



ISSN 2411-6602 (Online)

ISSN 1607-2855 (Print)

Том 11 • № 2 • 2015 С. 99 – 102

УДК 523.6

Наблюдения фрагментов кометного ядра в атмосфере Земли над Киевом

К.И. Чурюмов^{1*}, А.Ф. Стеклов^{2,3}, А.П. Видьмаченко², Г.Н. Дашкиев³

¹Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

²Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

³Межрегиональная академия управления персоналом

В результате двухлетних наблюдений авторы выделили класс сумеречных болидов. В отличие от ночных наблюдений светящихся метеорных следов, которые можно наблюдать не более десяти секунд, сумеречные следы наблюдаются от нескольких минут до двух часов. В работе рассмотрено синхронное наблюдение вечернего сумеречного болида в небе над Киевом 25.06.2014 Дашкиевым Г.Н. и Стекловым А.Ф. Базовое расстояние между точками фотографирования составило 8,55 км. Исходя из предположения, что взрыв крупных метеороидов в атмосфере планеты и вспышка блеска происходит на высоте их максимального торможения в интервале значительно меньше высоты однородной атмосферы, следует, что тепловой взрыв метеороида произошел на высоте существенно больше 15 км. Причем высвечивание и распад, возможно, кометного вещества началось на высоте более 25 км. Тело не долетело до поверхности Земли и распалось на мелкодисперсные частицы. Предварительные оценки начальной массы данного фрагмента до входа в атмосферу составляют от 2 до 10 тонн. А на обеих фотографиях виден только дисперсный след от распавшихся фрагментов кометного ядра.

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ФРАГМЕНТІВ КОМЕТНОГО ЯДРА В АТМОСФЕРІ ЗЕМЛІ НАД КИЄВОМ, Чурюмов К.І., Стеклов А.Ф., Видьмаченко А.П., Дашкієв Г.Н. — В результаті дворічних спостережень автори виділили клас сутінкових болидів. На відміну від нічних спостережень світних метеорних слідів, які можна спостерігати не більше десяти секунд, сутінкові сліди спостерігаються від кількох хвилин до двох годин. У роботі розглянуто синхронне спостереження вечірнього сутінкового болида в небі над Києвом 25.06.2014 Дашкієвим Г.Н. і Стекловим А.Ф. Базова відстань між точками фотографування склала 8,55 км. Виходячи з припущення, що вибух великих метеороїдів в атмосфері планети і спалах блиску відбувається на висоті їх максимального гальмування в інтервалі значно менше висоти однорідної атмосфери, впливає, що тепловий вибух метеороїда стався на висоті істотно більше 15 км. Причому висвічування і розпад, можливо, кометної речовини почалося на висоті більше 25 км. Тіло не долетіло до поверхні Землі і розпалося на дрібнодисперсні частинки. Попередні оцінки початкової маси даного фрагмента до входу в атмосферу становлять від 2 до 10 тонн. А на обох фотографіях видно тільки дисперсний слід від фрагментів кометного ядра, що розпалося.

OBSERVATIONS OF FRAGMENTS OF COMETARY NUCLEI IN THE ATMOSPHERE OVER KIEV, by Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. — As a result of two years of observations the authors identified twilight class of bolides. Unlike the nighttime observations of bright meteor traces that can be seen no more than ten seconds, twilight traces are observed from a few minutes to two hours. The paper considers the synchronous observation of the evening twilight fireball in the sky over Kiev 25/06/2014 by Dashkiev G.N. and Steklov A.F. The basic distance between of photographing points was 8,55 km. On the assumption that the explosions of large meteoroids in the atmosphere and flash of brightness occurs at the height of their maximum braking in the range significantly less than the height of the homogeneous atmosphere, it follows that the thermal explosion of the meteoroid took place at the height substantially more than 15 km. Moreover, flashings and disintegration of perhaps cometary material, began at height more than 25 km. The meteoroid does not flown to the surface of the Earth and disintegrated into fine particles. Preliminary estimate of initial mass of the fragment before the entry into the atmosphere is from 2 to 10 tons. On both photos are visible only dispersed trace of cometary nuclei fragments that disintegrated.

Ключевые слова: сумеречные болиды; кометные ядра; метеорные следы.

Key words: twilight fireballs; cometary nucleus; meteor traces.

Основными в деятельности астрономических обсерваторий являются постоянные регулярные наблюдения, ход которых регистрируется в журналах наблюдений. При этом в подавляющем большинстве случаев астрономические наблюдения проводятся ночью после окончания вечерних астрономических сумерек. Метеорные патрули также начинают работу, когда резко падает освещенность неба после окончания вечерних сумерек [2]. Но в результате двухлетних наблюдений авторы выделили особый класс сумеречных наблюдений болидов и их следов на небе [10, 13–20]. При этом дневные наблюдения болидных следов также возможны, но они менее эффективны, чем в сумерки. А в отличие от ночных наблюдений ярких светящихся метеорных следов, которые можно наблюдать не более десятка секунд, наши сумеречные и дневные следы можно наблюдать от минут иногда до двух часов. Это открывает большие возможности для прямых зондирующих эти следы экспериментов с использованием, например,

*Чурюмов Клим Иванович; ✉ klimchur@ukr.net

астрономической авиации (см. в работе [2] раздел «Находка «Потерянного города»). Отметим, что стоимость аналогичного зондирующего эксперимента с кометой Чурюмова–Герасименко составила почти 1,7 млрд. евро [26, 27].

Особый интерес у авторов вызвало синхронное наблюдение вечернего сумеречного болида (рис. 1) в небе над Киевом 25.06.2014 Дашкиевым Г.Н. и Стекловым А.Ф. Базовое расстояние между точками фотографирования, согласно GPS измерениям, составило 8,55 км. Фрагмент двигался в атмосфере с юго-запада на северо-восток под углом $\sim 24^\circ$ к линии горизонта. Высвечивание и распад вещества (судя по виду и характеру следа — кометного) начались на высоте более 25 км, а максимальный распад произошел на высотах от 19 до 8,2 км. Тело не долетело до поверхности Земли и распалось на мелкодисперсные частицы. След был хорошо виден около 20 минут. Предварительные оценки начальной массы данного фрагмента до входа в атмосферу составляют от 1 до 10 тонн.

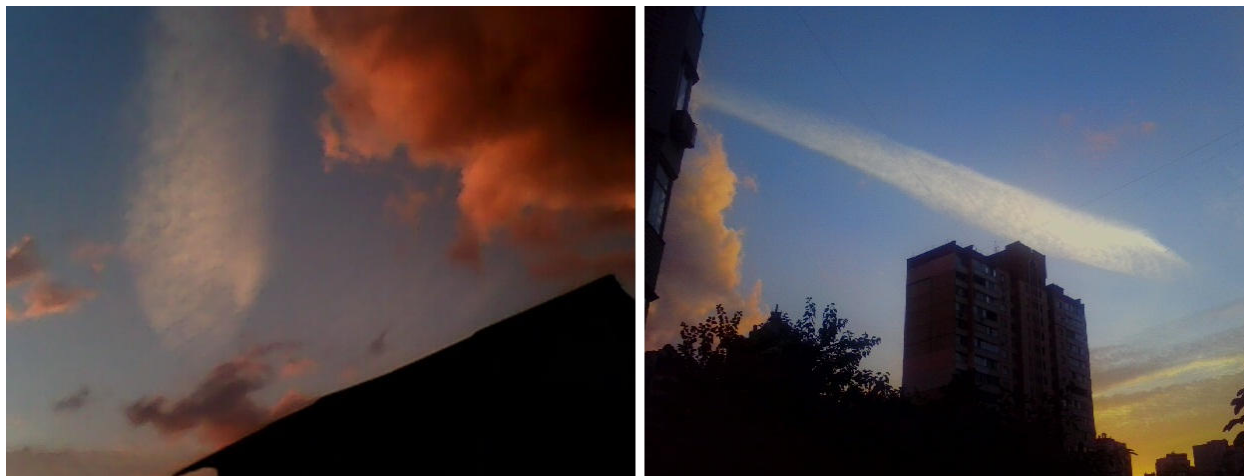


Рис. 1. Слева — фото Стеклова А.Ф., справа — фото Дашкиева Г.Н.

Отметим, что в последние годы американские геостационарные спутники неоднократно регистрировали в атмосфере Земли вспышки ярче -17^m . Характерный начальный размер таких каменных тел составляет 1–3 м. Если же эти метеороиды состоят из снега и льда (остатки кометных ядер), то их размер увеличивается иногда до десятков метров. Например, Тунгусский болид не оставил метеоритных тел на поверхности Земли, потому что это был кусок кометного ядра. Оно представляет собой совокупность слабо связанных между собой замороженной водой, углекислотой и другими льдами мелких пылевых частиц с малой средней плотностью, меньше плотности обычной воды; поэтому такие тела интенсивно разрушаются и измельчаются при полете через атмосферу [21]. Начальная масса Тунгусского тела оценивается примерно в $2 \cdot 10^6$ тонн, и при скорости входа в атмосферу ~ 31 км/с на своем пути к взрыву оно прошло около 200 км и потеряло сотни тысяч тонн в виде мелкой пыли [8, 9]. Известно, что высокое аэродинамическое давление активно разрушает поверхность движущегося в атмосфере космического тела. Измельченное в результате этого вещество подобно жидкости «растекается» и быстро тормозится [1]. При этом за малое время его кинетическая энергия передается небольшому объему воздуха перед телом, сжимая и нагревая его до нескольких десятков тысяч градусов. Следствием этого является тепловой взрыв, мощность которого определяется переданной кинетической энергией.

На основании анализа данных о таких феноменах, как Тунгусский, Сихотэ-Алинь, Стерлитамак и других [5, 6, 12, 25], В. Кручиненко [23, 24] высказал предположение, что взрывы крупных метеороидов в атмосфере планеты и, как следствие, вспышки блеска, происходят на высотах их максимального торможения. Это было подтверждено при изучении разрушения фрагментов ядра кометы Шумейкера–Леви 9 в атмосфере Юпитера [11, 22, 23].

Тепловые взрывы в атмосфере Земли, кроме остатков кометных ядер, создают и монолитные (каменные или железные) тела. Это утверждение относится к монолитным телам с массой < 400 тонн, так как большие космические тела проходят атмосферу практически без потери массы и скорости и взрываются уже на поверхности Земли. К таким, например, относится и космическое тело, образовавшее Аризонский кратер диаметром ~ 1200 м и глубиной 175 м; его масса была примерно такая же, как и Тунгусского тела — миллион тонн. Считается, что частота падения таких тел на Землю [7] составляет примерно один раз в 1300 лет. Но американские исследователи специальной оптической аппаратурой со своих геостационарных спутников Земли за 8,5 лет (с февраля 1994 по сентябрь 2002 года) зарегистрировали более 300 взрывов-вспышек крупных метеороидов в атмосфере Земли.

Вспышка блеска происходит на небольшом интервале высот, значительно меньшей высоты однородной атмосферы. Потеря телом энергии на торможение за это время превышает энергию, которая необходима для полного испарения всего тела. Поэтому взрыв можно считать точечным и применять из-

вестную теорию взрыва в среде с экспоненциально-переменной плотностью [3, 4]. Согласно этой теории, скорость распространения взрывной волны в неоднородной атмосфере зависит от направления: при перемещении вниз, в направлении наивысшего возможного увеличения плотности атмосферы, взрывная волна замедляется и максимально уменьшает энергию; при перемещении вертикально вверх, в направлении максимального уменьшения плотности, взрывная волна ускоряется и за ограниченное время «прорывает» атмосферу. Но взрывная волна распространяется вниз на расстояние не более $2H^*$, в перпендикулярном направлении на высоте взрыва — на расстояние примерно $3,5H^*$ (H^* — высота однородной атмосферы; для Земли это значение составляет около 7,5 км). Далее распространяется упругая или звуковая волна. Таким образом, если тепловой взрыв метеороида произойдет на высоте большей 15 км, то к поверхности Земли взрывная волна не дойдет.

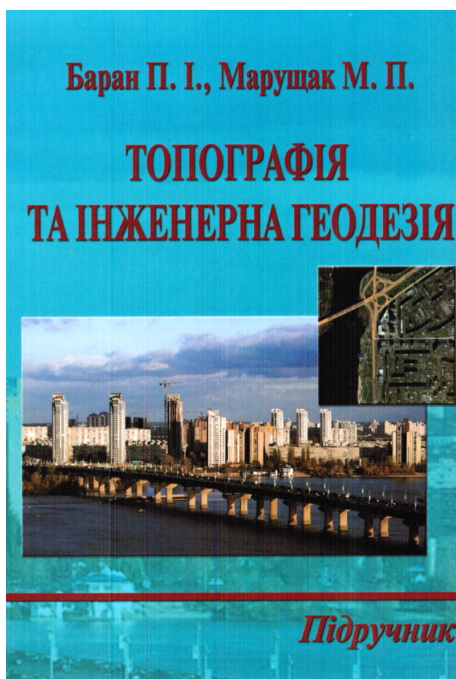
Как следует из наших расчетов по фотографиям, приведенным на рис. 1, взрыв произошел на высоте более 19 км, и поэтому взрывная волна не достигла поверхности Земли. А на обеих фотографиях видно только нижнюю часть дисперсного следа из частиц от распавшихся фрагментов кометного ядра.

1. Григорян С.С. О движении и разрушении метеороидов в атмосферах планет // Космические исследования. — 1979. — **17**, № 6. — С. 875–893.
2. Дариус Дж. Недоступное глазу. — М.: Мир, 1986. — 249 с.
3. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. — М.: Наука, 1966. — 688 с.
4. Компанец А.С. Точечный взрыв в неоднородной атмосфере // ДАН СССР. — 1960. — **130**, № 5. — С. 1001–1003.
5. Кручиненко В.Г. Анализ изменения физических характеристик метеороидо-образующего тела Стерлитамак вдоль пути // Астрономический вестник. — 1993. — **27**, № 6. — С. 87–94.
6. Кручиненко В.Г. Определение физических характеристик метеороидо-образующего тела Стерлитамак // Астрономический вестник. — 1992. — **26**, № 4. — С. 104–112.
7. Кручиненко В.Г. Приток космических тел на Землю в широком интервале масс // Кинематика и физика небесных тел. — 2002. — **18**, № 2. — С. 114–127.
8. Фесенков В.Г. О воздушной волне, произведенной падением Тунгусского метеорита 1908 г. // Метеоритика. — 1959. — Вып. 17. — С. 3–7.
9. Фесенков В.Г. О кометной природе Тунгусского метеорита // Астрономический журнал. — 1961. — **38**, № 4. — С. 577–592.
10. Чурюмов К.И., Видьмаченко А.П., Стеклов А.Ф., Кручиненко В.Г., Стеклов Е.А. Явление трех ярких болидов над Киевом 29 марта 2013 года? // Azerbaijani astronomical journal. — 2013. — **3**, № 3. — С. 85–86.
11. Berezhnoi A.A., Shevchenko V.V., Klumov B.A., Fortov V.E. Collision of a comet with Jupiter: Determination of fragment penetration depths the molecular spectra // Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz. — 1996. — **63**, № 6. — P. 387–391.
12. Brown P., Spalding R.E., ReVelle D.O., et al. The flux of small near-Earth objects colliding with the Earth // Nature. — 2002. — № 420. — P. 314–316.
13. Churyumov K.I., Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Steklov E.A. Three bright bolides in Kiev sky on 29 March 2013 // 8th Conference «Meteoroids 2013». Program and abstracts. 26–30 Aug. 2013, Poznań, Poland. — P. 77.
14. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs // Astronomical School's Report. — 2014. — **10**, № 1. — P. 37–42.
15. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity of aviation at falling of bolides at 2014 // Materials of the International Scientific Conference “Astronomy and Space Physics at the Kyiv University”, which was held as part of VIII Ukrainian Science Festival 27–30 May 2014. — Kyiv, Ukraine, 2014. — P. 86–87.
16. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Traces in the sky: Classification and unexpected results of regular observations // 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. — Kirovohrad, Ukraine, 2014. — P. 75–76.
17. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Activity Aviation in the fall of fireballs in 2014 // 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 29–31, 2014. The program and abstracts. — Kirovohrad, Ukraine, 2014. — P. 77.
18. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Some of the results of regular observations of twilight bolides // Memorial International Conference dedicated to 100th anniversary of birth of Oleg Vasylyovych Dobrovolsky and 110th anniversary of death of Fedor Oleksandrovich Bredikhin — the famous explorers of comets and meteor matter of the Solar system. Programme. Vinnytsia. September 29 – October 2, 2014. — P. 8.
19. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiv G.N. Observations of fragments of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev in the summer of 2014 // 17 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May, 20–22, 2015. The program and abstracts. — Zhytomyr, Ukraine, 2015. — P. 84–85.
20. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. Some results of regular observations of the twilight bolides // In: Book of selected papers and abstracts of Memorial International Conference “Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters (CAMMAC2014)”, September 29 – October 2, 2014. Edited by corresponding member of NAS of Ukraine, Professor K.I. Churyumov. Vinnytsia, Ukraine. — FOP “Kostiyk N.P.” — 2014. — P. 98–108.

21. *Kruchynenko V.G., Churyumov K.I., Churyumova T.K.* An explosion of a comet nucleus fragment in the Earth's atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2011. — **27**, Issue 3. — P. 109–116.
22. *Kruchynenko V.G.* The collision of the comet Shoemaker-Levy 9 with Jupiter // *Astron. and Astrophys. Transactions*. — 1997. — **13**. — С. 191–197.
23. *Kruchynenko V.G.* The Explosion in the Jupiter Atmosphere // *Proc. of European SL/Jupiter Workshop / Eds.: by R. West and H. Bohnhard*. — 1995. — P. 287–292.
24. *Kruchynenko V.G.* Thermal explosions of meteoroids in Earth's atmosphere // *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel*. — 2004. — **20**, № 3. — С. 269–282.
25. *Spurny P., Porubčan V.* The EN171101 — the deepest ever photographed fireball // *Proc. of Asteroids, Comets, Meteors (ACM 2002)*. 29 Juli — 2 August 2002. Technical University Berlin. Germany (ESA — 500). — Nov. 2002. — P. 269–272.
26. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* The study of cometary material on the surface of the Earth // *Astronomical School's Report*. — 2013. — **9**, № 2. — P. 146–148.
27. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F.* The study of cometary material on the surface of the Earth // 15 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*, May, 15–17, 2013. The program and abstracts. — Bila Tserkva, Ukraine. — P. 9–10.

Поступила в редакцію 21.11.2015
 Принята к печати 15.12.2015

НОВІ ВИДАННЯ



П.І. Баран, М.П. Марущак

Топографія та інженерна геодезія: підручник для студ. геодез. і негеодез. спец. ВНЗ. — Київ: Знання України, 2015. — 463 с.

Викладено основні відомості з геодезії, топографії та картографії, сучасні оптичні та електронні геодезичні прилади й методи вимірювань кутів, довжин ліній та перевищень. Розглянуто номенклатуру топографічних карт, методи побудови геодезичних мереж та виконання топографічних знімів із застосуванням сучасних технологій.

Висвітлено основні питання геодезичного забезпечення будівництва будинків і споруд, зокрема автомобільних доріг, аеродромів, залізниць, мостів і тунелів та ін.

Зміст

- Передмова
- Частина I. Топографія
- Розділ 1. Загальні відомості
- Розділ 2. Топографічні карти і плани
- Розділ 3. Елементи теорії похибок
- Розділ 4. Кутові вимірювання
- Розділ 5. Лінійні вимірювання
- Розділ 6. Вимірювання перевищень
- Розділ 7. Геодезичні мережі
- Розділ 8. Топографічні знімання

Частина II. Інженерна геодезія

- Розділ 9. Інженерно-геодезичні вишукування та проектування
- Розділ 10. Способи та елементи геодезичних розмічувальних робіт
- Розділ 11. Геодезичні роботи при зведенні будівель і споруд
- Розділ 12. Спостереження за деформаціями будівель і споруд
- Розділ 13. Геодезичні роботи при будівництві автомобільних доріг
- Розділ 14. Геодезичні роботи при будівництві залізниць
- Розділ 15. Геодезичні роботи при будівництві мостових переходів
- Розділ 16. Геодезичні роботи при будівництві гідротехнічних споруд
- Розділ 17. Інженерно-геодезичні роботи при будівництві тунелів
- Розділ 18. Геодезичні роботи при землеустрої
- Розділ 19. Організація інженерно-геодезичних робіт
- Предметний покажчик
- Література