

УДК 525.7

# Связь радужного следа Тунгусского космического тела с траекторией полета

О.Г. Гладышева, Д.В. Скородумов\*

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН  
194021, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

Поступила в редакцию 6.06.2014 г.

Тунгусское событие, произошедшее 30 июня 1908 г., является одним из уникальных случаев взаимодействия космического объекта с атмосферой Земли. Несмотря на то что изучение этого явления ведется уже более 100 лет, до настоящего времени продолжают споры о природе этого космического объекта. С нашей точки зрения Тунгусское космическое тело могло быть только кометой, поскольку вода выделялась из него непосредственно во время полета. За летящим объектом на небе формировался след, причем более десятка очевидцев полета отметили «радугу» в этом следе. Определение траектории Тунгусского космического тела (азимут  $A = 300^\circ$ , угол наклона  $\alpha = 20^\circ$ ) позволило установить, что эта «радуга» являлась фрагментом солнечного гало радиусом  $22^\circ$ . Это гало уникально тем, что оно сформировалось на высотах мезопаузы.

*Ключевые слова:* Тунгусское космическое тело, траектория, радужный след; Tunguska cosmic body, trajectory, rainbow trace.

## Введение

Полет Тунгусского космического тела наблюдался многими жителями Восточной Сибири. В некоторых населенных пунктах очевидцы отметили, что объект оставил на небосклоне след, причем этот след имел окраску, подобную радуге [1]. Один житель Кежмы сообщил, что летел «красный шар, а по бокам и позади его были видны радужные полосы». Второй очевидец из Кежмы описал это явление так: «Сначала раздался треск как будто из пулемета. Затем появилась радуга-дуга. Было несколько полос различного цвета, красный, синий. Видел только половину дуги... Это было так, как если бы взять рулон цветной материи и разворачивать по небу. Когда дуга опустилась, сильно грохотало, как будто гром гремел». Третий очевидец сообщил: «И вижу: синие, зеленые, красные, жаркие (оранжевые) полосы по небу идут, шириной они с улицу» [2].

Причинами возникновения радужного следа (см. работу [3]) являются преломление и отражение солнечного света ледяными кристаллами. В настоящей статье определяется связь радужных полос с траекторией полета Тунгусского космического тела.

## 1. Радужный след

На рис. 1 показаны две группы населенных пунктов, в которых след выглядел радужным. В первую группу входят селения, расположенные на Ангаре:

\* Ольга Гарibaldiовна Гладышева (Olga.Gladysheva@mail.ioffe.ru); Дмитрий Всеволодович Скородумов (dmitri.skorodumov@mail.ioffe.ru).

Кежма (6 сообщений очевидцев), Заимка (3 сообщения) и Паново. Вторая группа состоит из населенных пунктов Мога и Жданово на р. Нижняя Тунгуска. Если мы соединим эти две группы прямой линией, то увидим, что она составляет с солнечными лучами угол  $\sim 22^\circ$ . По уточненным данным, в момент Тунгусской катастрофы Солнце располагалось практически на востоке. Таким образом, радужный след мог являться фрагментом солнечного гало, т.е. частью круга радиусом  $22^\circ$  вокруг Солнца.



Рис. 1. Формирование солнечного гало радиусом  $22^\circ$ . Преломление солнечного света (Солнце в момент катастрофы находилось на востоке) ледяными кристаллами серебристых облаков. Широкая стрелка – траектория полета космического объекта. Затемненная область на этой стрелке – область высот, где траектория пересекает зону формирования серебристых облаков. X – эпицентр Тунгусской катастрофы. Тонкими стрелками показаны места расположения населенных пунктов Преображенка и Мироново на реках Нижняя Тунгуска и Лена соответственно. Фрагмент – прохождение луча через ледяной кристалл (6-гранную призму)

Известно, что окрашенные гало радиусом  $22^\circ$  образуются при преломлении света на шестигранных призматических кристаллах ледяных облаков (рис. 1, фрагмент) [4]. В любом случае наблюдение радужного следа невозможно без ледяных кристаллов или капель воды; следовательно, можно утверждать, что вода выделялась из объекта непосредственно во время его полета. Другими словами, Тунгусское космическое тело могло быть только кометой.

## 2. Определение траектории Тунгусского космического тела

### 2.1. Азимут траектории

Несколькими группами исследователей определялись места пересечения траекторией Тунгусского космического тела р. Лена и Нижняя Тунгуска. В результате оказалось, что реку Лена Тунгусское космическое тело пересекло в районе населенного пункта Мироново [5], а Нижнюю Тунгуску – вблизи с. Преображенка [6, 7]. Важно отметить, что над Преображенкой объект двигался с азимутом  $A = 300^\circ$ , т.е. значительно отклонялся от направления на эпицентр к северу. Проблема состоит в том, что три точки: эпицентр, Преображенка и Мироново, нельзя соединить одной прямой (см. рис. 1). Приходится допустить, что над Мироново и Преображенкой пролетели два различных крупных фрагмента Тунгусского космического тела.

Траектория объекта на заключительном этапе была определена по следам, оставшимся в эпицентре Тунгусской катастрофы. Начиная с 1959 г. десятки человек ежегодно исследовали эпицентр, в результате этого была создана карта вывала леса, определена зона ожоговых поражений ветвей деревьев, зона мутаций, усиленного роста деревьев и т.д. [8, 9]. Оси симметрии вываленного леса и зоны ожога были интерпретированы как траектория движения космического тела.

Наиболее вероятной нам представляется траектория, имеющая азимут  $A = 300^\circ$ . Во-первых, она близка к траектории, полученной А.В. Золотовым [10], который проанализировал карту вывала леса и определил ось симметрии поваленных деревьев с учетом действия баллистической волны. Золотов определил, что объект подходил к эпицентру со скоростью  $1-3 \text{ км/с}$  и баллистическая волна, созданная космическим телом, оказала влияние на направление вывала деревьев, наложившись на взрывную волну.

Во-вторых, этот азимут совпадает со средним азимутом траектории полета объекта над Преображенкой, вычисленным Коненкиным [6].

В-третьих, эта траектория проходит над Мироново (см. рис. 1), т.е. взорвавшийся над эпицентром объект, скорее всего, являлся тем телом, которое наблюдали над Леной.

В-четвертых, траектория проходит через зону выпавшего вещества Тунгусского космического тела [11]. Эта зона была выделена следующим образом.

Торфяные пробы отбирались на расстоянии  $80-120 \text{ км}$  от эпицентра (рис. 2), затем они отжигались, и оставшаяся минеральная составляющая анализировалась. В результате этой работы на юго-востоке от эпицентра была обнаружена область, пробы из которой оказались заметно обогащены минеральными частицами. Превышение концентрации частиц над фоновым уровнем составило несколько порядков. Предполагается, что эта область представляет собой фрагмент шлейфа распыленного вещества, сброшенного Тунгусским космическим телом во время полета. Обогащенная минеральными шариками область имеет ширину около  $30 \text{ км}$ , причем количество частиц заметно увеличивается к центру обнаруженного шлейфа.

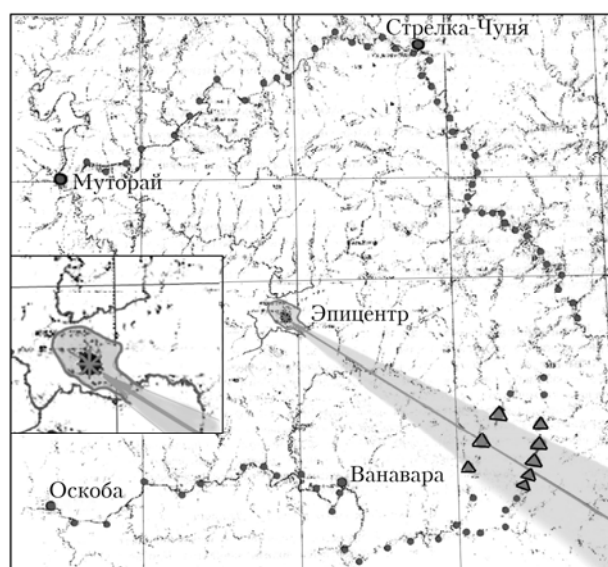


Рис. 2. Траектория Тунгусского космического тела (стрелка). Затемненная область – шлейф выпавшего вещества. Точки – места отбора проб торфа; треугольники – места расположения проб, обогащенных распыленным минеральным веществом, предположительно имеющим отношение к Тунгусскому космическому телу [11]. Фрагмент – увеличенная зона эпицентра, контуром выделена зона ускоренного роста деревьев [14]

В-пятых, траектория «стыкуется» с зоной ускоренного роста деревьев (рис. 2, фрагмент) и зоной мутационного эффекта, которые имеют выступ в юго-восточном направлении. Мутационный эффект наблюдается на соснах зоны эпицентра катастрофы. Он проявляется в увеличении частоты встречаемости треххвойных пучков [12]. В нормальных условиях сосны имеют в пучке 2 иголки, а после катастрофы появились пучки с тремя иголками. На одном из островов Южного болота (в самом эпицентре) были обнаружены сосны с необычно сильной аномалией – более половины всех пучков имели по 3 иголки. Увеличение скорости роста деревьев и по диаметру, и в высоту также является характерной чертой воздействия катастрофы на растительность, причем скорость роста, измеряемая толщиной годичного кольца, в ряде случаев увеличивалась в  $5-10$  раз [13]. Оба этих эффекта были обнаружены как у переживших ка-

тастрофу деревьев, так и у деревьев, появившихся на свет уже после катастрофы. Исследователи предположили, что эти эффекты связаны с выпадением вещества Тунгусского космического тела.

## 2.2. Угол наклона траектории

Угол наклона траектории Тунгусского космического тела был определен на основе свидетельства Т.Н. Науменко [15], который попал в Сибирь после участия в революционном движении 1908 г. Его рассказ является одним из самых надежных свидетельств очевидцев, поскольку Науменко ранее имел дело с астрономическими наблюдениями. Согласно его информации из Кежмы можно было видеть, как объект пересек диск Солнца. Если мы принимаем азимут движения объекта  $A = 300^\circ$ , то расчеты показывают, что объект сможет пересечь Солнце для наблюдателя в Кежме, если угол наклона траектории тела составит  $\alpha = 20^\circ$ .

## 3. Связь радужного следа с траекторией

Подтверждением правильности выбранного азимута и угла наклона траектории является следующее. В земной атмосфере в летнее время на высотах мезопаузы (74–92 км) образуется зона с экстремально низкими температурами ( $< -80^\circ\text{C}$ ). Именно там, в результате конденсации паров воды на пылинках, формируются серебристые облака. Если брать угол наклона траектории Тунгусского космического тела  $\alpha = 20^\circ$ , а высоту взрыва над эпицентром принять за  $h = 6$  км, то траектория пересечет мезопаузу на расстоянии 186–236 км от эпицентра (затемненная часть траектории на рис. 1). Зона формирования серебристых облаков располагается как раз над гипотетической прямой, соединяющей населенные пункты, в которых наблюдался радужный след. И, как упоминалось ранее, данная прямая составляет угол  $\sim 22^\circ$  с солнечными лучами, поскольку Солнце располагалось практически на востоке в момент катастрофы. Это говорит в пользу того, что очевидцы из Кежмы, Панов и Заньки видели радужные столбы от гало  $22^\circ$ .

Как показали исследования И.К. Дорошина [11] (см. рис. 2), в 80–100 км от эпицентра ширина шлейфа рассеянного вещества составляла  $\sim 30$  км, и, следовательно, можно допустить, что ширина следа за летящим объектом была не меньше. Столь большая ширина следа может дать возможность преломленным солнечным лучам частично отразиться от поля ледяных кристаллов. Возможно, что именно благодаря отражению преломленных лучей очевидцы из населенных пунктов Мога и Жданово могли наблюдать «радугу».

## Заключение

Траектория Тунгусского космического тела была определена на основе свидетельств очевидцев и результатов исследования эпицентра Тунгусской катастрофы. Она имеет азимут  $A = 300^\circ$  и угол наклона траектории  $\alpha = 20^\circ$ .

Эта траектория пересекает температурный минимум мезопаузы (высоты 74–92 км) как раз в той зоне, где очевидцы могли видеть солнечное гало радиусом  $22^\circ$ . Именно этим объясняется наблюдение радуги в следе жителями пяти населенных пунктов.

То, что вода, необходимая для формирования ледяных кристаллов, выделялась из Тунгусского космического тела во время его полета, говорит о кометной природе этого космического объекта.

1. Gladysheva O.G. Eyewitnesses about the Tunguska cosmic body // Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica. 2013. V. 48, iss. 1. P. 1–7.
2. Васильев Н.В., Ковалевский А.Ф., Разин С.А., Эпиктетова Л.Е. Показания очевидцев тунгусского падения [Каталог]. Томск: Изд-во ТГУ, 1981. 304 с.
3. Гладышева О.Г. След Тунгусского космического тела и Чебаркульского метеорита // Оптика атмосф. и океана. 2013. Т. 26, № 7. С. 610–613.
4. Тарасов Л.В. Физика в природе. М.: Просвещение, 1988. 352 с.
5. Эпиктетова Л.Е. Новые показания очевидцев падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ТГУ, 1976. С. 20–34.
6. Коненкин В.Г. Сообщения очевидцев о Тунгусском метеорите 1908 г. // Проблема Тунгусского метеорита. 1967. Вып. 2. С. 31–35.
7. Цветков В.И., Бояркина А.П. Результаты опроса новых очевидцев падения Тунгусского метеорита 1908 г. // Метеорная материя в атмосфере Земли. М.: Наука, 1966. С. 81–92.
8. Васильев Н.В. Тунгусский метеорит. М.: Русская Панорама, 2004. 360 с.
9. Гладышева О.Г. Тунгусская катастрофа: детали головоломки. СПб.: Наука, 2011. 184 с.
10. Золотов А.В. К вопросу о возможности «теплового» взрыва и структуре Тунгусского космического тела // Докл. АН СССР. 1967. Т. 172, № 4. С. 805–808.
11. Дорошин И.К. Обзор реализованных проектов по поиску вещества Тунгусского метеорита // Феномен Тунгуски: на перекрестке идей. Новосибирск: «Сити-пресс Бизнес», 2012. С. 29–38.
12. Васильев Н.В., Журавлев В.К., Демин Д.Н., Амосов А.Д., Батищева А.И. О некоторых аномальных эффектах, связанных с падением Тунгусского метеорита // Космическое вещество на Земле. Новосибирск: Наука, 1976. С. 71–87.
13. Флоренский К.П., Вронский Б.И., Емельянов Ю.М., Зоткин И.Т., Кирова О.А. Предварительные результаты работ Тунгусской метеоритной экспедиции 1958 г. // Метеоритика. 1960. Вып. 19. С. 103–134.
14. Васильев Н.В., Батищева А.Г. О связи ускоренного возобновления леса с траекторией падения Тунгусского метеорита // Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ТГУ, 1976. С. 149–160.
15. Науменко Т.Н. Наблюдение полета Тунгусского метеорита // Метеоритика. 1941. Вып. 2. С. 119–120.

*O.G. Gladysheva, D.V. Skorodumov.* **Connection between the rainbow track of the Tunguska cosmic body and its trajectory.**

The Tunguska event, which took place on June 30, 1908, was a unique incident of interaction of a cosmic body with the Earth. In spite of this phenomenon was investigated more than 100 years, discussions about a nature of the Tunguska cosmic body are continued. In this work, we show that the Tunguska cosmic body could be only a comet, since the object discharged water during its flight. The track was formed on the sky after the object and a dozen of eyewitnesses noted a “rainbow” in this track. Calculations of trajectory of the Tunguska cosmic body (the azimuth  $A = 300^\circ$  and the inclination  $\alpha = 20^\circ$ ) allowed one to determine that this “rainbow” was a fragment of the sun halo with a radius of  $22^\circ$ . This halo was unique because it was formed at the altitude of the mesopause.