from the Earth without the collision. However, a “tube” of its trajectories that is defined by the errors of the observations and by the errors of the orbit determination has some its trajectories, which are close to the nominal one, but will lead to an impact on the Earth in 2036. Because of this, it is important to analyze the characteristics of the possible prevention of this collision. The paper gives an analysis of the Apophis orbit correction problem to prevent this collision.

A method to find the asteroid orbits in its “tube”, which have the impacts on the Earth, is proposed. On this base, there is determined a set of the asteroid’s trajectories that collide with the Earth in 2036 [2]. There are investigated the characteristics of these trajectories, the consequences of this possible impact.

The necessary correction of the asteroid orbit to deflect it from the Earth in 2036 is analyzed. Some correction strategies are investigated: for the cases of one-two impulsive short-term effects [2] and slow long-term ones. It is shown that the correction is desirable to be performed before the asteroid-Earth approaching in 2029. In this case, the energy consumption for the correction will be less considerably than after this approaching. Parameters of the impact-kinetic effect, nuclear one as well as slow gravity influence (“gravity tractor”) for this correction are estimated.

The study is supported by the Russian Foundation for Basic Studies (Grant № 06-01-00531) and by Program for the Support of the Leading Scientific Schools (the Grant NSh-2448.2006.1).

References

- [1]. *The Spaceguard Survey: Report of the NASA International Near-Earth-Object Detection Workshop.* January 25, 1992. Edited by D. Morrison. JPL/California Institute of Technology, Pasadena, California, USA. 1992.
- [2]. *Ivashkin V.V., Stikhno C.A.* On a problem of the orbit correction for the near-Earth asteroid (99942) Apophis // *Doklady Physics.* 2008 V. 53, № 5. © Pleiades Publishing, Inc.
- [3]. *Yagudina E.I., Shor V.A.* The orbit determination of (99942) Apophis=2004 MN4 from optical and radar data // All-Russian Conference “Asteroid-Comet Hazard-2005”, Oct. 2005, St. Petersburg. Materials of the Conference. SPb: Institute of Applied Astronomy of RAS, 2005. P. 355-358.

О возможности повторного взрыва в антиподе места падения крупного метеорита

П.Ф. Коротков

Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия.

E-mail: PFK @ physics. mipt. ru

На больших расстояниях волны мощных взрывов из-за поглощения и рассеяния высоких частот превращаются в цуг инфразвуковых колебаний, которые распространяются очень далеко благодаря наличию в атмосфере звуковых каналов. При приближении к антиподу амплитуда инфразвуковых колебаний сильно возрастает и нелинейные эффекты могут привести к образованию ударной волны, то есть к еще одному взрыву. В работе получено условие, при котором возможно такое явление. Были рассмотрены инфразвуковые волны, вызванные падением Тунгусского метеорита, и волны от самых больших ядерных взрывов

On the possibility of a second explosion in the antipode of a large meteorite falling place

P.F. Korotkov

Moscow Institute of Physics and-Technology, Dolgoprudny, Russia.

E-mail: PFK @ physics. mipt. ru

At long distances blast waves of great explosions transforms into a number infrasonic oscillations because of dissipation and scattering of high frequencies. They propagate a long way owing to atmospheric acoustic waveguides. Approaching the antipodes amplitudes of infrasonic oscillations increase and because of non-linear effects may be transformed into shock waves that is the second explosion. Conditions for such phenomena obtained in this paper. It was investigated the infrasonic waves caused the by Tunguska meteorite falling and the waves from the great nuclear explosions.

Экологические и социотехноприродные аспекты астероидно-кометной опасности и защиты от нее

С.В. Кричевский

Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия. E-mail: svkrich@mail.ru

Основными экологическими аспектами астероидно-кометной опасности (АКО) и защиты от нее являются:

1) риски, воздействия и последствия АКО для человека, общества, государства, окружающей среды (Земли, ее биосферы, а также околоземного космического пространства и т.д.).

2) риски, воздействия и последствия, связанные с техническим противодействием АКО, созданием и использованием активной системы защиты Земли (СЗЗ).

Существует сложная проблема минимизации совокупности рисков, воздействий и последствий АКО и СЗЗ в пространстве, охватывающем Землю и околоземное космическое пространство (ОКП), включая Луну и всё поле тяготения Земли в $R \sim 1$ млн км, в том числе в связи с экспансией человечества в космос и освоением ОКП в XXI веке.

Целесообразно рассматривать и решать проблему АКО и защиты от нее как глобальную экологическую проблему применительно к сверхсложным и сверхглобальным социотехноприродным (СТП) системам, включающим социальную и техническую инфраструктуру, и компоненты окружающей природной среды. Необходимо проведение оценок воздействий на окружающую среду, независимой международной экологической экспертизы программ и проектов реализации СЗЗ, технологий защиты от АКО, с охватом соответствующих СТП-систем в сфере аэрокосмической деятельности, с учетом экономических, технических, экологических и других ограничений, в целях минимизации рисков, воздействий и последствий на основе применения альтернативных и наилучших доступных технологий.

В перспективе, по мере расширения экспансии человечества в космос, колонизации Солнечной системы (Марса и др.), защищаемое от АКО пространство должно с опережением расширяться, с учетом экологических и СТП-аспектов.

Литература

- [1] *Зайцев А.В.* Земле потребуется «Цитадель»: Планетарная безопасность – категория весьма конкретная // Военно-промышленный курьер. 2007. №31 (197).
- [2] *Кричевский С.В.* Астероидно-кометная опасность и защита от нее как глобальная экологическая проблема (методологические и исторические аспекты) // ИИЕТ РАН. Годичная научная конференция, 2002 / Отв. ред. В.М. Орел. М., 2002. С. 471–474.
- [3] *Кричевский С.В.* Аэрокосмическая деятельность: методологические, исторические, социоприродные аспекты: Монография. М., 2007.
- [4] *Пилотируемая экспедиция на Марс* / Под ред. А.С. Коротеева. М., 2006.

Ecological and socio-techno-natural aspects of asteroidal-cometary hazard and protection against it

S.V. Krichevsky

Russian Academy of Public Administration under the auspices of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia. Email: svkrich@mail.ru

Basic ecological aspects of asteroidal-cometary hazard (ACH) and protection against it are:

1) risks, impacts and consequences of ACH for human being, society, state, environment (Earth, its biosphere, as well as, near-Earth space, etc.).

2) risks, impacts and consequences related to technical counteraction to ACH as well as active Earth protection system (EPS) creation and usage.

There is a complicated problem of risks aggregate, impacts and consequences of ACH & EPS minimizing in a field of Earth and near-Earth space (NES), including the Moon and Earth gravitation field within $R \sim 1$ mln km, particularly connected to mankind space expansion and NES research in XXI century.

It is reasonable to consider and solve ACH problem and protection against it as a global ecological problem applied to hypercomplex and superglobal socio-techno-natural (STN) systems including social and technical infrastructure and components of environment. It is necessary to carry out environment impact assessments, autonomous international environmental impact audit of programs and projects of EPS realization, protection against ACH technologies, covering corresponding STN-systems in aerospace activity sphere, considering economical, technical, ecological and others limits in order to minimize various risks, impacts and consequences based on alternative and top accessible technologies usage.

In the long view, as mankind space expansion & Solar system colonization (Mars, etc.) intensifies, a field of protection against ACH should be sufficiently widen, considering ecological and STN-aspects.

Literature (list of reference):

- [1]. Zaycev A.V. Earth will need "Citadel": planetary safety is extremely concrete // Military-industrial courier. 2007. # 31 (197). (Russia).
- [2]. Krichevsky S.V. Asteroidal-cometary hazard and protection against it as a global ecological problem (methodological & historical aspects) // Institute for history of science and technology (IHST) of Russian Academy of Sciences (RAS). Annual scientific conference, 2002 / Executive editor Oryol V.M. Moscow, 2002. Pp. 471-474.
- [3]. Krichevsky S.V. Aerospace activity: methodological, historical, socio-natural aspects: Monograph. Moscow, 2007.
- [4]. Pilot mission to Mars / Under the editorship of Koroteev A.S. Moscow, 2006.

Защита от астероидно-кометной опасности как приоритет стратегий деятельности России и мирового сообщества в XXI веке

С.В. Кричевский

Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия. E-mail: svkrich@mail.ru

В XXI вв. проблема астероидно-кометной опасности (АКО) все более адекватно воспринимается и оценивается в России и мировом сообществе. Вместе с тем глобальная проблема защиты от АКО еще не стала приоритетом в национальных и международных программах и стратегиях освоения космоса, аэрокосмической деятельности (АКД), развития и безопасности государств и всего человечества.

Разрабатываемый в России проект Федеральной целевой программы по проблеме АКО имеет низкий приоритет, направлен на ее исследование, но не на ускоренное решение.

Существующий Комитет ООН по космосу, где в последние годы начались и идут обсуждения проблемы защиты от АКО, малоэффективен для решения проблемы.

Целесообразно выделение задачи защиты от АКО как стратегического приоритета для России и мирового сообщества, объединения усилий и ресурсов, начиная с ведущих государств мира (Европейского Союза, России, США и др.), и создания международной системы защиты Земли (МСЗЗ) путем объединения сегментов (подсистем) существующих и перспективных систем Воздушно-космической обороны, с развитием для борьбы с АКО.

Необходимы:

1) разработка и реализация новых общих «правил игры», единой стратегии и систем управления сферой АКД для решения приоритетной задачи защиты от АКО на национальном и международном уровнях, в том числе - создание специального органа в виде Международного аэрокосмического агентства под эгидой ООН (по аналогии и во взаимодействии с МАГАТЭ) как интегратора системы МСЗЗ, с учетом сложных коллизий обеспечения стратегической безопасности, нераспространения ядерного оружия и др.;

2) поэтапное создание активной МСЗЗ от АКО для Земли и всего ОКП (в R ~ 1 млн км);

3) реальное использование МСЗЗ для защиты от угрожающих объектов АКО, начиная с 20-х-30-х гг. XXI в.

Защита от АКО должна стать одним из приоритетов при реализации стратегии перехода к устойчивому развитию в России и мире, для решения глобальных проблем человечества.

Предлагается инициировать Всемирную конференцию под эгидой ООН по проблеме защиты от АКО.

Литература

- [1]. Кричевский С.В. Стратегия освоения космоса в XXI веке: социоприродная концепция // Государственная служба. 2007. № 4.
- [2]. Кричевский С.В. Аэрокосмическая деятельность: методологические, исторические, социоприродные аспекты: Монография. М., 2007.
- [3]. Ученые создают каталог опасных для Земли астероидов // ИА Росбалт. 2006. 4 апреля. – <http://www.rosbalt.ru/print/249340.html>
- [4]. Integrated Space Plan. Version 3.0. April 1992. Produced by Ronald M. Jones. Visionary enterprises. Huntington Beach, California, 1992.

Protection against asteroidal-cometary hazard as a priority of activity strategies for Russia and world community in XXI century

S.V. Krichevsky

Russian Academy of Public Administration under the auspices of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia. Email: svkrich@mail.ru

In XXI century a problem of asteroidal-cometary hazard (ACH) is being accepted and evaluated more and more sufficiently in Russia and world community. At the same time, the global problem of protection against ACH has not yet become a priority in national and international programs and strategies of space exploration, aero-space activity (ASA), state and whole mankind evolution & safety.

A project of Federal Target Program upon ACH problem, elaborated in Russia, having low priority is aimed on its research, but not on accelerated solution.

Current UN Space Committee have started and further discussions upon protection against ACH in recent years but still is inefficient in solving the problem.

It is reasonable to emphasize a mission of protection against ACH as a strategic priority for Russia and world community, integrating efforts and resources together with the leading world states (European nations, Russia, USA, etc.) in order to create international system of Earth protection (ISEP) by uniting existing and further aerospace defense system segments (subsystems) to fight against ACH.

It is necessary to:

1) develop and realize common new “rules of the game”, united strategy and system of ASA sphere management to solve priority task of protection against ACH both on national and international levels, including a creation of special operating body such as International aerospace agency under the egis of the UN (similarly to and in cooperation with IAEA) as an ISEP system integrator, considering complicated collisions of strategic safety security, non-proliferation of nuclear arms, etc;

2) start a phased creation of active ISEP from ACH for Earth and near-Earth space, $R \sim 1$ mln km;

3) provide ISEP practical use to protect against threatening ACH objects by 20-30s years of XXI century.

Protection against ACH has to become one of the highest priorities in realizing transition strategy of sustainable development in Russia and the world in solving global problems of mankind.

It is suggested to initiate an International conference under the egis of the UN upon a problem of protection against ACH.

Literature (list of reference):

- [1] *Krichevsky S.V. Cosmic exploration strategy in XXI: socio-natural conception // Public Administration, 2007. N 4. (Russia).*
- [2] *Krichevsky S.V. Aerospace activity: methodological, historical, socio-natural aspects: Monograph. Moscow, 2007.*
- [3] *Scientists create Earth Potentially Hazardous Asteroids (PHA) catalogue // IA Rosbalt. April 4, 2006. (Russia).*
- [4] *Integrated Space Plan. Version 3.0. April 1992. Produced by Ronald M. Jones. Visionary enterprises. Huntington Beach, California, 1992.*

Биотический кризис позднего плейстоцена – раннего голоцена: космическая катастрофа?

К.Г. Леви

Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия. E-mail: levi@ crust.irk.ru

В 2007 г. в зарубежной периодике обсуждалась гипотеза, объясняющая быструю гибель мамонтовой фауны на рубеже плейстоцена-голоцена, последовавшую в результате взрыва кометного ядра над Северной Америкой в окрестностях Великих Озер. Однако импактной структуры соответствующей этому событию найдено не было.

Автор доклада, располагая обширной коллекцией радиоуглеродных дат различных геологических, геоархеологических и биологических объектов, решил проверить эту гипотезу на основе статистического анализа ^{14}C датировок. В результате выяснилось, что в Северной Евразии катастрофически быстрое вымирание мамонтов началось около 10-11 тыс. лет назад. Это сопровождалось усилением селевой и обвальнo-осыпной деятельности и софазным проявлением сейсмичности и вулканизма, процессов проявляющихся обычно в противофазе. Начавшееся голоценовое потепление резко сменилось похолоданием, длившимся около 1000 лет. На наш взгляд, причиной такой резкой природной перестройки действительно мог явиться взрыв кометного ядра, но не над Северной Америкой, а над Северной Евразией. Следом этой катастрофы следует считать импактный кратер Жаманшин в Приаралье, детально изученный Э.П. Изохом в 90-х годах прошлого века. Взрыв кометного ядра сопровождался выпадением тектитового «дождя». Диаметр кратера – 14 км, мощность взрыва – 10^{18} - 10^{20} Дж. Время взрыва – конец позднего плейстоцена – начало голоцена (10-11 тыс. лет назад).

Biological crisis of late Pleistocene - early Holocene: Space catastrophe?

K.G. Levi

Institute of the Earth's crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Irkutsk, Russia. E-mail: levi@ crust.irk.ru

In 2007 in the foreign periodical press the hypothesis explaining fast destruction mammoth's fauna on a boundary of pleistocene - holocene, followed was discussed as a result of explosion comet's nucleus above Northern America in vicinities of Great Lakes. However impact structure corresponding to this event it has not been founded.

The author of the report, having an extensive collection of radiocarbon dates of various geological, geoarchaeological and biological objects, has decided to check up this hypothesis on the basis of the statistical analysis ^{14}C datings. In result it was found out, that in Northern Eurasia catastrophically fast extinction of mammoths began about 10-11 thousand years ago. It was accompanied by strengthening mood flow and landslide activity both co-phase display of seismicity and volcanics activity shown usually in an antiphase. Begun holocene warming was sharply replaced by a cold snap continued about 1000. In our opinion, the reason of such sharp natural reorganization explosion comet's nucleus, but not over Northern America, and above Northern Eurasia really could be. After this accident it is necessary to count impact crater Zhamanshin near Aral sea, in details investigated by E.P.Izokh in 90th years of the last century. Explosion comet nucleus was accompanied by loss tectite's "rain". Diameter of a crater - 14 km, capacity of explosion - 10^{18} - 10^{20} J. Time of explosion - the end late pleistocene - the beginning holocene (10-11 thousand years ago).

Астероидно-кометная опасность: состояние проблемы

Д.Ф. Лупишко

НИИ астрономии Харьковского национального университета им В. Н. Каразина, Украина.

E-mail: lupishko@astron.kharkov.ua

К настоящему времени открыто и каталогизировано около 5500 астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ). Это объекты особого интереса прежде всего с точки зрения космогонии Солнечной системы. В последние годы весьма актуальными стали также прикладные аспекты изучения АСЗ, которые могут иметь решающее значение для земной цивилизации в будущем. С одной стороны, они рассматриваются, как потенциальные источники металла и другого минерального сырья в околоземном космическом пространстве. А с другой - быстро возрастающее число открытых объектов и оценки их общего количества очень остро ставят проблему возможного столкновения их с Землей. Опасность столкновения астероидов и комет с Землей существовала всегда, однако осознание ее реальности происходит только сейчас. Согласно существующим оценкам число АСЗ с $D \geq 1$ км составляет 1000 ± 50 . Столкновение любого из них с Землей может привести к глобальным изменениям экологии на Земле и поэтому представляет реальную угрозу для всего человечества. Число АСЗ размером $D \geq 100$ м (локальная или региональная катастрофа) оценивается в 100-200 тыс. Проблема состоит в том, что к настоящему времени обнаружено и каталогизировано только около 80% АСЗ крупнее 1 км в диаметре и намного меньше объектов с $D \geq 100$ м. Вероятность столкновения с Землей любого из них пренебрежимо мала, однако в силу большого их числа частота столкновений составляет $10^{-6} \div 10^{-7}$ для тел с $D \geq 1$ км и $10^{-3} \div 10^{-5}$ для тел с $D \geq 100$ м (10^{-2} для астероидов поперечником в 30 м). Частота столкновений для тел, подобных Тунгусскому (50-60 м), составляет $3 \cdot 10^{-2}$. Знаменитый Аризонский кратер (США) и множество других более древних кратеров на Земле, Тунгусское событие лета 1908 г., ударные кратеры на Луне, Марсе и его спутниках и даже на малых астероидах – все это следы космических катастроф на нашей планете или вблизи нее. Уникальное событие в июле 1994 г. - столкновение кометы Шумейкера-Леви с Юпитером, предсказанное астрономами за год вперед, явилось как бы предупреждением для нас о том, что подобные катастрофы в Солнечной системе – это реальность наших дней. Восприятие абстрактной угрозы столкновения Земли с достаточно крупным космическим телом превратилось в осознание серьезной опасности. В последнее десятилетие активность научной общественности в решении этой проблемы сильно возросла. Предпринимаются усилия также на уровне национальных ведомств (НАСА, Космические агентства ряда стран), Совета Европы, ряда правительств. В 1998 г. в ответ на директиву Конгресса США НАСА поставило задачу обнаружения и каталогизации за 10 ближайших лет 90% АСЗ крупнее 1 км, которая сейчас успешно выполняется в рамках программ Spacewatch, LINEAR, LONEOS, NEAT и др. И, как результат, число обнаруживаемых АСЗ резко возросло и продолжает возрастать. В 2007 г. правительством США приняло решение о выделении средств на новую программу до 2020 г. по обнаружению, каталогизации и изучению 90% потенциально опасных АСЗ крупнее 140 м. Ее выполнение существенно уменьшит угрозу локальных и региональных катастроф. Проблема астероидно-кометной опасности интернациональна по своей природе. Примечательным является то, что нынешний уровень развития науки и технологии позволяет решать задачу защиты от угрозы из космоса. Воспользуется человечество этим шансом или нет – зависит сейчас не столько от ученых, сколько от правительств крупнейших государств.

Asteroid-comet hazard: state of the problem

D.F. Lupishko

Institute of Astronomy of V.N. Karazin Kharkov National University, Ukraine.

E-mail: lupishko@astron.kharkov.ua

About 5500 near-Earth asteroids (NEAs) are discovered to-date and the rate of their discovery continues to increase. They are objects of special interest primarily from the point of view of Solar system cosmogony (their origin, life-time in the Earth-crossing orbits, possible genetic relation with comets and meteorites, etc.). In recent years the applied aspects of NEA study has become more and more evident, and they can be of critical importance for the Earth's civilization in the future. On the one hand, the NEAs are considered to be a potential source of metal and other raw materials in the nearest to the Earth space. On the other hand, the fast-increasing number of discovered objects in near-Earth orbits and estimated their total number poses the problem of the impact hazard as an urgent one. There has always been a regular threat of asteroid or comet collisions with the Earth but only now we begin to understand its reality. According to the current estimates, the number of Earth-approaching asteroids larger than 1 km in diameter is 1000 ± 50 . The collision of each one with the Earth would be an extreme hazard to the climate and life on our planet on the global scale. The number of NEAs larger than 100 m (local or regional catastrophe) is about $(1 \div 2) \cdot 10^5$. The problem is that at present the orbits are known for about 80% of NEAs with $D \geq 1$ km, and for much fewer objects with $D \geq 100$ m. The probability of collision of any of them with the Earth is extremely low. However due to a very large number of them the estimated collision frequency is $10^{-6} \div 10^{-7}$ for $D \geq 1$ km and $10^{-3} \div 10^{-5}$ for $D \geq 100$ m objects (10^{-2} for an asteroid of about 30 m in size). The frequency of collisions with the bodies like Tunguska (50-60 m in size) is equal to one chance in every 300 years. The famous Meteor Crater in Arizona (USA) and many other ancient craters on the Earth, the Tunguska event of 1908 (Russia), a great number of impact craters on the Moon, Mercury, Mars and its moons, and even on the small asteroids – all of these are the direct evidence of cosmic catastrophes on our planet or close to it. The unique event of July 1994 – the Shoemaker-Levy comet's crash into Jupiter, a beautiful spectacle of nature that was successfully predicted one year in advance – was a serious warning for us that such catastrophes are the reality of nowadays. After that the problem of asteroid-comet hazard has been transformed from a theoretical curiosity into a very distinct reality. Over the last decade the activity of international scientific community in solving of asteroid-comet hazard problem has greatly increased. Some efforts are also undertaken at the level of national departments (NASA, Space Agencies of some countries), interstate organizations (Europe Council), and some of the governments. In reply to the U.S. Congress' directive, NASA in 1998 has set a task of discovery and cataloging 90% of NEAs larger than 1 km in diameter over a period of 10 years. A number of dedicated surveys (Spacewatch, LINEAR, LONEOS, NEAT and others) has been started and, as a result, the number of discovered and catalogued near-Earth objects is greatly increasing. The new important step in the problem solving was made in 2007. The USA Government appropriates funds for beginning the new Survey Program of detecting, tracking, cataloging and characterizing 90% of all potentially hazardous objects greater than 140 meters by the end of 2020. The execution of the Program will be able to reduce the risk from smaller sub-km NEAs by 90%. The problem of the potential cosmic hazard is international in its nature. One significant issue is that the level of science and technology is already high enough to protect ourselves from a collision with dangerous space bodies. Whether or not we will take this chance it depends not so much on the scientists as on our governments.

Концепция перспективного устройства генерации направленного и когерентного гамма-излучения большой мощности как элемента системы защиты Земли от астероидно-кометной опасности

В.Н. Моторин

Некоммерческая организация по поддержке научно-технических и культурно-просветительских программ «Русский фонд», Москва, Россия, www.rufund.ru,

E-mail: motorin@rufund.org

С.К. Крикалёв

лётчик-космонавт, E-mail: krikalev@rufund.org

В 2004 году в открытом патенте РФ RU 2243621 «Способ получения направленного и когерентного гамма-излучения и устройство для его реализации» была предложена научно-обоснованная концепция перспективного способа отклонения опасных космических объектов и устройства, потенциально способного преодолеть проблемы массы и эффективности воздействия аппарата-перехватчика на опасный космический объект.

Результаты предварительного анализа предложенной технологии перехвата и самого устройства демонстрируют ряд преимуществ перед другими способами воздействия на опасные космические объекты (в том числе ядерными и кинетическими способами), в отношении:

- преобразования энергии ядерного взрыва в отклоняющее воздействие;
- возможности реализации миссии космического аппарата-перехватчика;
- вероятности успешного перехвата опасного космического объекта;
- безопасности;
- эффективности затрат.

В случае комплексного научного подтверждения предложенной концепции, оснащённые подобным Устройством космические аппараты-перехватчики, могли бы стать ключевым элементом перспективной системы защиты Земли от астероидно-кометной опасности.

Conception of perspective device for generation of directed and coherent gamma-radiation of high power as an element of the Earth defense system from asteroid and comet hazard

V.N. Motorin

*Non-commercial organization supporting technical science and social programs "Russian Fund",
Moscow, Russia, www.rufund.ru,
E-mail: motorin@rufund.org*

S.K. Krikalev

space pilot, E-mail: krikalev@rufund.org

In 2004 in the opened for public patent of Russian Federation RU 2243621 «Method and device for generation of directed and coherent gamma-radiation» there have been proposed a science-based conception of a perspective method for deflection hazardous space objects and a device which potentially is capable to overcome problems of mass and impact effectiveness of an interceptor on a hazardous space object.

The results of preliminary analysis of the suggested technology for interception and of the device itself show a range of advantages in comparison to other impact methods on hazardous objects (including nuclear and kinetic methods), in relation to:

- conversion of nuclear explosion energy into a deflection impact;
- ability to accomplish an interceptor mission;
- probability of successful interception of a dangerous space object;
- safety;
- cost effectiveness.

In case of complex scientific approval of the suggested conception equipped with such a device space interceptors could be a key element of the prospective system for Earth-defense from asteroid-comet hazard.

Поток лунных метеоритов на Землю

М.А. Назаров

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

E-mail: nazarov@geokhi.ru

Многочисленные находки лунных метеоритов в Омане и Антарктиде позволяют получить обстоятельные ограничения на интенсивность поступления лунного вещества на Землю. Полученные нами оценки показывают, что годовой поток лунных метеоритов в интервале масс 10-1000 г на всю земную поверхность не должен быть менее сотых долей кг и, скорее всего, составляет десятки или даже первые сотни кг, т.е. первые проценты от общего метеоритного потока. Это отвечает сотням падений лунных метеоритов в год на всю Землю. При этом популяция лунных метеоритов, по-видимому, характеризуется преобладанием более мелких падений по сравнению с общей метеоритной популяцией. Даже небольшие ударные события, образующие на Луне кратеры диаметром менее 10 км, способны поставлять на Землю лунное вещество. При этом от 10 до 100% массы высокоскоростных кратерных выбросов, покидающих Луну, могут улавливаться Землей. Полученные оценки лунного потока довольно оптимистичны для обнаружения новых лунных метеоритов. За фанерозойскую историю (500 млн. лет) на Землю должно поступить более $50 \cdot 10^6$ тонн лунного вещества. Однако метеоритный привнос лунного вещества не имел существенного значения для формирования вещественного состава земной коры даже на стадии интенсивной метеоритной бомбардировки.

Лунные метеориты представительно характеризуют состав лунной коры, что дает возможность оценить состав материковых, морских и переходных (море/материк) районов лунной поверхности. В этих целях использованы данные о 44 лунных метеоритах общим весом 11 кг, представляющих, вероятно, 26 независимых падений. Проведенное исследование показывает, что материковая кора Луны должна быть богаче Са и Al и беднее мафическими и несовместимыми элементами, чем считалось по результатам изучения лунных образцов и первым орбитальным исследованиям. Содержание Ig в материковой коре и анализ лунной кратерной популяции позволяет предполагать, что большая часть лунных импактитов образовалась в результате одного главного ударного события, которое определило их геохимические характеристики. В морских районах должны доминировать низкотитанистые базальты, обогащенные, однако, легкими редкоземельными элементами по сравнению с базальтами, представленными в лунных образцах. В переходных зонах море/материк в качестве характеристического материала возможно присутствие KREEP- и магнезиальных VLT-базальтов. Полученный по химии лунных метеоритов состав материковой коры не противоречит модели лунного океана магмы, но средний состав морских лунных метеоритов не согласуется с этой концепцией и указывает на ассимиляцию KREEP-материала базальтовыми магмами. Метеоритная оценка состава материковой коры подтверждает возможное обогащение Луны труднолетучими и обеднение легколетучими и сидерофильными элементами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 07-05-92165-НЦНИ_a) и Программы №18 Президиума РАН.

The Flux of Lunar Meteorites onto the Earth

M.A. Nazarov

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

E-mail: nazarov@geokhi.ru

Numerous finds of lunar meteorites in Oman and Antarctica allow some constraints to be obtained on the intensity of the transfer of lunar matter to the Earth. Our estimates show that the annual flux of lunar meteorites in the mass interval from 10 to 1000 g to the whole Earth's surface should not be less than several tenths of a kilogram and is more likely equal to tens or even a few hundred kilograms, i.e., a few percent of the total meteorite flux. This corresponds to several hundred falls of lunar meteorites on the Earth per year. As compared to the general meteorite population, small falls are probably more typical in the lunar meteorite flux. Even small impact events producing craters on the Moon less than 10 km in diameter are capable to eject lunar matter to the Earth. In this case, the Earth may capture between 10 to 100% of the mass of high-speed crater ejecta leaving the Moon. Our estimates for the lunar flux imply rather optimistic prospects for the discovery of new lunar meteorites. There should be more than $50 \cdot 10^6$ tons of lunar matter accumulated on the Earth for the Phanerozoic history (500 My). However the lunar meteorite flux did not play any significant role in the formation of the chemical composition of the terrestrial crust, even during the stage of the intense meteorite bombardment.

Lunar meteorites are representative samples of the lunar crust and, therefore, give an opportunity to estimate the composition of highland, mare, and transitional (highland--mare interface) regions of the lunar surface. The databank used in the research comprises data on 44 meteorites weighing 11 kg in total, which likely represent 26 individual falls. Our data demonstrate that the lunar highland crust should be richer in Ca and Al but poorer in mafic and incompatible elements than it was thought based on studying lunar samples and the first orbital data. The Ir concentration in the highland crust and the analysis of lunar crater population suggest that most lunar impactites were formed by a single major impact event, which predetermined the geochemical characteristics of these rocks. Lunar mare regions should be dominated by low-Ti basalts, which are, however, enriched in LREEs compared to those sampled by lunar missions. The typical material of mare--highland interface zones can contain KREEP and magnesian VLT basalts. The composition of the lunar highland crust deduced from the chemistry of lunar meteorites does not contradict the model of the lunar magma ocean, but the average composition of lunar mare meteorites is inconsistent with this concept and suggests assimilation of KREEP material by basaltic magmas. The newly obtained evaluations of the composition of the highland crust confirms that the Moon can be enriched in refractory elements and depleted in volatile and siderophile elements.

Acknowledgements: The study was supported by RFBR (grant # 07-05-92165-HI_а) and Program № 18 of RAS.

Глобальные вымирания биоты, падения космических тел и геологическая цикличность

Г.В. Печерникова, Д.О. Глазачев, А.В. Витязев
Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия.
E-mail: pechernikova@idg.chph.ras.ru

В последние десятилетия получены достоверные данные о массовых вымираниях биоты на протяжении последних 600 млн. жизни Земли. На левом рисунке (по сводным данным) сплошной линией показан график вымираний морских видов (в %), точками – ударные кратеры на поверхности Земли, звездочками отмечены пять наибольших вымираний. Причины этих пяти катастроф широко обсуждаются и до конца не ясны.

Причиной первой (около 65 млн. лет назад) предполагается удар астероида (остаток – кратер Чиксулуб).

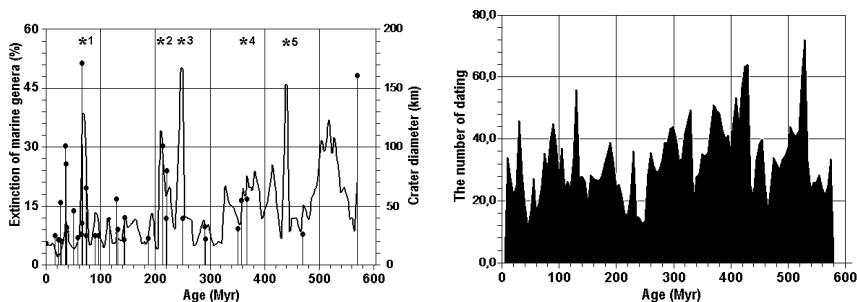
Вторая (грубо от 199 до 214 млн. лет назад), наиболее вероятно, вызвана массивными излияниями лавы в центральной Атлантической провинции (раскрытие Атлантического океана).

В третьем случае (около 251 млн. лет назад) многие исследователи подозревают кометный или астероидный удар, хотя прямых доказательств не было найдено. Другие полагают в качестве причины мощный вулканизм (Сибирские Трапы), третьи – вулканизм, спровоцированный ударом. Эта катастрофа была самой страшной в истории биосферы Земли.

Причина четвертой биокатастрофы (около 364 млн. лет назад) неизвестна.

Пятая (около 439 млн. лет назад), по предположению, была вызвана понижением уровня моря и увеличением солености воды при образовании льдов (оледенение), а затем поднятием уровня моря и уменьшением солености при их плавлении.

В настоящей работе мы ищем взаимосвязь событий в биосфере и геосферах Земли из сопоставления данных по массовым вымираниям морской биоты и импактам (левый рисунок) и данных по геологической активности (правый рисунок*) за один и тот же период (последние 570 млн. лет).



*Рисунок выполнен по данным из работы Ю.А. Балашова «Концепция времени в геологической истории Земли» [Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова. Т. 3. «Новые идеи и подходы к изучению геологических образований». Апатиты: Изд. МУП «Полиграф», 2002, С. 51-75.]

Global mass extinctions of life, impacts and geological cyclicity

G.V. Pechernikova, D.O. Glazachev, A.V. Vityazev
Institute for Dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia,
E-mail: pechernikova@idg.chph.ras.ru

Last decades the reliable data for mass extinctions over last 600 million years of the life-time of the Earth are obtained. In the left figure on summary evidence the solid line indicates percent extinction of marine genera, impact terrestrial craters (solid dots) and the five worst extinctions in Earth's history (stars) are shown. The causes of these five catastrophes are widely discussed and up to the end are not clear.

The first, Cretaceous-Tertiary extinction, about 65 million years ago, probably caused or aggravated by impact of several-mile-wide asteroid that created the Chicxulub crater.

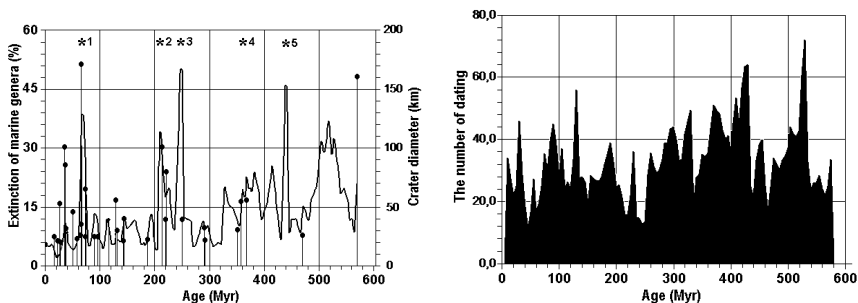
The second, End Triassic extinction, roughly 199 million to 214 million years ago, most likely caused by massive floods of lava erupting from the central Atlantic magmatic province – an event that triggered the opening of the Atlantic Ocean.

The third case is Permian-Triassic extinction, about 251 million years ago. Many scientists suspect a comet or asteroid impact, although direct evidence has not been found. Others believe the cause was flood volcanism from the Siberian Traps. Still others believe the impact triggered the volcanism. This catastrophe was Earth's worst mass extinction.

The fourth, Late Devonian extinction, about 364 million years ago, cause unknown.

The fifth, Ordovician-Silurian extinction, about 439 million years ago, caused by a drop in sea levels as glaciers formed, then by rising sea levels as glaciers melted.

In the present work we search for interrelation of events in biosphere and geospheres of the Earth from comparison of the data on mass extinctions and impacts (the left figure) and the data on geological activity (the right figure*) for the same period (last 570 million years).



*The figure was reproduced from data reported by J.A. Balashov in «Time concept in a geological history of the Earth», [Geology and minerals of the Kola Peninsula, V. 3. «New ideas and approaches to studying of geological formations» - Apatity: Izd. "Polygraph", 2002, P. 51-75.]

О возможности использования лазерных технологий при решении проблем кометно-астероидной опасности

В.П. Савиных¹, В.П. Васильев², И.И. Краснорылов¹

¹Московский государственный университет геодезии и картографии

²Научно исследовательский институт прецизионного приборостроения

E-mail: svp@miigaik.ru

Успешное решение задачи по предотвращению кометно-астероидной опасности, как показано, в частности, в [1], требует решения ряда проблем. Среди них получение данных о физико-химических характеристиках астероидов, прогнозирование их движения и разработка способов воздействия, позволяющих предотвратить или минимизировать последствия столкновения с Землей.

В докладе анализируются возможности использования лазерных технологий для силового воздействия на потенциально опасные (ПО) объекты и в качестве информационно-измерительных средств.

Приводятся результаты расчетов, на основании которых делается вывод о том, что практическое использование лазерных средств для разрушения или изменения траектории ПО объектов связано со значительными трудностями и в настоящее время вряд ли целесообразно.

Более перспективным является использование лазерной техники в качестве информационно-измерительных средств. В этом случае возможно (после детальной проработки) решение следующих задач:

- передача высокодетального изображения небесного тела (НТ) с помощью лазерной линии связи,
- исследование спектральных характеристик НТ,
- траекторные измерения для прогноза движения НТ с использованием наблюдений с космического аппарата (КА), положение которого, в свою очередь, определяется методом лазерной локации с наземных пунктов;
- исследование структуры НТ.

Литература

[1] Савиных В.П., Рыхлова Л.В., Краснорылов И.И. Астероидная опасность: задачи требующие решения. Известия вузов // Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. № 1.

On the possibility of applying laser technologies to solving problems of comet and asteroid impact hazards

V.P. Savinykh¹, V.P. Vasiliev², I.I. Krasnorylov¹

¹ *Moscow State University of Geodesy and Cartography*

² *Research Institute of Precision Instrument Making*

E-mail: svp@miigaik.ru

A successful solution to the problem of the comet and asteroid impact danger as it is shown, in particular, in [1], needs resolution to a number of problems. They include acquisition of data on physical and chemical characteristics of asteroids, forecasting of their motion and development of methods for their influence, allowing comet and asteroid impacts with the Earth to be prevented or their consequences to be minimized.

The report discusses the possibilities of applying laser technologies to potentially hazardous asteroids (PHAs) for force impact on them and as informational and measuring means.

The calculation results are presented that support the conclusion that practical application of laser destructive methods or laser methods for changing the trajectory of PHAs is connected with significant difficulties and hardly expedient now.

Laser techniques hold much promise as informational and measuring means. In this case (after detailed study) the solution to the following problems is possible:

- transfer of high resolution images of heavenly bodies (HB) with the help of laser communication lines,
- research of spectral characteristics of heavenly bodies,
- trajectory measurements for predicting the motions of a heavenly body, through observations from a space vehicle (KA) whose attitude, in its turn, is determined by the method of laser location from ground stations;
- research of the structure of a heavenly body.

References

- [1] *Savinykh V.P., Rykhlova L.V., Krasnorylov I.I.* Asteroid impact Hazard: problems to be resolved. *Izvestiya Vuzov Geodesiya i Aerofotosyomka* (News of Higher Education Institutions. Geodesy and Aero Photosurveying). 2007. № 1.

Модель нестационарного воздействия концентрированных потоков энергии на опасные для Земли космические объекты с целью их отклонения

В.С. Сазонов

*ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»,
Королев, Московская область, Россия, E-mail: astron@tsniimash.ru*

Предложена аналитическая модель воздействия концентрированных потоков энергии, в частности лазерного излучения, на опасные астероиды или кометы с целью их отклонения от Земли. На основе трех законов сохранения, выполняющихся на волне поверхностного испарения, и детонационной аналогии с горением твердых ракетных топлив получено дифференциальное уравнение для температуры фазового перехода во временной области, учитывающее нестационарные эффекты, обусловленные переменностью падающего потока и тепловой инерционностью конденсированного вещества. Представлены результаты модельных численных расчетов в случаях непрерывного и импульсного лазерного воздействия. Рассмотрены также возможные варианты аналитических решений. Знание температуры фазового перехода позволяет легко оценить импульс отдачи и другие параметры, важные при исследовании проблемы увода опасных небесных тел.

Model of transient action of concentrated energy flux on hazardous for Earth cosmic objects for their diverting

V.S. Sazonov

*Central Scientific Research Institute of Mechanical Engineering, Pionerskaya 4,
Korolyov, Moscow region, Russia, E-mail: astron@tsniimash.ru*

An analytical model of action of concentrated energy flux, in particular, of laser radiation, on hazardous asteroids and comets is proposed for their deflection from the Earth. On the base of three conservation laws occurred at the surface evaporation wave and of detonation analogy with the combustion of solid rocket fuel, the differential equation for the temperature of phase transition was obtained in the time region. The equation accounts non-stationary effects caused by change of the incident flux and by the heat inertia of condensed matter. The results of model calculations are presented in the cases of continuous and impulse action. Possible analytic decisions are also considered. The knowledge of the temperature mentioned allows easy to estimate the reactive impulse and other parameters to be important for investigation of diverting hazardous celestial bodies.

Возможное использование систем ракетно-космической обороны в составе СПЗ «Цитадель» для нейтрализации ОКО декаметровых масштабов

Б.И. Семенов¹, В.В. Трекин¹, А.В. Зайцев²

¹4 Центральный научно-исследовательский институт МО РФ, г.Юбилейный, Россия

² НП «Центр планетарной защиты», г. Химки, Россия. E-mail: pdc@berc.rssi.ru

Возникновение астероидно-кометной угрозы наиболее вероятно от встречи с Землей опасных космических объектов (ОКО) размером в десятки и сотни метров, которые могут быть обнаружены за несколько суток или недель до столкновения [1,2].

Доклад посвящен анализу двойного использования систем ракетно-космической обороны (РКО) в качестве компонента регионального эшелона краткосрочного реагирования Системы планетарной защиты (ЭКР СПЗ) [3], находящегося в постоянной готовности, для защиты центральных районов России от ОКО декаметрового масштаба. Несмотря на крайне низкую вероятность подобной ситуации, цена ущерба при этом очень велика. Так, при падении на Москву астероида малых размеров ($D \approx 40-60$ м) погибнет более 10 млн. человек, а ущерб будет составлять примерно 200 триллионов рублей [4]. Угроза таких столкновений возникает как при непосредственной встрече нашей планеты с отдельными ОКО декаметрового масштаба, так и при столкновениях с декаметровыми фрагментами более крупных астероидов или ядер комет, диспергированных в ЭКР СПЗ на удалении нескольких сотен тысяч километров от Земли [3]. Рассмотрение целесообразно провести на примере Тунгусского декаметрового тела, так как это событие детально исследовано в литературе, и поэтому имеются практически все исходные данные для такого анализа.

Проведенные оценки показывают, что, при своевременном обнаружении ОКО наблюдательными средствами ЭКР СПЗ и предварительном целеуказании системам РКО, проблема защиты от тел масштаба Тунгусского метеорита для Московского региона, в принципе, может быть решена, а платой за это является изменение условий работы радиоэлектронных средств [5].

Литература

- [1]. Угроза с неба: рок или случайность? / Под ред. А.А.Боярчука. М.: Космосинформ, 1999.
- [2]. Катастрофические воздействия космических тел / Под ред. В.В.Адушкина, И.В.Немчинова. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.
- [3]. Зайцев А.В. Система планетарной защиты «Цитадель». Концептуальный проект. М.: НПО им. С.А.Лавочкина, 2000.
- [4]. Замышляев Б.В. Проблема астероидной опасности и ее возможные решения // Докл. науч.-практ.конфер. «Проблемы безопасности космического корабля «Планета Земля». М., 2005.
- [5]. Арсеньев Г.И., Семенов Б.И., Торговкин С.Н., Трекин В.В. Двойное использование систем ракетно-космической обороны в интересах решения проблемы астероидно-кометной опасности // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2006. Т.4. № 5.

The possible use of missile-space defense systems as part of the «Citadel» Planetary Defense System for neutralizing hazardous space bodies of decameter scale

B.I. Semyonov¹, V.V. Treckin¹ and A.V. Zaitsev²

¹*4-th Central Scientific-Research Institute of Ministry of Defense of RF, Yubileynyj, Russia.*

²*NPP «Planetary Defense Center», Khimki, Russia. E-mail: pdc@berc.rssi.ru*

The asteroid-comet threat most probably can be caused as a result of encountering of the Earth with hazardous space objects (HSO) of meters which can be detected several days or weeks before encountering [1,2].

The paper is dedicated to the analysis of the two-fold use of Missile Space Defense (MSD) systems as a component of the regional short term reaction tier (STRT) of Planetary Defense System (PDS) [3] which is in a constant alert for defending central regions of Russia from HSO of decameter scale. In spite of highly low probability of the similar situation the cost of the detriment connected with it is very high. So if the asteroid of small sizes ($D \approx 40-60$ m) falls to Moscow, more than 10 million people will perish and the damage will amount to 200 trillion rubles [4]. The threat of such encounters arises both when our planet meets with separate HSO of decameter scale and when it encounters with decameter fragments of larger asteroids or cometary nuclei dispersed in STRT of PDS short term reaction tier of the distance of some hundreds of thousand km from the Earth [3]. It is expedient to consider the problem using Tunguska decameter body as an example as this event has been investigated in detail in literature, and therefore all initial data are available for such analysis.

The obtained estimates show that the problem of defending against bodies with the scale of Tunguska meteorite for Moscow region in principle can be solved if HSO are detected by means of sensors of STRT of PDS in time and preliminary tasks to systems of MSD are set, but in will be done at the expense of changing the mode and condition of radioelectronics devices [5].

References

- [1]. The threat from the Sky: fate or fortuity? / An editor Boyarchuk A.A. – M.: Kosmosinform, 1999.
- [2]. Catastrophic influence of Space bodies / Editors V.V. Adushkin, I.V. Nemchinov. I.V. Moscow: Akademkniga, 2005.
- [3]. Zaitsev A.V. Planetary Defense System «Citadel». The conceptual project. Moscow, 2000.
- [4]. Zamyshlyayev B.V. The problem of asteroid threat and its possible solutions // The paper presented at the scientific-practical conference. Moscow, 2005.
- [5]. Arsenyev G.N., Semyonov B.I., Torgovkin S.N., Treckin V.V. The possibility of two-fold use of a missile-space defense systems for solving the problem of asteroid-comet hazard // Information-measuring and Control Systems. 2006. V.4. № 5.

Предотвращение опасных космических столкновений с помощью ядерных взрывов: возможности и проблемы

В.А. Симоненко

РФЯЦ-ВНИИТФ им. Забабахина, г. Снежинск

sva@snezhinsk.ru

Опасность катастрофических столкновений малых космических тел – астероидов, комет и их фрагментов – с Землёй в настоящее время является общепризнанной. Однако в научных кругах преобладает оптимистичное преставление о невысокой частоте таких столкновений. Оно основанно на оценках потока астероидов сближающихся с Землёй. Осуществляются и планируются программы наблюдений, направленные на выявление опасных объектов, с целью уменьшения вероятностной составляющей прогноза. Знание орбиты опасного тела в дальнейшем позволит более детально исследовать его свойства и более определённо планировать действия по предотвращению столкновения. На современном этапе наиболее подготовленной технологией корректировки орбиты опасного астероида является использование ядерных взрывных устройств. В работе представлены возможные варианты применения этой технологии. Наиболее благоприятным применением является корректировка орбиты при большом времени упреждения (за несколько оборотов для возможного столкновения). В экстренных ситуациях, при необходимости предотвращения удара непосредственно при сближении с Землёй, потребуется передача массе тела большого удельного импульса с целью отклонения от опасной траектории. Это с неизбежностью будет сопровождаться разрушением тела и диспергированием фрагментов.

При оценке опасности столкновений кометных тел исходные данные являются менее достоверными. В настоящее время преобладающим является мнение, что опасность кометных столкновений составляет лишь 10÷20% от соответствующих значений для астероидных тел. Однако ряд исследователей, как астрономов, так и специалистов других научных дисциплин, указывают на возможность существенных отклонений от этих оценок. В частности, имеются свидетельства более высокой частоты столкновений в четвертичном периоде и в современную эпоху его, в голоцене. Эти соображение дополнительно подчёркивают важность исследований свойств кометных тел и возможных механизмов корректировки их орбит. При корректировке орбит кометных с большим временем упреждения непосредственная передача импульса телу от взрывного воздействия может быть малой. При этом взрыв используется для испарения приповерхностных слоёв вещества в обширной области и сопровождается изменением свойств вещества в ней. Как показал эксперимент Deep Impact с кометой Tempel 1, такие изменения приводят к истечению больших масс вещества. Это в свою очередь будет изменять динамические характеристики тела и параметры его орбиты. Оптимальные режимы воздействия следует искать в сочетании искусственного изменения свойств приповерхностных слоёв и последующих процессов истечения. В настоящее время мы находимся лишь на начальном пути таких исследований.

Hazardous impacts prevention with the help of nuclear explosions: opportunities and problems

V.A. Simonenko

Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin Institute of Technical Physics
sva@snezhinsk.ru

It is generally recognized that there is a real threat of catastrophic impacts of small space objects – asteroids, comets and their fragments – with the Earth. An optimistic opinion is prevailing now among the scientific community that the frequency of the impacts is rather low. It is based on estimates of the flow of asteroids approaching the Earth. Observational programs planned and under development now are aimed to detect the threatening objects and to decrease a probabilistic part of such prognosis. Knowledge of the orbit of threatening object will allow to study additionally its properties and to organize efficiently actions for impact prevention. The technology most prepared currently to correct the orbit of dangerous asteroid is based on use of nuclear explosive devices. Various applications of this technology are presented. The most favorable application is the case with long warning time (of several rotations before the impact). Extreme cases are possible when the threatening object is discovered directly before the impact. The only option to prevent the impact in this case is to emplace an essential specific pulse. It results in destruction of the object and in dispersion of fragments.

Estimations of threat of comet are less reliable. It is prevailingly accepted now that the risk comprises about 10÷20% of similar values for asteroids. However some researchers including astronomers point out on possible essential deviation from these estimates. In particular, there are evidences of more frequent impacts during Quaternary and its modern epoch Holocene. It emphasizes additionally an importance to study comet properties and possible mechanisms to correct their orbits. It is possible to transfer directly rather low pulse during the explosion but change essentially the surface matter properties along extended area. As Deep Impact experiment with Temple 1 comet has shown such changes cause an intensive subsequent outflow of matter. It will result in changing the dynamic characteristics of object and parameters of its orbit. However we are on initial stage of similar studies now.

Оценки ударного воздействия газового пузыря на астероид

И.В. Симонов

Институт проблем механики РАН, Москва, Россия. E-mail: simonov@ipmnet.ru

Одним из способов устранения опасности столкновения астероида с Землей является отклонение его траектории. Последние годы в разных изданиях средств массовой информации неоднократно приводится на первый взгляд весьма перспективная идея сотрудника университета штата Оклахома Гермманна Берчарда (Hermann Burchard) воздействовать на опасный для планеты Земля астероид искусственно созданным при помощи химической реакции газовым облаком с целью изменения траектории. Привлекательность этой идеи заключается в том, что воздействие будет «мягким» по сравнению с другими, например, такими как концентрированный взрыв или удар. Эффективность последних способов воздействия на «рыхлые» космические тела (сильно пористые или груды обломков и пыли) считается невысокой из-за сильного поглощения энергии и плохо контролируемого разлета вещества. В предлагаемом исследовании дается попытка оценки снизу требуемой массы газа в зависимости от скорости встречи, массы и размеров астероида, от характеристик взаимодействия и от расстояния от места встречи до Земли. Рассматривается соударение твердого деформируемого шара (модель астероида) радиуса R и газового пузыря большего размера R_0 с космической скоростью v_0 . Считается, что астероид до соударения двигался по нормали к орбите Земли со скоростью v_1 и находился на расстоянии H от точки встречи с нашей планетой, а искусственный газовый пузырь двигался на встречу по линии его движения с целью передать импульс и снизить скорость астероида так, чтобы Земля успела сдвинуться по орбите от точки встречи на расстояние нескольких своих радиусов. Грубые оценки строятся, исходя из условия центрального удара, стационарности обтекания тела бесконечным потоком газа, пренебрегая краевыми эффектами. Простоте рассмотрения служит закон сохранения импульса на скачке в газе оценку максимального давления, не зависящую от вида уравнения состояния газа за фронтом; во внимание также принимается тонкость слоя возмущенного газа. Выражение для изменения скорости астероида вследствие удара приравнивается другой оценке этой величины, исходя из условия смещения Земли за время задержки на безопасное расстояние. Отсюда получается искомая оценка соотношения масс и плотностей астероида и газового пузыря. Оказалось, что если принять $R_0 > 2R$, $H < 6 \cdot 10^7$ км, $v_1 \geq 10$ км с⁻¹, $v_0 \leq 30$ км с⁻¹, а смещение Земли больше двух ее диаметров, то для астероида радиуса $R_1 = 100$ -1000 м и массы $m_1 = 10^7$ - 10^{10} т потребуется масса газа $m_0 > 1.2(10^3$ - $10^6)$ т. Осуществить доставку таких масс газа технологически нереально, по крайней мере, в ближайшем будущем, поэтому прозвучавшие неоднократно утверждения, что указанный способ годится для астероидов вплоть до размера 10 км, пока следует отнести к области фантастики.

Some estimates of impact on asteroid by a gas cloud

I.V. Simonov

Institute for Problems in Mechanics of RAS, Moscow, Russia. E-mail: simonov@ipmnet.ru

Astronomers and, in particular, NASA believe that asteroids or comets will sometimes hit the Earth hard enough to disrupt life worldwide. They argue this that such blows are in the past, a million or so years apart, and that there are many so-called near earth objects (NEO) that crossed the earth's orbit. General principle of the hazard mitigation involves the delivery of "something" to an approaching celestial body, and by means of direct interaction with the body, to either deflect or disrupt it. A lot of ideas with regard to "something" have been advanced, from an explosion to a laser beam. But among these ideas, the deviation of trajectory of an asteroid on a collision course using a nuclear explosion or kinetic impact in order to change the NEO's momentum and provide its passing by the Earth is considered preferable for large asteroids of the significant dimensions of $\sim 10^2 - 10^4$ m. To use for this purpose such kinetic-energy means as a gas cloud created artificially seems by the promising idea of Hermann Burchard from the University of Oklahoma, about which much was written in the media last year. Its attractiveness lies in the fact that the asteroid-gas collision will be "soft" in comparison with those previously proposed, pointed nuclear explosion or kinetic impact. Effectiveness of the latter during their use against a strongly porous NEO or the one of type of "rubble piles" (asteroid from fragments and dust) is in question because of the strong energy absorption. This paper sets the problem of high-velocity collision between a solid body and a gas cloud of R and R_0 in radiuses with the velocity v_0 , which is intriguing itself. An effort to estimate the lower bound for the mass of gas required for changing NEO's momentum in order to eliminate the threat of its encounter with the Earth is made. The rough assessment is built under assumptions of centric impact and the steady state gas flow around the body with the strong shock wave attached to the body, neglecting the edge effects. By using the upper bound for the time of gas-body interaction and the shock wave thinness, the change in speed of body resulting in the impact, Δv , is derived from the law of momentum conservation. Before the collision, we assume that the danger object moved along the normal to the orbit of the Earth with the speed v_1 and its position was at a distance H from the meeting point with our planet. The cloud itself moved to the encounter along the line of its motion for the purpose to transmit a pulse and to reduce the speed of asteroid so that the Earth would have a time to shift along the orbit at the distance of several its radiuses, nR_E . If so, we obtain another estimate of Δv using the condition of the given displacement of the Earth in the delay time. By equating these two expressions for Δv , we deduce the required lower bound for the mass of gas, m_0 , and its density. If we take $R_0 > 2R$, $H < 6 \cdot 10^7$ km, $v_1 \geq 10$ km s⁻¹, $v_0 \leq 30$ km s⁻¹, and $n > 4$, then for the asteroid of $R = 100 - 1000$ m and $m = 10^7 - 10^{10}$ t it follows that $m_0 > 1.2 (10^3 - 10^6) t$, i.e. the mass of gas has to be extremely large. Therefore, the technology against the threat to be hit by asteroid based on the gas cloud attack method, sounded repeatedly, remains controversial.

О принципиальной реальности организации противодействия астероидной угрозе

А.В. Симонов, В.Г. Польш

ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина, г.Химки, alex.simonov@laspace.ru

В.А. Шор

Институт прикладной астрономии, Санкт-Петербург, shor@ipa.nw.ru

Сегодня считается, что наиболее реально устранение космической угрозы при условии достаточно раннего обнаружения и заблаговременного проведения операции увода астероида с опасного курса. При этом возникает необходимость космической миссии посещения астероида с целью проведения детальных исследований его характеристик, а также для проведения самой операции противодействия того или иного вида. Ясно, что выполнение этих задач требует использования космических средств доставки некоторого полезного груза, возможности которых ограничены технологическим уровнем ракетной техники.

В настоящее время принято определять потенциально опасным астероидом (ПОА) такой, для которого минимальное расстояние между его орбитой и орбитой Земли (MOID) составляет менее 0.05 астрономических единиц (7.5 млн. км), а абсолютная звездная величина - менее 22 (что соответствует объектам диаметром более ~100 м). Такому критерию ПОА сегодня соответствует ~950 объектов, причем параметры их орбит отличаются значительным разбросом. Так, диапазон больших полуосей орбит ПОА находится в пределах от 0.5 до 2.0 а.е., а наклонения могут достигать до 40°. Это обстоятельство приводит к большому разнообразию траекторий перелета. Следовательно, требования к средствам доставки (энергетические характеристики средств выведения) для различных объектов изменяются в очень широких пределах и выходят за рамки располагаемых возможностей.

Исходя из некоторых предполагаемых полезных нагрузок и имеющихся средств доставки (или появления которых возможно в течение ближайших двух-трех десятилетий), в докладе рассматривается класс орбит астероидов, достижение которых реально. Для различных схем устранения астероидной угрозы делаются выводы о составе подмножества потенциально опасных астероидов, для которых достижение объектов реально и, следовательно, можно в принципе планировать организацию противодействия. Даются рекомендации по методам противодействия для астероидов, доставка полезного груза к которым на современном технологическом уровне космической техники невозможна.

On the fundamental reality of the organization of opposition to the asteroid threat

A.V. Simonov, V.G. Pol

Lavochkin Association, Khimki, Moscow Region, alex.simonov@laspace.ru

V.A. Shor

Institute of applied astronomy, St-Peterburg, shor@ipa.nw.ru

It is today considered that the elimination of space threat with the condition sufficiently early detection and advance conducting of the operation is most actual the withdrawal of asteroid from the dangerous course. In this case appears the need for the space mission of the visit of asteroid for the purpose of conducting the detailed studies of its characteristics, and also for conducting the very operation of the opposition of one or other form or another. It is clear that the accomplishment of these objectives requires the use of space means of the deliveries of a certain payload, whose possibilities are limited by the technological level of rocket engineering.

It is at present accepted to determine potentially hazard by the asteroid ([PHA]) such, for which the minimum distance between its orbit and orbit of the Earth (MOID) comprises less than 0.05 astronomical units (7.5 mln. km), and absolute stellar magnitude - is less than 22 (which approximately corresponds to objects with the diameter of more than 100 m). To this criterion [PHA] today correspond about 950 objects, moreover the parameters of their orbits are characterized by significant spread. Thus, the range of the semimajor axes of orbits [PHA] is within the limits from 0.5 to 2.0 AU, and inclinations can reach 50°. This circumstance leads to the wide variety of the trajectories of overflight. Consequently, requirements for the means of delivery (energy characteristics of the means of removal) for different objects change between very wide limits and they exceed the scope of the located possibilities.

On the basis of some assumed payloads and existing means of delivery (or appearance of which is possible during the next two-three decades), in the report is examined the class of the orbits of the asteroids, whose reaching is actual. For different plans of the elimination of asteroid threat are done the conclusions about the composition of the subset of the potentially dangerous asteroids, for which reaching objects in is actual and, therefore, possible in principle of planning the organization of opposition. Are given to recommendation regarding the methods oppositions for the asteroids, the delivery of payload to which at the contemporary technological level of space technology is impossible.

Обнаружен вещественный след падения кометы в Шатурском районе Московской области

Н.А. Филин

ОАО ЦентрТелеком, Москва, Россия. E-mail: filinnik@mail.ru

Впервые на возможную метеоритную природу озера Смердячее автор обратил внимание еще в середине 80-х годов. По моему приглашению, на озеро дважды приезжала группа из Эстонии под руководством Ю.В. Кестлане. В дальнейшем продолжались лишь эпизодические работы по обследованию оз. Смердячее и близ лежащих озер. В ходе поисков были найдены несколько сухих воронок, а в 1.5 км от оз. Смердячее несколько стекол. Последующие исследования в ГЕОХИ подтвердили их импактное происхождение.

После ознакомления с работами Е.В. Дмитриева по кометной метеоритике (<http://bourabai.kz/dmitriev/index.htm>), в конце 2006 года по разработанной им методике были взяты пробы грунта на предмет обнаружения следов выпадения кометной пыли. Первая же проба показала наличие в грунте в значительных количествах кометных маркеров - стримергласов. В 2007 году эта работа была продолжена. Были взяты контрольные пробы в разных местах Шатурского района. В среднем их количество колебалось от 3 до 30 шт./см² на предметном стекле микроскопа. По берегам озер Смердячее, Лемешенское, Власовское (Карповское), Белое-Бардуковское, Черное-Бардуковское, Святое-Шатурское, содержание стримергласов составило от 100 до 800 шт./см². Возле трех озер было проверено распределение стримергласов в глубину. Наибольшее содержание оказалось в слое 3-7 см от поверхности и постепенно снижалось до глубины 0,5 метра, глубже попадались лишь единичные экземпляры. После отработки методики отбора проб, были проведены работы по выяснению распределения стримергласов в окрестностях озер. Наибольшее количество стримергласов оказалось вблизи озер, постепенно снижаясь при удалении от них. Выявлено некоторое увеличение количества стримергласов к северу, северо-западу от озер, что можно объяснить направлением ветра на момент катастрофы или действием ударных волн.

Обнаруженные следы выпавшей кометной пыли в окрестностях перечисленных выше озер позволяют предположить, что здесь имело место падение роя крупных кометных обломков, а сами озера имеют импактное происхождение. Пока не ясно образовались ли обломки в результате разрушения кометного ядра в верхних слоях атмосферы или же они являлись членами множественного кометного ядра и падали независимо друг от друга.

Для выявления полной картины кометной катастрофы необходимо провести довольно внушительный объем исследований.

1. Приступить к прицельным поискам кометных осколков в зонах кратерных выбросов.

2. С целью определения масштаба катастрофы снять сетку замеров плотности стримергласов по всей площади их выпадения, с учетом сноса ветром продуктов взрыва.

Разнообразие воронок, от чисто взрывных, до крупных депрессий, делают Шатурское кратерное поле уникальным полигоном по исследованию процессов, происходящих при падении комет на земную поверхность и пониманию того, что же произошло на Подкаменной Тунгуске в начале прошлого века.

Material evidence of comet falling to the Earth in Shaturskii region

N.A. Filin

JSC "Central Telecommunication Company", Moscow, Russia. E-mail: filinnik@mail.ru

As early as in the middle 80s, it was conceived by the author that Smerdyacheye Lake is probably of a meteorite nature. By his invitation, a research team from Estonia headed by Yu.V. Kestlane had two visits to this lake. The assumption made by the author was supported by the results of the pursued investigation. The formal activities had then been stopped, but the author kept on episodic studying of Smerdyacheye Lake and the neighboring ones. The depths were measured, and the lakesides were explored. As a result, several dry craters were discovered, and a few glasses were found at 1.5 km from Smerdyacheye Lake. Their impact origin was verified by a further examination conducted at V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry.

Following the acquaintance with the works of E.V. Dmitriev on comet meteoritics (<http://bourabai.kz/dmitriev/index.htm>), the procedures suggested by him were used in testing the soil samples for the purpose of revealing the traces of comet dust. The first sample showed the presence of a great deal of comet markers (streamerglasses) in the soil. Those activities were continued in 2007. The check samples were taken at different places of Shaturskii region, their number averaging from 3 to 30 pieces per square centimeter on the microscope slide. On the sides of Smerdyacheye, Lemeshenskoye, Vlasovskoye (Karpovskoye) Lakes, Beloye and Chernoye Lakes near Borduki village, Svyatoye Lake near Shatura town the amount of streamerglasses varied from 100 to 800 pieces per square centimeter. The distribution of streamerglasses into the depth was studied beside three lakes. Their largest content occurred at 3 to 7 cm below the surface and it was gradually decreasing to the depth of 0.5 m. At lower depths only several streamerglasses were met. The sampling procedure was followed by the work on studying the distribution of streamerglasses in the vicinity of the lakes. The examination revealed a mosaic pattern of their fallout. The most streamerglasses were found near the lakes, their number being reduced away from the lakes. An increase in the amount of streamerglasses to the north or north-west of the lakes can be attributable to the wind direction at the moment of catastrophe or to the action of shock waves.

The revealed traces of cosmic dust around the above-cited lakes enable us to assume a fall of a swarm of comet fragments on the Earth, and the lakes themselves have an impact origin. It has not yet been explained whether those fragments resulted from the destruction of a comet nucleus in the upper atmosphere or they were the parts of a multiple comet nucleus and were falling independently of one another.

To have a clear picture of the comet catastrophe, it is required that widespread investigations should be carried out:

1. target search of comet fragments in the zones of ejection from the crater;
2. measurement of streamerglasses density throughout the area of their fallout, having regard to the drift of explosion products by the wind, with the aim to determine the scope of catastrophe.

A variety of craters, from purely explosive to large depressions, make the crater field in Shaturskii region a unique area for investigating the processes which accompany the fallout of comets on the Earth surface and for elucidation of the phenomena which took place near Podkamennaya Tunguska early in the last century.

Сравнительный анализ ударной и вулканической гипотез массовых вымираний

В.М. Хазинс

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия. E-mail: khazins@idg.chph.ras.ru

Тунгусское событие, сопровождавшееся значительным выделением энергии (порядка 10 Мт ТНТ), инициировало существенные разрушения в эпицентральной области и долговременные возмущения атмосферы. Однако если экосистеме и был нанесен урон, то ее восстановление не было длительным. При увеличении массы ударника воздействие на экосистему усиливается и, согласно одной из версий, удар космического тела размером в 10 км (порядка 10^8 Мт ТНТ) 65 млн. лет тому назад вызвал массовое вымирание биоты. Возможность такого события подтверждается, во-первых, присутствием маркеров, характерных для удара космического тела (иридиевая аномалия, микросферулы вначале испаренного, а потом сконденсировавшегося вещества, зерна ударно сжатого кварца). Подобные маркеры обнаружены примерно в сотне изученных мест в тонком (порядка сантиметра) слое, соответствующем КТ (Cretaceous-Tertiary) границе. Во-вторых, к этому же возрасту относится и гигантский кратер Чиксулуб в Мексиканском заливе (размером примерно 180 км), который может быть образован ударом тела размером в 10 км. В-третьих, КТ слой является границей, отделяющей одни типы окаменелых останков от других. Основной слабостью импактной гипотезы массовых вымираний является отсутствие геологических следов в стратиграфических слоях, соответствующих другим массовым вымираниям, которых обнаружено более десятка. В связи с этим разрабатываются альтернативные гипотезы массовых вымираний, среди которых доминирующее место занимает предположение о связи между массовыми вымираниями и периодами активной вулканической деятельности, приводящей к образованию магматических провинций (платобазальтов). Платобазальты покрывают большую площадь, имеют значительную толщину и поэтому легко распознаваемы по прошествии многих миллионов лет. Однако платобазальтовый вулканизм не оставляет следов в отдаленных от магматических провинций районах, т.е. отсутствует возможность связать частицы из стратиграфического слоя, в котором нет окаменелых останков, с соответствующей магматической провинцией.

Проведенный сравнительный анализ ударной и вулканической гипотез массовых вымираний позволил определить общие черты и различия в механизмах воздействия на окружающую среду. Моделирование ударов крупных космических тел демонстрирует принципиальную возможность комплексного воздействия на окружающую среду, способного инициировать массовое вымирание. В то же время отсутствие ясных представлений об извержениях из обширных протяженных трещин континентальных магматических провинций, на много порядков превышающих современную вулканическую активность, не позволяет сделать достаточно определенные выводы. При этом существует замечательная временная корреляция между формированием платобазальтов и основными массовыми вымираниями по крайней мере для четырех пар событий среднего Фанерозоя. В то же время прямая связь между платобазальтами и интенсивностью массовых вымираний видов не обнаружена несмотря на то, что объем некоторых платобазальтов сравним или больше чем для случая коррелирующих событий.

Comparative analysis of impact and volcanic hypotheses of the mass extinctions

V.M. Khazins

Institute of Geospheres Dynamics, Russian Academy of Science, Moscow.

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

The Tunguska event, characterized by an enormous released energy (about 10 MT of TNT), has caused considerable destructions in the vicinity of its epicenter and initiated long-lasting perturbations in the atmosphere. However, the after-impact recovery of the ecosystem was not too long in this case. The increase of the impactor mass obviously intensifies its effect on the ecosystem and, according to at least one theory, an impact of an outer space body of 10-km size (about 10^8 MT of TNT) some 65 million years ago caused the mass extinction of the Earth biota. The theory is supported by three following arguments. First, there are markers typical to the outer space body impacts (iridium anomaly, micro-spherules of some evaporated and then condensed matter, and granules of shocked quartz). Such markers have been discovered in about a hundred of places in the thin (about 1-cm thick) layer at the Cretaceous-Tertiary boundary. Second, the huge (180-km diameter) Chicxulub crater at Yucatan, Mexico, could be created as a result of a 10-km outer body impact at the time of the mass extinction. Third, the Cretaceous-Tertiary layers appear as boundaries separating different types of the fossils. The main drawback of the impact theory of the mass extinction is the lack of geological footprints in the stratigraphic units corresponding to other mass extinction events in spite of more than ten of them have been discovered so far. There are also a number of alternative hypotheses on mass extinction, among which an assumption of a correlation between the mass extinction events and periods of the volcanic activity hold a central position. The volcanic activity leaves after itself spacious and thick flood basalt provinces that make it easily recognizable after many millions of years after the eruption. However, the volcanic activity does not leave any footprints in the areas remote from the igneous provinces that exclude any possibility for connecting of the stratigraphic unit contents with the given period of volcanic activity.

Our comparative analysis of the impact and volcanic hypotheses allows defining similarity and differences in the mechanisms how these two phenomena affect the environment. Particularly, numerical simulations demonstrate principal possibility of such a complex impact of the large outer space bodies on the environment that could inflict the mass extinction of some species. On the other hand, our understanding of the huge lava eruptions from the wide continental cracks in the past (their power exceeds the contemporary volcanic activity by many orders of magnitude) is not good enough to make any reasonable conclusion on their effect on the environment. However, the remarkable time correlation between the flood basalt eruptions and the main mass extinction events was established at least for four mid-Phanerozoic examples and this fact looks very intriguing. In the same time a direct relationship between flood basalt eruptions and intensity of mass generic extinctions escaped detection for other events despite the fact that volume certain of flood basalts is comparable or greater than for case of correlating events.

Первая находка силикаглассов в переходном слое на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Вост. Альпы)

В.А. Цельмович ¹, А.Ф. Грачев ², О.А. Корчагин ³

¹ Геофизическая Обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, Борок, Россия. E-mail: borok1@mail.ru

² Институт физики Земли РАН, Москва, Россия. E-mail: afgrachev@gmail.com

³ Геологический институт РАН, Москва, Россия. E-mail: okorchagin@rambler.ru

В данной работе мы приводим первые находки кварцевых палочек в переходном слое на границе мела и палеогена (К/Т), состоящих на 99% из SiO₂ (рис.1, рис.2), которые мы идентифицировали как silica glass или стримерглас [<http://bourabai.narod.ru/dmitriev/dragon.htm>]. Silica glass были выделены из переходного слоя при помощи тяжелой жидкости. Они были изучены при помощи оптической микроскопии (микроскоп «Olympus BX51») и микроанализа (микрозонд «Camebax»). Кроме silica glass, в этом слое было обнаружено большое количество минералов, которые могут иметь космическое происхождение: алмаз, муассанит, корунд, аварунит, фосфид никеля, чистый никель. Мы полагаем, что совместное нахождение минералов космического происхождения и silica glass может свидетельствовать в пользу кометной гипотезы импакта, который имел место на границе К/Т.



Рис.1. Silica glass1

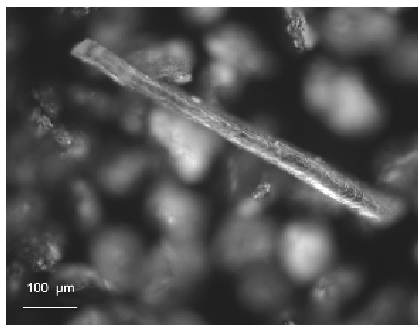


Рис.2. Silica glass2

The first finds of silica glass from the Cretaceous-Paleogene (K/T) boundary clay layer in the Gams stratigraphic sequence, Eastern Alps

V.A. Tselmovich¹, A.F. Grachev², O.A. Korchagin³

¹ *Geophysical Observatory, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl oblast, Russia. E-mail: borok1@mail.ru*

² *Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: afgrachev@gmail.com*

³ *Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: okorchagin@rambler.ru*

In the given work we bring the first finds of quartz sticks from the Cretaceous-Paleogene (K/T) boundary clay layer in the Gams stratigraphic sequence, Eastern Alps, consisting on 99% from SiO₂ (fig.1, fig.2), which we identified as silica glass [<http://bourabai.narod.ru/dmitriev/dragon.htm>]. Silica glass were allocated from a transitive layer by means of a heavy liquid. They were investigated by means of optical microscopy (microscope « Olympus BX51») and the microanalysis (microprobe "Camebax"). Except for silica glass, in this layer a plenty of minerals which can have a space origin was revealed: diamond, moissanite, corundum, awaruite, nickel phosphide, pure nickel. We believe, that the joint presence of minerals of a space origin and silica glass can testify for the benefit of comets hypotheses of impact which took place on border K/T.

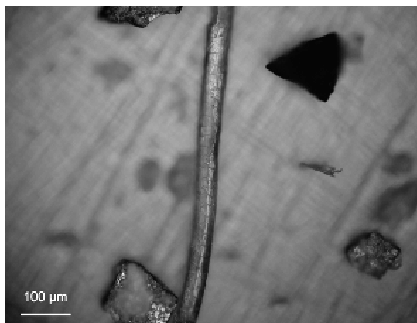


Fig.1. Silica glass1

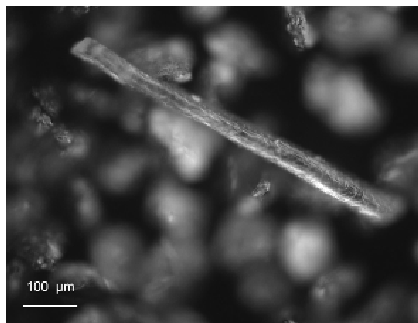


Fig.2. Silica glass2

Топография больших ударных кратеров обратной стороны Луны

М.И. Шпекин¹, Б.Н. Родионов², Р.А. Ситдикова¹

1 – Казанский государственный университет, Казань, Россия.

E-mail: msh@ksu.ru, raida-s@yandex.ru

2 – Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия.

В докладе представлены результаты полученные авторами на основе фотограмметрии орбитальных снимков лунной поверхности доставленных на Землю космическими аппаратами серии «Зонд» и экипажами космических кораблей «Аполлон» в период с 1968 по 1972 гг.

№ п/п	Наименование	Координаты центра	Местонахождение
1	Бассейн «Южный Полус – Эйткен»	180W, 50S	Южный сектор обратной стороны
2	Бассейн Восточный	95W, 20S	Центральная область западного полушария
3	Кратер Эйткен	173E, 17S	Вблизи центра обратной стороны

Для ориентации снимков в окололунном пространстве были использованы опорные точки каталогов ИКИ и ЦНИИГАиК, топографические карты ЛТО, карты краевой зоны Луны Уоттса, геоцентрические координаты Луны из Астрономического Ежегодника СССР (для снимков с изображением Земли). Селеноцентрические положения КА на моменты съемки найденные фотограмметрическим способом аппроксимировались кеплеровой орбитой, что позволило уточнить элементы внешнего ориентирования снимков и повысить точность топографических характеристик рельефа.

В таблице приведены некоторые численные результаты описывающие топографические свойства бассейна «Южный Полус-Эйткен», бассейна Восточного и кратера Эйткен. В колонке **1** – название объекта, в колонке **2** – диаметры колец, в колонке **3** – средний уровень днища, в колонке **4** – максимальное и минимальное значения высотных отметок, в колонке **5** – средний угол наклона склонов вала (внешний и внутренний склоны). Диаметры и высоты даны в километрах, углы наклона вала – в градусах.

1	2		3	4		5	
	Внешн.	Внутр.		Макс.	Мин.	Внешн.	Внутр.
«Южный Полус-Эйткен»	2500	1400	-5,2	+9,6	-7,1	–	–
Бассейн Восточный	930	320	-4,0	+4,6	-5,2	20	25
Кратер Эйткен	130	–	-2,9	+1,2	-4,0	15	16–32

Бассейн «Южный Полус – Эйткен» принято считать одним из самых древних образований на Луне, тогда как бассейн Восточный рассматривают как самый молодой ударный многокольцевой бассейн. По-видимому, кратер Эйткен еще моложе, чем бассейн Восточный и представляет собой один из немногих кратеров диаметром более 100 км с хорошо сохранившимся валом и центральной горкой.

Работа поддержана грантом РФФИ 08-02-01214

Topography of large impact craters of the far side of the Moon

M.I. Shpekin¹, B.N. Rodionov², R.A. Sitdikova¹

1 - Kazan state university, Kazan, Russia.

E-mail: msh@ksu.ru, raida-s@yandex.ru

2 - State university on land management, Moscow, Russia.

The results received by authors on the basis of photogrammetry of the orbital pictures of a lunar surface delivered to the Earth by space vehicles "Zond" and crews of spacecrafts "Apollo" during with 1968 for 1972 are presented in the report.

№	Name	Center coordinates	Location
1	«South Pole-Aitken» basin	180W, 50S	South sector of far side
2	Orientele basin	95W, 20S	Central region of West hemisphere
3	Aitken crater	173E, 17S	Near far side center

The reference points of IKI and TsNIIGAiK catalogues, LTO topographical maps, Watts's maps of Marginal Zone of the Moon, geocentric coordinates of the Moon from the Astronomical Year-book of the USSR (for pictures with the image of the Earth) have been used for orientation of pictures in near-lunar space. Selenocentric positions of the «Zond» for the moments of shooting found by photogrammetry way were approximated by kepler orbit. It has allowed to specify the elements of the external orientation of the pictures and to raise the accuracy of the topographical characteristics of the relief.

Some numerical results describing topographical properties of «South Pole-Aitken» basin, Orientele basin and Aitken crater are presented in the table. The data in the table are given in columns: column **1** - the name of object, column **2** - diameters of rings, column **3** - an average level of the bottom, column **4** - the maximal and minimal values of high-altitude marks, column **5** - an average corner of an inclination of slopes of wall (external and internal slopes). Diameters and heights are given in kilometers, corners of wall inclination are given in degrees.

1	2		3	4		5	
	Outer	Inner		Max.	Min.	Outer	Inner
«South Pole-Aitken» basin	2500	1400	-5,2	+9,6	-7,1	–	–
Orientele basin	930	320	-4,0	+4,6	-5,2	20	25
Aitken crater	130	–	-2,9	+1,2	-4,0	15	16–32

«South Pole – Aitken» basin is considered as one of the most ancient formations on the Moon whereas Orientele basin is considered to be the youngest impact multiring basin. Apparently, Aitken crater is even younger, than the Orientele basin and represents one of the few craters in diameter more than 100 km with well kept wall and the central peak.

Supported by Russian Foundation for Basic Research (grant 08-02-01214)

Проблема астероидно-кометной опасности и Тунгусский феномен

Б.М. Шустов

Институт астрономии РАН, Москва, Россия, bshustov@inasan.ru

Л.В. Рыхлова

Институт астрономии РАН, Москва, Россия, rykhlova@inasan.ru

В последние 15 – 20 лет в научном сообществе, а в массовом сознании лишь в последние годы, отношение к проблеме угрозы столкновения Земли с космическими телами, или, как ее принято называть проблеме астероидно-кометной опасности (АКО), претерпело очень серьезные изменения. Если на протяжении предыдущей истории науки эта проблема рассматривалась отдельными учеными как некоторая экзотическая и весьма редкая случайность, то теперь проблема АКО вошла в список наиболее важных глобальных факторов угрожающих развитию человечества. Свидетельством этому является, например, тот факт, что на ежегодных заседаниях Научно-технического подкомитета Комитета ООН по мирному использованию космоса этой проблеме с недавних пор уделяется самое серьезное внимание. Подобное изменение научного и общественного мнения происходит вследствие того, что использование современных средств обнаружения приводит к неожиданным открытиям, например, обнаружению астероида Апофис и других потенциально опасных объектов, обнаружению декаметровых тел в метеорных потоках и т.д. Эти открытия показывают, что мы еще очень мало знаем о населенности космоса малыми телами и поэтому серьезно недооцениваем опасность АКО.

Тунгусский феномен – прямое и относительно недавнее свидетельство реальности угрозы столкновении малых тел Солнечной системы с Землей. По современным представлениям именно тела, размером с Тунгусское тело (50-100м) представляют наибольшую угрозу на шкале существования человечества, т.е. несколько сотен тысяч лет. Падение на Землю очень крупных тел (более 1 км), представляющих глобальную угрозу, весьма редки, а вот частота столкновений с телами, подобными Тунгусскому, относительно высока – раз в 100-300 лет. Интегральный эффект от таких событий доминирует. Именно поэтому разрабатываемые программы обнаружения нацелены на поиск и мониторинг тел гектометрового диапазона. Количество наблюдаемых объектов, сближающихся с Землей, быстро растет.

В докладе обсуждается состояние дел и перспективы изучения в России по основным направлениям проблемы АКО:

- Обнаружение, оценка орбитальных характеристик, каталогизирование потенциально опасных объектов.
- Определения физических и химических характеристик потенциально опасных объектов.
- Разработка космических миссий для изучения объектов, сближающихся с Землей.
- Изучение возможных мер предотвращения опасности столкновения угрожающего тела с Землей и уменьшения тяжести последствий от столкновения.

Особое внимание уделено проблемам координации работ внутри страны и на международном уровне.

The asteroid-comet hazard problem and the Tunguska phenomenon

B.M. Shustov

Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia, bshustov@inasan.ru

L.V. Rykhlova

Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia, rykhlova@inasan.ru

For the last 15-20 years in scientific community as well as for the last few years in public spirit, the treatment of the problem of possible Earth's collisions with cosmic bodies or so-called Asteroid-Comet Hazard (ACH) Problem undergoes significant changes. If earlier ACH problem had considered to be some exotic and very rare event, now it is in the list of the most important global factors threatening all the humanity. The special attention that is being paid at ACH problem on the annual sessions of the Scientific and Technical Subcommittee of the UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space can be considered as the evidence of this new approach. Such a change in the scientific and public opinion is the result of unexpected discoveries made with modern detection facilities. Among them the discovery of the asteroid Apophis and of other potentially hazardous bodies, detection of decametric bodies in meteor flows etc. These discoveries show the scarcity of our knowledge on density of population of cosmic space with small bodies and thus serious underestimation of the ACH problem.

Tunguska Phenomenon is the direct and relatively recent evidence of the hazard from the collision of a minor body of the Solar System with the Earth. According to modern knowledge, bodies of the Tunguska body size (50-100 m) are of the most threat on the scale of the civilization lifetime (some hundreds of millenia). Collisions with very large bodies (more than 1 km) threatening with global catastrophe are rather rare while collisions with Tunguska-size bodies are significantly more frequent events – one event per 100-300 years. The integral effect of such events dominates and that is why the projects under development are aimed at the hectometric-size bodies search. The number of observed Near-Earth objects grows rapidly.

This paper deals with the current status and perspectives of studies on the main directions of the ACH problem in Russia:

- Detection, remote characterisation, orbit determination and cataloguing of potentially hazardous objects.
- Estimation of physical and chemical properties of potentially hazardous objects.
- Development of space missions to study Near-Earth objects.
- Study of possible ways to prevent collision of a hazardous body with the Earth and mitigation procedures.

Special attention is paid at coordination of work inside Russia as well as at the international level.

Near Earth Objects in the Context of the United Nations

R. Crowther

Chair, United Nations Working Group on Near Earth Objects r.crowther@rl.ac.uk

Near Earth objects (NEOs) present many challenges, both on a scientific and technical level, but also in terms of the policy framework required to deal with the potential threat they pose to the Earth. This was recognized in the late 1990's and resulted in the establishment of Action Team 14 within the United Nations Committee for Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS) Scientific and Technical Sub-Committee as an outcome of UNISPACE III held in 1999. In 2007, UNCOPUOS established a Working Group on NEOs to improve coordination of activities related to the response to the asteroid and comet threat. A key input to this Working Group will be the draft protocol being prepared under the auspices of the Association of Space Explorers Panel of Experts, and being introduced into COPUOS in 2009.

The paper will provide the international policy background to NEOs and propose a way forward both at national and international level.

NASA's Near Earth Object Observation Program – Past, Present and Future

L.N. Johnson

Planetary Science Division, Science Mission Directorate, HQ NASA, Washington DC, USA,

E-mail: Lindley.Johnson-1@nasa.gov

Near Earth Objects are the naturally occurring remnants from the formation of the Solar System which are left in orbits approaching the Earth's, and therefore represent a natural collision hazard for our home planet. Within the next year or two the Spaceguard Survey, a loose network of ground-based optical sensors mostly funded by NASA's Near Earth Object (NEO) Observation Program, will achieve 90% completeness in detection and tracking of all NEOs larger than 1 kilometer in size. To date, over 800 of an estimated 940 objects have been cataloged, along with almost 5,000 objects of lesser size. This paper will discuss the origin of the program in the 1990's, it's progress to date, the current operation and capabilities of the system, and most importantly, how these capabilities must evolve and be enhanced to address the more sizable population of NEOs down to 100-200 meters in size that represent a more likely, regionally catastrophic impact threat for planet Earth.

A comprehensive program for countermeasures against potentially hazardous objects

W.F. Huebner

Southwest Research Institute, San Antonio, TX 78228-0510, USA. E-Mail: WHuebner@SwRI.edu

L.N. Johnson

NEO Program Observation Executive, Science Mission Directorate, NASA Headquarters, Washington, DC 20546-0001, USA. E-Mail: Lindley.Johnson-1@NASA.gov

A new search program to be initiated by NASA will identify, track, and catalog 90 % of potentially hazardous objects (PHOs: asteroids and comet nuclei that could collide with Earth) larger than 140 m in size. However, just as smaller objects less than 1 km in size were found in the first survey for objects larger than 1 km, so much smaller objects will be found in the new survey. Objects smaller than a few hundred meters are of significant interest because they are several 100 to 1000 times more abundant than kilometer-sized objects and are fainter and more difficult to detect, which may lead to much shorter warning times. Yet, even the smallest of these PHOs can have devastating effects, as the 30 June 1908, Tunguska event has shown. In addition, threats from long-period comet nuclei, although relatively rare but large (sometimes tens of kilometers in size), cannot be accurately predicted because of their long orbital periods and quick passes through the inner solar system. Comet C/1983 H1 (IRAS-Araki-Alcock), for example, has an orbital period of 963.22 years, was discovered 27 April 1983, and had a close encounter with the Earth only two weeks later, on 11 May 1983, at a distance of 0.0312 AU. Two other long-period comets came even closer to Earth: D/1770 L1 Lexell: 0.0151 AU and 55P/1366 U1 Tempel-Tuttle: 0.0229 AU. Highly capable countermeasures always at the ready will be needed to defend against objects with such short warning times, and therefore short reaction times between discovery and impending impacts. We will present a comprehensive plan that includes countermeasures against smaller than Tunguska-sized objects and long-period comets, concentrates on short warning-times, uses non-nuclear methods (hyper-velocity impactors and conventional explosives) whenever possible, and launches from the ground. The plan calls for international collaboration for action against a global threat.

Rim morphology of the Kärđla crater based on reflection seismic and ground penetrating radar investigations

A. Jõelet and J. Plado

Department of Geology, University of Tartu, Estonia. E-mail: juri.plado@ut.ee

Introduction: An impact into a shallow Late Ordovician sea, covering ~150 m thick layer of siliciclastic rocks and crystalline basement, produced the 4-km complex Kärđla crater [1]. The post-impact marine sedimentation buried the crater causing good preservation. Earlier drilling and gravity data have revealed that the crater's crystalline rim is not uniform. In some locations (NE, SW and NW) crystalline rocks have been found at a depth of few tens of meters, i.e. about 200 m above the pre-impact basement level, but there are also places where the rim height is moderate or low. It has been proposed [2] that the lows of rim in the N and S are gullies that were eroded by the backsurgings seawater. However, drilling and gravity data allow to speculate that erosion of rim was widespread and not limited only to the lows.

Methods: We performed reflection seismics and ground penetrating radar (GPR) studies on more than 10 rim crossing profiles with the aim to study the crater's morphology in more detail. We used 24-channel Summit CU seismometer with 40 Hz geophone groups at 10 m separation. An 8-kg sledge hammer source was applied inline with near-offsets up to 360 m. Usually, vertical stack of 20 was used to improve the signal to noise ratio. The data were processed with Seismic Unix. The GPR Zond-12e by Radar Systems Inc., Latvia, was used at frequency of 100 MHz. The data were processed with a software package „Prism2“.

Results: The GPR data that revealed boundary between the post-impact Ordovician sedimentary layers and Quaternary soil allowed to identify the exact position and width of the rim. Also, these data were used to process the seismic profiles by revealing the exact thickness of low seismic velocity overburden. Seismic profiles agree with the drilling data showing also that the rim of crystalline rocks is not morphologically uniform. In the NE segment the rim is wide both at its base and top, and higher than elsewhere rising more than 200 m above the basement level in surrounding area. In the eastern segment, the rim becomes less prominent and shows signs of collapse by including the inward dipping reflectors and several peaks. In the SE segment the rim is lower and may have several peaks. In addition to collapse features, the rim seems to be strongly eroded as well. In the western segment the crystalline rim is relatively low, usually with relative altitude of less than 100 m. However, some profiles suggest that the crystalline basement is raised over a considerable distance.

Discussion and conclusions: The data indicate that the rim was not formed uniformly leading to differential erosion by resurging sea. In the NE segment the rim has remained high as it is not collapsed as much as elsewhere. However, in other parts the rim is lower and, thus, has being more easily erodable. The variations in the rim morphology can be attributed either to the oblique impact from the NE or differences in the properties of the crystalline target. Lowering of crystalline rim by its collapse created favorable conditions for a widespread erosion, which is not limited to the previously proposed resurge gullies in the north and south.

Acknowledgements: We are grateful to all the members of field crew. This study was financed through the Estonian Science Foundation grant no. 5851.

References:

[1] Puura V. and Suuroja K. (1992) *Meteoritics*, 216, 143–156. [2] Suuroja K. et al. (2002) *Deep Sea Research II*, 49, 1121–1144.

Chinese Near Earth Object Survey

Guangyu Li, Haibin Zhao, Jiexin Yang and Qi Wang

Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China,

E-mail: gyl@pmo.ac.cn

100 years have passed since Tunguska phenomenon and the hazards posed by Near Earth Objects (NEOs) have attracted more and more attention. The Chinese Near Earth Object Survey (CNEOS) program has been carried out in China as a part of the international joint survey. CNEOS is composed of a 1.0/1.2 m Schmidt telescope, equipped with a 4K by 4K CCD detector, and a NEOs risk assessment and prediction system. After adjusting the telescope and test observations, CNEOS has begun its NEOs survey from December 2006. Until February 2008, we have found an Apollo-type NEO — 2007 JW2, a comet — P/2007 S1 (Zhao) and other 332 new asteroids.



Fig.1 The 1st and 4th images to distinguish 2007 JW2 from the star field. Herein, the exposure duration of each image is 60 s, and the object at green cross is 2007 JW2.

Table 1 Detailed information of 2007 JW2 in the 4 images, including exposure time, position in the sky and magnitude.

Image	UT	Alpha	Delta	Mag
1 st	2007 05 07.59725	15 ^h 30 ^m 07.39 ^s	-16°33'10.3"	18.6
2 nd	2007 05 07.61661	15 ^h 30 ^m 03.78 ^s	-16°33'13.0"	19.1
3 rd	2007 05 07.63422	15 ^h 30 ^m 00.46 ^s	-16°33'15.9"	19.3
4 th	2007 05 07.65026	15 ^h 29 ^m 57.44 ^s	-16°33'17.9"	19.5

Impact crater statistics, Galactic perturbations and giant comet disintegration

W.M. Napier

*Centre for Astrobiology, Cardiff University, 2 North Road, Cardiff CF10 3DY,
United Kingdom.*

E-mail: smawmn@cardiff.ac.uk

The flux profile of comets into the planetary system from the Oort cloud, arising from Galactic tides and encounters with nebulae, is computed. Both periodic and sporadic bombardment episodes, with amplitudes an order of magnitude above background, are expected to occur on characteristic timescales $\sim 25 - 35$ million years. Statistical analysis of the age distribution of well-dated terrestrial impact craters of the past 250 million years reveals that the history of bombardment is indeed characterised by impact episodes, during which the Earth is heavily bombarded, interspersed with relatively quiescent periods. A weak periodicity of ~ 36 million years is evident, consistent with the Sun's recent passage through the Galactic plane. We appear to be in a bombardment episode now, implying that the current impact hazard is about an order of magnitude greater than the long-term average. Evidence is presented that, in addition to impact episodes, dust from the disintegration of exceptionally large comets – such as the Taurid progenitor – may constitute a significant celestial hazard.

Ground penetrating radar imagery of the Estonian meteorite impact sites

J. Plado, A. Jõelet and U. Preeden

Department of Geology, University of Tartu, Estonia. E-mail: juri.plado@ut.ee

Introduction: Ground penetrating radar (GPR) enables to image soil and rock structure at high resolution by introducing short electromagnetic pulses into the ground and receiving the returned reflected signals. Reflection of the pulse is caused by contrasts in the conductivity and dielectric properties across the interfaces within/between the soil and rock. We have studied three Estonian sites for which the meteorite impact origin has been proved (Kärdla, 58°57'N, 22°40'E; 455 Ma; 4 km in diameter [1], and Ilumetsa; 57°57'N, 27°24'E; 6600 yBP, 75 m [2]) or not proved (Tsõõrikmäe; 58°04'N, 27°27'E; 40 m). The two post-glacial structures, Ilumetsa and Tsõõrikmäe, are formed into the Devonian sandstones covered by Holocene sand and till. Nowadays, these structures are partly (Ilumetsa) or almost fully (Tsõõrikmäe) filled by peat.

Methods: The GPR Zond-12e by Radar Systems Inc., Latvia, was used at frequencies of 100, 300 and 500 MHz. The data were processed with a software package „Prism2“.

Results: In Kärdla the GPR data that revealed boundary between the post-impact Ordovician sedimentary layers and Quaternary soil allowed to identify the exact position and width of the crystalline rim below. The sedimentary layers were found to dip towards the structure at the inner slope, and outwards at the outer slope, referring to sedimentation at slope and differential compaction.

The bigger of the two Ilumetsa craters, Sügavhaud (Deep Grave) reveals several features / groups of features in GPR profiles as: (i) a bowl-shaped boundary between the sandy infill and peat, (ii) moderately strong subhorizontal reflectors in crater-fill peat, (iii) an area of chaotic reflectors (lack of prominent reflectors) below the rim and peat, (iv) specific lens-like area outside the crater at the foot of the rim that includes ejected and eroded material, and (v) disappearance of the groundwater surface that is observable outside the crater.

Radar-based “anatomy” of the Tsõõrikmäe structure is very similar to the Ilumetsa case. It shows (i) a similar lens-like feature outside the structure, (ii) steep inward sloping reflections starting from the top of the rim, and (iii) lack of prominent reflections under the rim. As the structure is almost fully filled with peat and water, we were not able to identify the deep reflections from the bottom of the peat body. By an analogy with the proven structure at Ilumetsa, our studies support a meteorite impact origin of Tsõõrikmäe structure as well.

Conclusions: GPR provides a fast and reliable means for mapping the shallow subsurface morphological features that are related to the meteorite impact structures. However, it does not serve as a tool to prove an impact origin, but to describe the impact-related / impact-suggested geological features in a case of their own electrical contrast compared to surroundings.

References: [1] Puura V. and Suuroja K. (1992) *Meteoritics*, 216, 143–156. [2] Raukas A. et al. (2001) *Meteoritics & Planetary Science*, 36, 1507–1514.

Acknowledgements: We are grateful to students who helped us during the different epochs of field-works.

The Chiemgau crater strewn field (Southeast Bavaria, Germany): Evidence of a Holocene large impact event

M.R. Rappenglück

Institute for Interdisciplinary Studies, Gilching, Germany. E-mail: mr@infis.org

K. Ernstson

Faculty of Geosciences, University of Würzburg, Germany. E-mail: kernstson@ernstson.de

The Chiemgau strewn field in the Alpine Foreland comprises more than 80 craters in a roughly elliptically shaped area of the order of 60 km x 30 km. Crater diameters range between a few meters and a few hundred meters. Unless leveled by, e.g., farming activities, the craters exhibit more or less pronounced rim walls, and on average, the diameter-to-depth ratio is 7.5. Geologically, the craters occur in Pleistocene moraine and fluvio-glacial sediments (gravel plains). The craters and surrounding areas so far investigated in more detail are featuring heavy deformations of the Quaternary cobbles and boulders, abundant fused rock material, shock-metamorphic effects, and geophysical anomalies [1, 2, 3]. The hitherto established largest crater of the strewn field is Lake Tüttensee with an 8 m-height rim wall, a rim-to-rim diameter of about 500 m and a depth of roughly 30 m. About 50 excavation pits around Lake Tüttensee have revealed a layer that reflects all aspects of a catastrophic event. The up to 1 m thick layer basically is a polymictic breccia of heavily shattered cobbles and boulders of Alpine lithologies mixed with largely undeformed however abundantly scratched and polished cobbles. The layer is rich in organic material like charcoal and splinters of wood. Animal bones and teeth, tufts of (possibly human) hair, and archeological Stone and Bronze Age artifacts like pottery shards and stone implements are intermixed. Silica melt rock fragments similar to pumice contribute to the breccia as well as abundant deeply corroded skeletal-like carbonate and silicate clasts. Shock metamorphism is indicated by PDFs in quartz and feldspar from breccia clasts. The stratigraphic context of the breccia deposit, radiocarbon dating and the dating by Stone and Bronze Age artifacts exclude any relation with Alpine glaciations, and since any Holocene geological endogenetic processes can be eliminated, too, a meteorite impact to have formed Lake Tüttensee, the surrounding breccia layer as its ejecta blanket, and the whole crater field is most reasonable. Additional thermoluminescence [4] and radiocarbon dating [5] in the field of the other craters, and further dating by archeological finds confine the impact event to have happened in the first millennium B.C., most probably between 600 and 400 B.C. The impact is substantiated by the abundant occurrence of metallic, glass and carbon spherules, and of exotic matter in the form of iron silicides like gupeite and xifengite, and various carbides. A gupeite analysis from the Chiemgau strewn field closely resembles meteoritic suessite. Nanodiamonds and fullerene-like material have been reported to occur in the melt crust of cobbles from the strewn field [2]. The find context for the exotic matter is in most cases hardly compatible with an industrial production, and an origin from the impact process or/and as constituents of the impactor must be considered. The impactor is suggested to have been a low-density disintegrated, loosely bound asteroid or a disintegrated comet in order to account for the extensive strewn field.

References.

- [1] Hoffmann, V. et al. (2004) Geophysical Research Abstracts, 6, 05041 [2] Hoffmann, V. et al. (2005) Abstract Int. Met. Soc. Conf., Gatlinburg [3] Ernstson, K. (2006) www.chiemgau-impact.com/gravimetrie/html [4] B. Raeymaekers, pers. com. [5] Fehr, K.T. (2005) Meteoritics Planet. Sci., 40, 187-194.

Авторский указатель

Абрамов В.В.	92	Дерюгин В.А.	173
Алексеев В.А.	14,15	Джоаккини П.	49
Алексеева Н.Г.	15	Джолет А.	230,233
Андреев Г.В.	86	Джонсон Л.Н.	228,229
Антипин В.С.	156,163	ДиМартино М.	86,90
Анфиногенов Дж.	86	Дитлевсен П.	88
Артемова Н.А.	16	Дмитриев А.Г.	163
А'Херн М.Ф.	126	Дмитриев Е.В.	35
Багров А.В.	18, 165	Дорофеев В.А.	37
Бадюков Д.Д.	96	Дорошин И.К.	39,41,54
Базилевский А.Т.	167	Дробышевский Э.	175,177
Баканас Е.С.	94,95	Дубовик В.Н.	173
Барабанов С.И.	95	Егорова Л.А.	116
Барри Н.Г.	98	Емельяненко В.В.	117
Башаков А.А.	151	Емельянов В.А.	179
Бёттгер Т.	49	Енгальчев С.Ю.	180,181
Бивин Ю.К.	169	Ернстон К.	234
Бирюков Е.Е.	100	Жао Х.	231
Болгова Г.Т.	18	Железнов Н.Б.	119
Бонатти Е.	83	Заботин А.С.	121
Бондаренко Ю.С.	102	Задонина Н.В.	184
Бослоу М.Б.Е.	81	Зайцев А.В.	130,173,186,188,209
Бояркина А.П.	20	Заусаев А.А.	123
Брандштеттер Ф.	85	Заусаев А.Ф.	122
Будаева Л.	86	Зоткин И.Т.	43
Бэйли М.	80	Ибадов С.	44
Ванг Ки	231	Ибодов Ф.С.	44
Васильев В.П.	206	Иванов К.Г.	46
Васильев Е.И.	22	Ивановская Л.М.	139
Величко С.Ф.	103	Ивашкин В.В.	190
Величко Ф.П.	103	Ипатов С.И.	124,126
Веригин М.И.	105	Калинин Д.А.	132
Витязев А.В.	107,204	Карташова А.П.	18
Вольпичелли К.	90	Кёберл К.	85
Воронин В.И.	163	Клаповский А.А.	186
Галушина Т.Ю.	109	Клещенок В.В.	158
Гасперини Л.	83	Ковригин Е.	86
Геворкян С.Г.	171	Кокорин А.Ф.	113
Генк А.В.	24	Колесников Е.М.	47,49,84
Герман Б.Р.	26,27	Колесникова Н.В.	49,84
Гладковский С.В.	113	Коллинз Г.С.	82
Гладышева О.Г.	28	Кордеро-Терчеро	160
Глазачев Д.О.	204	Коротков П.Ф.	51,192
Гласс Б.П.	85	Корчагин О.А.	221
Голубов Б.Н.	30,171	Косарев И.Б.	128
Грачев А.Ф.	221	Кочетова О.М.	154
Григорян С.С.	32,44	Краснорылов И.И.	206
Грицевич М.И.	111	Крауфорд Д.А.	81
Гроховский В.И.	113	Кривицкий В.А.	53
Демин А.С.	22	Кривяков С.В.	39,54
Денисов С.С.	114	Крикалев С.К.	200

Кричевский С.В.	193,195	Сазонов В.С.	148,208
Кроузер Р.	227	Светцов В.В.	66,68
Крученко В.Г.	158,159	Семенов Б.И.	209
Кси Л.	84	Серра Р.	90
Кувшинников В.	56	Симоненко В.А.	211
Кузин С.В.	130	Симонов А.В.	140,215
Кузнецов В.Д.	130	Симонов И.В.	169,213
Кузьмичева М.Ю.	57	Ситдикова Р.А.	223
Куликова Н.В.	132	Ситник В.В.	70
Леви К.Г.	184,197	Снеткова Ю.А.	149,152
Леонов В.А.	18	Соколов Л.Л.	151
Ли Г.	231	Стихно К.А.	190
Лиу К.	84	Стулов В.П.	72
Логунова Л.Н.	15	Теплицкая В.С.	138
Лонго Г.	83,86,90	Тирский Г.А.	73
Лоренц К.А.	133	Тищенко В.И.	132
Лосева Т.В.	57	Трекин В.В.	209
Лохин В.В.	116	Трушин А.С.	130
Лупишко Д.Ф.	198	Федоров А.М.	162
МакКафферти П.	87	Фельдман В.И.	165
Маров М.Я.	135	Филин Н.А.	217
Мартынов М.Б.	140	Филиппов Ю.П.	149,152
Медведев Ю.Д.	102,121	Филоненко В.С.	160
Мещеряков С.А.	137	Хазинс В.М.	219
Морозов П.А.	15	Хайлов М.Н.	140
Моторин В.Н.	200	Хамматова Е.В.	54
Муртазов А.К.	18,165	Хоу К.	84
Мушаилов Б.Р.	138,139	Хюбнер В.Ф.	229
Назаров М.А.	202	Цельмович В.А.	221
Напые В.М.	232	Чернетенко Ю.А.	154
Нароенков С.А.	94	Чубко Л.С.	158,159
Пархомов В.А.	59	Чурюмов К.И.	158,159,161
Петров В.Д.	188	Шассидо М.	85
Печерникова Г.В.	107,204	Шор В.А.	130,142,154,215
Пладо Ю.	230,233	Шпекин М.И.	223
Плеханов Г.Ф.	20,61,63	Шубин О.Н.	188
Поведа А.	160	Шувалов В.В.	16,75
Поль В.Г.	140,142,215	Шустов Б.М.	225
Польцер Г.	87	Эпиктетова Л.Е.	77
Попеленская Н.В.	144	Язев С.А.	156,163,184
Попова О.П.	146,147	Яковлев Б.Д.	130
Преден У.	233	Яковлев О.И.	167
Прем-Ларсен Ф.	88	Янг Дж.	231
Раппенглюк М.Р.	234	Яшков Д.В.	39
Расмуссен К.	47,88		
Родионов Б.Н.	223		
Ромейко В.А.	65		
Рыбнов Ю.С.	146		
Рыхлова Л.В.	225		
Савиных В.П.	206		

Author index

Abramov V.V.	93	Fel'dman V.I.	166
A'Hearn M.F.	127	Filin N.A.	218
Alekseev V.A.	14,15	Filonenko V.S.	161
Alekseeva N.G.	15	Galushina T.Yu.	110
Andreev G.	86	Gasparini L.	83
Anfinogenov J.	86	Genk A.V.	25
Antipin V.S.	157,164	German B. R.	26,27
Artemieva N.	17	Gevorkjan S.G.	172
Badjukov D.D.	97	Gioacchini P.	50
Bagrov A.V.	19,166	Gladkovskiy S.V.	113
Baillie M.	80	Gladysheva O.G.	29
Bakanas E.S.	94, 95	Glass B.P.	85
Barabanov S.I.	95	Glazachev D.O.	205
Barri N.G.	99	Golubov B.N.	31,172
Bashakov A.A.	151	Grachev A.F.	222
Basilevsky A.T.	168	Grigoryan S.S.	32,45
Biryukov E.E.	101	Gritsevich M.I.	112
Bivin Yu.K.	170	Grohovskiy V.I.	113
Bolgova G.T.	19	Hailov M.N.	141
Bonatti E.	83	Hou Q.	84
Bondarenko Yu.S.	102	Huebner W.F.	229
Boslough M.B.E.	81	Ibadov S.	45
Böttger T.	50	Ibodov F.S.	45
Boyarkina A.P.	21	Ipatov S.I.	125,127
Brandstätter F.	85	Ivanov K.G.	46
Budaeva L.I.	86	Ivanovskaya L.M.	139
Chaussidon M.	85	Ivashkin V.V.	191
Chernetenko Yu.A.	155	Jöeleht A.	230,233
Chubko L.S.	158,159	Johnson L.N.	228,229
Churyumov K.I.	158,159,161	Kalinin D.A.	132
Collins G. S.	82	Kartashova A.P.	19
Cordero-Tercero G.	160	Khammatova E.V.	55
Crawford D.A.	81	Khazins V.M.	220
Crowther R.	227	Klapovsky A.A.	187
Demin A.S.	23	Kleshchonok V.V.	158
Denisov S.S.	115	Kochetova O.M.	155
Deryugin V.A.	174	Koeberl C.	85
Di Martino M.	86,90	Kokorin A.F.	113
Ditlevsen P.	88	Kolesnikov E.M.	48,50,84
Dmitriev A.G.	164	Kolesnikova N.V.	50,84
Dmitriev E.V.	36	Korchagin O.A.	222
Dorofeev V.A.	38	Korotkov P.F.	52,192
Doroshin I.K.	40,42,55	Kosarev I.B.	129
Drobyshevski E.M.	176,178	Kovrigin E.	86
Dubovik V.N.	174	Krasnorylov I.I.	207
Egorova L.A.	116	Krichевsky S.V.	194,196
Emel'yanenko V.V.	118	Krikalev S.K.	201
Emeljanov V.A.	179	Krivitskiy V.A.	53
Engalychev S.J.	181,183	Krivjakov S.V.	40,55
Epiktetova L.E.	79	Kruchynenko V.G.	158,159
Ernstson K.	234	Kulikova N.V.	132
Fedorov A.M.	164	Kuvshinnikov V.M.	56

Kuzin S.V.	131	Semyonov B.I.	210
Kuzmicheva M.Yu.	58	Serra R.	90
Kuznetsov V.D.	131	Shor V.A.	131,143,155,216
Levi K.G.	185,197	Shpekin M.I.	224
Leonov V.A.	19	Shubin O.N.	189
Li Guangyu	231	Shustov B.	226
Liu Q.	84	Shuvalov V.V.	17,76
Logunova L.N.	15	Simonenko V.A.	212
Lokhin V.V.	116	Simonov A.V.	141,216
Longo G.	83,86,90	Simonov I.V.	171,214
Lorenz C.A.	134	Sitdikova R.A.	224
Losseva T.V.	58	Sitnik V.V.	71
Lupishko D.F.	199	Snetkova Ju.A.	150,153
Marov M.Ya.	136	Sokolov L.L.	151
Martynov M.B.	141	Stikhno C.A.	191
McCafferty P.	87	Stulov V.P.	72
Medvedev Yu. D.	102,121	Svetsov V.V.	67, 69
Meshcheryakov S.A.	137	Teplitskaya V.S.	138
Morozov P.A.	15	Tirskiy G.A.	74
Motorin V.N.	201	Tishchenko V.I.	132
Murtazov A.K.	19,166	Treckin V.V.	210
Mushailov B.R.	138,139	Trushin A.S.	131
Napier W.M.	232	Tselmovich V.A.	222
Naroenkov S.A.	94	Vasilev E.I.	23
Nazarov M.A.	203	Vasiliev V.P.	207
Parkhomov V.A.	60	Velichko F.P.	104
Pechernikova G.V.	108,205	Velichko S.F.	104
Petrov D.V.	189	Verigin M.I.	106
Philippov Ju.P.	150,153	Vityazev A.V.	108,205
Plado J.	230,233	Volpicelli C.	90
Plekhanov G.F.	21,62,64	Voronin V.I.	164
Pol V.G.	141,143,216	Wang Qi	231
Polzer G.	87	Xie L.	84
Popelenskaya N.V.	145	Yakovlev B.D.	131
Popova O.P.	146,147	Yakovlev O.I.	168
Poveda A.	160	Yang Jiexin	231
Praëm-Larsen F.	88	Yashkov D.V.	40
Preeden U.	233	Yazev S.A.	157,164,185
Rappenglück M.R.	234	Zabotin A.S.	121
Rasmussen K.L.	48,88	Zadonina N.V.	185
Rodionov B.N.	224	Zaitsev A.V.	131,174,187,189,210
Romejko V.A.	65	Zausaev A.A.	123
Rybnov Yu.S.	147	Zausaev A.F.	122
Rykhlova L.	226	Zheleznov N.B.	120
Savinykh V.P.	207	Zhao Haibin	231
Sazonov V.S.	148,208	Zotkin I.T.	43