

УДК 523.6

Уточнение места падения медного импактора на ядро кометы 9P/Темпеля 1 и подтверждение размеров образовавшегося на ядре искусственного кратера

К.И. Чурюмов¹, В.Г. Кручиненко¹, Л.С. Чубко², А.П. Кучеров³,
Т.К. Чурюмова¹, В.А. Пономаренко¹

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

²Национальный авиационный университет

³Словацкий институт протонных технологий

Уточнено место падения медного импактора на ядро кометы Темпеля 1 и подтверждены размеры кратеры (диаметр и глубина), рассчитанные в рамках теоретической модели Кручиненко–Чурюмова–Чубко.

УТОЧНЕННЯ МІСЦЯ ПАДІННЯ МІДНОГО ІМПАКТОРА НА ЯДРО КОМЕТИ 9P/ТЕМПЕЛЯ 1 І ПІДТВЕРДЖЕННЯ РОЗМІРІВ ШТУЧНОГО КРАТЕРУ, ЩО УТВОРИВСЯ НА ЯДРІ, Чурюмов К.І., Кручиненко В.Г., Чубко Л.С., Кучеров А.П., Чурюмова Т.К., Пономаренко В.А. — Уточнено місце падіння мідного імпактора на ядро комети Темпеля 1 і підтверджено розміри кратеру (діаметр і глибина), розраховані в рамках теоретичної моделі Кручиненка–Чурюмова–Чубко.

CLARIFICATION OF THE SITE OF FALL DOWN OF THE COPPER IMPACTOR COMET ON THE NUCLEUS OF COMET 9P/TEMPEL 1 AND CONFIRMATION OF THE SIZES OF ARTIFICIAL CRATER ON THE NUCLEUS, by Churyumov K.I., Kruchinenko V.G., Chubko L.S., Kucherov A.P., Churyumova T.K., Ponomarenko V.A. — Clarified the fall down site of the copper impactor on the nucleus of Comet Tempel 1 and confirmed the size of craters (diameter and depth), calculated within the framework of the theoretical Kruchinenko–Churyumov–Chubko's model.

Ключевые слова: дистанционные аэрокосмические исследования; поверхность ядер комет.

Key words: remote aerospace researches; surface of cometary nucleus.

КА «Дип Импект» стартовал с космодрома Кеннеди 12 января 2005 г. 3 июля 2005 г. зонд сблизился с короткопериодической кометой семейства Юпитера Темпеля 1 (9P/Tempel 1) и с него был направлен на ядро кометы импактор, состоящий на 49% из меди, 24% алюминия и 25% других материалов, в том числе 6.5 кг неиспользованного гидразина (N₂H₄) [1]. 4 июля 2005 г. импактор на скорости 10.3 км/с врезался в ядро кометы Темпеля 1. Причем по мере сближения с ядром видекамера, установленная на импакторе передавала детальные изображения ядра вплоть до 4 секунд до столкновения. Пролетный модуль «Дип Импект» в это время приблизился к ядру кометы на 500 км и зафиксировал удар импактора по ядру кометы. Одной из главных целей пролетного модуля являлось получение четких изображений искусственного ударно-взрывного кратера на поверхности ядра кометы, образовавшегося вследствие удара импактора об ядро. К сожалению при взрыве из внутренних областей ядра была выброшена огромное облако мелких льдинок, с вкраплением пылинок, которое заэкранировало кратер, и пролетный модуль не смог сфотографировать этот новый кратер на ядре кометы Темпеля 1 и определить его диаметр и глубину. А это весьма важный результат, который позволял проверить реальность моделей многих исследователей, в том числе и разработанной в Астрономической обсерватории Киевского национального университета им. Т.Г.Шевченко (Кручиненко, Чурюмов и Чубко [2–3]). В рамках этой модели, основанной на идее Эпика об использовании закона сохранения импульса при движении импактора в поверхностном слое мишени [4], были выведены уравнения, связывающие диаметр D и глубину h искусственного кратера, плотность ρ и прочность на сжатие σ_p вещества поверхностного слоя кометного ядра с диаметром d и плотностью ударника δ с КА «Дип Импект»:

$$\frac{h}{d} = 1.785 \cdot \left(\frac{\delta}{\rho}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{V^2}{\sigma_p}\right)^{1/30} \cdot \cos Z \quad (1)$$

и

$$\frac{D}{d^{3/2}} = 1.20 \cdot \left(\frac{kV\delta}{h}\right)^{1/2} \cdot (\rho\sigma_p)^{-1/4} \quad (2)$$

Здесь также V — скорость ударника, Z — угловое зенитное расстояние траектории ударника, k — безразмерный коэффициент передачи радиального импульса.

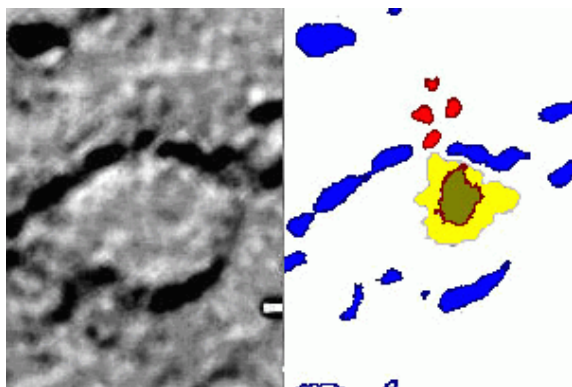


Рис. 1. Изображение области ядра через 5 лет после падения на нее ударника

Подставляя в уравнения (1) и (2) скорость столкновения $V = 10.3$ км/с, плотность вещества импактора $7.0...8.9$ г/см³, плотность вещества кометного ядра $\rho = 0.5...1.0$ г/см³, прочность вещества кометного ядра $\sigma_p = 10...100$ кН/м², эквивалентный диаметр сферического ударника $d = 43.0...46.6$ см, безразмерный фактор передачи импульса $k = 2.45$, из формулы (1) получаем, что глубина образованного кратера составит $h = 5 - 6$ м, а диаметр кратера, который определяется по формуле (2), будет равняться $D = 40...80$ м. С другой стороны ученые команды «Дип Импект» полагают, что диаметр кратера должен быть $D \sim 110$ м и глубина $h \sim 27$ м, принимая при этом крайне низкое значение прочности вещества кометного ядра $\sigma_p = 65$ Н/м² (65 Па), что не представляется реальным, так как даже прочность рыхлых метеорных пылевых шаров в атмосфере Земли (по Уипплу) составляет 1 кН/м². Реальность той или иной модели должна быть подтверждена КА «Стардаст», который в 2011 г. сблизится с ядром кометы Темпеля 1 и сфотографирует искусственный кратер на нем, который должен находиться между двумя похожими друг на друга ударными кратерами на ядре кометы. 14 февраля 2011 г. «Стардаст» приблизился к ядру кометы 9P/Темпеля 1 на расстояние 191 км получил детальные снимки поверхности ядра кометы 9P в том числе и снимок места падения медно-алюминиевого импактора [5]. Анализ этих снимков позволил обнаружить искусственный ударный кратер, образованный за пять лет до прилета к ядру космического аппарата «Стардаст». Отождествление, проведенное американской командой показало якобы наличие этого кратера вблизи вала одного из старых ударных кратеров отмечено в виде четырех фрагментов с красной заливкой (рис. 1).

Американские ученые полагают, что диаметр этого кратера (на наш взгляд псевдократера) составляет около 150 м, если измерять его по светлой кольцевой окантовке. Однако кратер — это прежде всего воронка и именно по ней должен определяться диаметр кратера, который как показывают простые измерения не превышает 67 м. Если же за размеры кратера принимать окантовку вокруг воронки из выброшенного из кратера кометного вещества, то тогда диаметр кратера Тихо, из которого выброшенное лунное вещество засыпало почти половину поверхности нашего спутника, следует считать не 240 км, а более 4000 км. Однако, используя программу обработки изображений А.Кучерова, с помощью которой изображение освобождается от дифракционных искажений, нами было получено совсем другое положение этого искусственного кратера (желтая и серая заливка) на ядре — а именно, что он находится внутри уже существующего ударного кратера на поверхности ядра кометы 9P — в его правом верхнем углу). Диаметр воронки кратера по контуру с коричневой заливкой составляет около 60 м, что близко к оценкам диаметра кратера по нашей модели. Диаметр по разбросанному вокруг воронки грунту равен 148 метров, а диаметр воронки имеет диаметр 61 метр с точностью до 1.5 метров, что точно совпадает с оценкой диаметра этого кратера по нашей модели.

1. A Deep Impact mission contribution to the internal structure of Jupiter family cometary nuclei: the talps or “layered pile” model. M.J.S. Belton and the Deep Impact science team. Belton Space Exploration Initiatives, LLC, Tucson, Lunar and Planetary Science XXXVII (2006), 1232.pdf
2. Churyumov K., Kruchynenko V., Chubko L. On sizes of the artificial explosive crater on the nucleus of comet 9P/Tempel 1 // International Workshop “Deep Impact as world observation event”, Belgium, Brussels, Book of abstracts, 2006. — P. 87.
3. Churyumov K.I., Kruchinenko V.G., Chubko L.S. The Size of the Artificial Explosive Crater on the Nucleus of Comet 9P/Tempel // Deep Impact as a World Observatory Event: Synergies in Space, Time, and Wavelength. Proceedings of the ESO/VUB Conference held in Brussels, Belgium, 7–10 August 2006. Springer Berlin / Heidelberg. 2009. — P. 191–196.
4. Opik E.J. Researches on the physical theory of meteor phenomena. I. Theory of the formation of meteor crater // Tartu Obs. Publ. — 1936. — 28, № 6. — 27 p.
5. http://stardustnext.jpl.nasa.gov/mission/mission_status11_q1.html

Поступила в редакцию 24.10.2011