

О ночном свечении неба после Тунгусского события

Ю. И. Лобановский

Парадокс короткого времени атмосферных аномалий ... и ... парадокс западной локализации аномалий ... Оба эти парадокса так и не были никем решены, по-видимому, в силу их принципиальной нерешаемости.
И. К. Дорошин

Краткое содержание

В работе описывается модель аномального ночного свечения неба над территориями России и Западной Европы после воздушного взрыва Тунгусского метеороида, построенная на основе идеи В. А. Бронштэна 1991 года о переотражении солнечного света пылевыми облаками, данных по аэрозольному шлейфу после взрыва Челябинского метеороида и информации о сезонных зональных переносах воздуха. Применение этой модели к событиям конца июня – начала июля 1908 года объясняет все наблюдавшиеся тогда световые явления и разрешает все парадоксы и загадки, которые были связаны с ними и которые в течение 110 лет считались неразрешимыми.

Ключевые слова: *Тунгусский метеорит – метеороид – взрыв – пыль – аэрозоли – шлейф – аномальное свечение неба*

Таблица символов

R – радиус Земли
h – высота аэрозольного слоя
 $\Delta\varphi$ – угол дуги большого круга

I. Введение

История изучения самого известного события XX века, связанного с вторжением в атмосферу Земли крупного небесного тела, известного под названием «Тунгусский метеорит», весьма своеобразна. Полет очень яркого болида с совершенно различных направлений (с юга на север, с востока на запад и с запада на восток) 30 июня 1908 года (а может быть, и в другое время, а также и не в 1908 году) в Сибири наблюдало довольно много людей. Болид видели утром, но иногда (как очевидцы рассказывали десятилетия спустя) наблюдали и вечером. Однако все это происходило над слабо населенными, а часто и совершенно дикими просторами, и в научный оборот эти противоречивые свидетельства очевидцев были введены только 20 – 60 лет спустя. Тогда же были зафиксированы сейсмические колебания земной коры и инфразвуковые волны в атмосфере, которые были связаны с Тунгусским событием спустя 17 – 22 года [1].

Однако, ночь с 30 июня на 1 июля 1908 года сразу и надолго запомнилась европейским астрономам, пытавшимся проводить тогда свои наблюдения. Небо над Европой, исключая только ее крайний юго-запад и включая почти всю Европейскую Россию, было настолько светлым, что все эти попытки оказались безуспешными. То же происходило и в Западной Сибири. «Явление было столь необычным, что в научных журналах России, Англии, Франции, Германии, Голландии и некоторых других стран, а также в русских газетах оно было подробно описано» [1]. Ночи с аномальным свечением неба повторились в некоторых местах в сильно ослабленном виде, а потом небо стало обычным.

Место, где произошел воздушный взрыв небесного тела, было обнаружено только в 1927 году – через 19 лет после самого события. Но эти исследования на местности, продолжавшиеся из-за проблем с финансированием с перерывами в течение 12 лет, были остановлены войной, в ходе которой их организатор и руководитель – ополченец Красной Армии Л. А. Кулик попал в плен и умер в нацистском лагере. И только через 50 лет после события экспедиция Академии наук СССР, а еще через год – Комплексная самостоятельная экспедиция (КСЭ) – волонтерская организация, через которую за следующие полвека прошло около тысячи человек, – наконец, смогли собрать основной массив информации об этом событии, на который опираются все, кто его изучает и сейчас.

Подобный разрыв между самим событием и началом его исследований, а также то, что ими, зачастую, занимались не очень подготовленные к такой деятельности любители, часто не обладавшие необходимой научной культурой и, одновременно, с широтой взглядов на проблему, превышавшей все разумные пределы, привело к возникновению большого числа мифов и легенд о так называемых «тайнах Тунгусского метеорита». Однако, произошедший 15 февраля 2013 года аналогичный атмосферный взрыв небесного тела, зафиксированный множеством современных гаджетов, а также накопленная за два десятилетия середины XX века информация о сотнях воздушных ядерных взрывах, позволили применить к данной проблеме

системный подход [2], с помощью которого достаточно легко развенчиваются мифы и раскрываются «загадки, тайны и парадоксы» Тунгусского явления.

В данной работе рассматриваются «загадки, парадоксы и тайны» аномального свечения неба после взрыва Тунгусского метеороида, и всем им дается простое, наглядное и почти очевидное объяснение.

II. Эмпирические данные о ночном свечении неба после Тунгусского события

Сжатое и достаточно информативное описание аномального свечения неба после Тунгусского взрыва можно найти в книге [1]. Наиболее существенная информация, полученная после количественной обработке наблюдений аномального неба в 114 пунктах, представлена на карте, нарисованной сотрудником Комитета по метеоритам АН СССР И. Т. Зоткиным в 1961 году [1] (см. рис. 1). Правда, сообщалось, что по результатам обследования судовых журналов английского флота, находившихся в Атлантическом океане в ту ночь, «...светлее обычного было только у западных берегов Ирландии, а в остальной Атлантике было темно» [3]. При этом на рис. 1 светлая зона выдается довольно далеко в Северную Атлантику, хотя вполне возможно, что засвеченная на карте область океана – это и есть то, что находится «...только у западных берегов Ирландии». Свечение неба вполне определенно наблюдалось также в Бордо [1, 3, 4], а этот ключевой пункт для дальнейшего рассмотрения проблемы оказывается явно вне пределов зоны засветки на карте И. Т. Зоткина. Наиболее полная таблица с перечислением 155 пунктов, где было замечено свечение неба в том или ином виде, а также описания происходившего той ночью в части из них, приведены в монографии [4], вышедшей 4 года спустя. Вместе с Бордо также и города из южной части Австро-Венгрии, Швейцарии и Северной Италии, представленные в этой таблице, также не попали в область свечения, показанную на рис. 1.

Кроме того, в соответствии с утверждением руководителя Комитета академика В. Г. Фесенкова о том, что он наблюдал в ту ночь аномальное свечение неба в Ташкенте (что не подтверждается больше никакими свидетельствами на всей территории Средней Азии [3, 4]), зона аномального свечения неба на карте И. Т. Зоткина сильно расширена на юго-востоке и, в силу вышесказанного, одновременно явно сужена на западе (см. рис. 1). Вдобавок, становится довольно затруднительно непосредственно связать зону засветки с Тунгусским метеороидом, тем более что точка его падения находится в 700 – 800 км к востоку от восточной границы зоны и сильно смещена на север от примерной осевой линии зоны засветки. Кроме того, обращает на себя внимание, что по версии Зоткина Тунгусской метеороид летел практически точно с юга на север, что не соответствует господствующим в настоящее время представлениям о восток-юго-восточной траектории его полета.



Рис. 1 – Область свечения неба в ночь с 30 июня по 1 июля 1908 года по И. Т. Зоткину

К аномально светлым ночам в эти дни добавилось еще одно явление – в ряде случаев наблюдались серебристые облака [1].

III. Гипотезы о причинах аномального свечения и порожденные ими «тайны»

С самого начала в качестве основной причины светлых ночей называлось резкое увеличение запыленности верхних слоев атмосферы. Независимо друг от друга, первыми мыслью о связи аномальных ночей и серебристых облаков с Тунгусским метеороидом высказали Л. А. Кулик и метеоролог Л. Я. Апостолов, и было это через 18 лет после падения этого небесного тела – в 1926 году. При этом Л. А. Кулик предложил вполне конкретный механизм образования серебристых облаков: «Я предполагаю, что серебристые облака обязаны своим происхождением метеоритам – наиболее мелкой и легкой части продуктов возгонки их вещества при их вторжении в земную атмосферу» [1]. После этого известный астроном – исследователь комет Ф. Уиппл в 1934 году высказал мысли о том, что данный объект был ядром небольшой кометы, а также о том, что свечение неба было вызвано попаданием в атмосферу Земли пыли из хвоста этой кометы. При этом «...попыток количественного объяснения явления не предпринималось» [1].

Более того, для освещения Солнцем в полночь 30 июня – 1 июля южной границы области аномального засветки высота пылинок должна составлять не менее 450 км (а при учете засветки неба Ташкента – и все 620 км). Но это – околоземный космос, высота полета орбитальных станций, и пылинки-переотражатели света плавать там, удерживаясь в течение нескольких часов, не могут, а могут только летать с орбитальными скоростями. Расположенные же на меньших высотах пылинки не будут освещены Солнцем. Только в 1991 году В. А. Бронштэн предложил теорию аномального свечения неба на основе вторичного рассеивания пылью – облака пыли (в том числе и мельчайшие кристаллики водяного льда), освещенные Солнцем, подсвечивали другие облака, находящиеся вне зоны непосредственной засветки Солнцем, а те уже освещали ночные (загоризонтные) области подстилающей поверхности [5].

Однако даже это мало помогло решению проблемы. Чрезвычайно разреженный хвост кометы, плотность которого совершенно несопоставима даже с плотностью верхней атмосферы Земли, потребовался для того, чтобы объяснить, почему область засветки неба лежит к западу от эпицентра взрыва Тунгусского метеороида. К середине 30-х годов XX века уже был известен западный перенос воздуха в средних широтах – практически постоянный ветровой поток в верхней тропосфере и нижней стратосфере с запада на восток (в слое на высоте около 10 км), и было понятно, что он никак не мог перенести пыль метеороида с востока на запад. В наше время это знание, видимо, еще более укрепилось после того, как множество людей совершило трансконтинентальные перелеты, и многие на личном опыте убедились, что перелет, скажем, из Москвы в Нью-Йорк длится, примерно, на 2 часа дольше, чем обратный. Похоже, что абсолютно все исследователи Тунгусского «метеорита» уверовали исключительно в западный перенос атмосферы не меньше, чем крестоносцы в необходимость освобождения гроба господня от неверных, или советские люди – в марксизм-ленинизм.

Вторичные (как и облака, непосредственно не освещенные Солнцем) интерпретаторы тех, кто пытался разобраться в проблеме, безапелляционно начали утверждать: «Стало ясно, почему светлые ночи наблюдались в определенном, ограниченном районе Земли, к западу от места катастрофы. Комета летела с юго-востока на северо-запад. Солнце всходило на востоке. Хвост кометы был обращен в сторону, противоположную Солнцу, то есть на запад. Область распространения пылевого хвоста была в момент вторжения, по всей вероятности, небольшой. Однако ветер мог легко и быстро перенести кометную пыль в Западную Европу» [3].

Им вторили и сами мэтры: «Перенос пыли от места взрыва до Англии (5750 км) менее чем за сутки был нереален, так как для этого требовалась постоянная скорость ветра, дующего с востока на запад, в 260 км/ч (или 72 м/с, это в два с лишним раза быстрее урагана). Значит, космическая пыль, породившая свечение, влетела в земную атмосферу одновременно с Тунгусским метеоритом или с небольшим опозданием» [1]. И никого из них не смущало, что региональные масштабы области аномального свечения (несколько тысяч километров) и космические масштабы того, что привлекалось для его объяснения (размер комы у комет – от 100 тысяч до 1 миллиона километров и более [6], не говоря уже о размерах их хвостов), совершенно несопоставимы. Можно только отметить, что необходимая для переноса пыли скорость ветра указана Бронштэном совершенно правильно, и такими ее значениями мы будем часто оперировать в последующих разделах данной статьи.

С другой стороны, еще в 1966 году И. Т. Зоткин показал, что если космическая пыль двигалась вместе с Тунгусским метеоритом, то она не могла непосредственно попасть в небо Западной Европы, так как та находилась на противоположном полушарии Земли. «Остается одно объяснение, а именно, что пылинки, тормозясь в атмосфере и подвергаясь притяжению Земли, обогнули ее, как искусственный спутник, и попали в пространство над Европой» [1]. Правда, следует заметить, что этот образ был весьма неточен – уж скорее не как «искусственный спутник», а как спускаемые аппараты лунных кораблей типа «Аполлон» или «Зонд (Союз 7К-Л1)». Они совершали двойной вход в атмосферу с промежуточным баллистическим

прыжком (Союз это делал не всегда) [7], но для этого им требовалось весьма точное управление, механизм реализации которого мелкими пылинками выходит за пределы нашего понимания.

Совсем недавно возникла несколько более согласованная с реалиями космонавтики наших дней гипотеза о том, что гигантский каменный метеороид астероидного происхождения вошел в атмосферу Земли по очень пологой траектории и взорвался в окрестностях Подкаменной Тунгуски на высоте 30 – 40 км. Его мелкие осколки испарились при взрыве, осколки покрупнее улетели в тайгу «на сотни и тысячи километров», а самые крупные «могли упасть в Атлантический океан и даже снова уйти в космос». При этом «...засорение верхней атмосферы продуктами взрыва и движущимися вдоль траектории осколками привело к оптическим аномалиям на обширной территории Евразии» [8]. Таким способом объясняется пылевой шлейф, который и привел к аномальному свечению европейского неба. «Конечно, высотный взрыв Тунгусского метеорита мог привести к основательному запылению верхних слоев атмосферы. Мелкие фракции ветром могло разнести за 15 – 20 часов на большие расстояния, но только не в Западную Европу, слишком далеко» [8].

Во время взрыва в Европе была ночь (взрыв над Тунгусской произошел утром, в 7:15 по местному времени (GMT+7)), и необычайное зрелище в виде пролета большого числа ярких болидов европейским астрономам, да и не только им, в этом случае было бы обеспечено. Но то, что оно было бы совсем не таким, каким было в реальности, да и на сутки раньше, автора этой гипотезы совершенно не смутило. Кроме того, возникновение таких последствий, как полностью поваленный лес на площади около 1500 км², при взрыве на высоте 30 – 40 км требует энергии взрыва в несколько сотен мегатонн в тротиловом эквиваленте, что привело бы к заметным последствиям как на территориях, находящихся на расстояниях в сотни километров от эпицентра, так и к глобальным. Например, инфразвуковая волна должна была бы оббежать вокруг Земли не один, как в реальности, а несколько раз. А при вполне возможном при таких энергиях и высотах взрыва прорыве атмосферы [9], ударная волна от него вообще бы не дошла до земли.

И все подобные описанным выше гипотезы в виде нагромождений умозрительных предположений и, зачастую, просто нелепостей плодили все новые и новые «тайны и загадки Тунгусского метеорита». В связи с этим выдвигались и объяснения, не связанные с рассеянием солнечного света на взвешенных в верхней атмосфере аэрозолях, например, такое: свечение неба было вызвано излучением возбужденных молекул, возможно, молекулярных ионов, по типу полярных сияний. Однако, спектроскопические исследования не выявили линии излучения, им свойственные [1]. Да и заметных возмущений магнитного поля Земли в ту ночь зарегистрировано не было [4]. Возможно, существует иной механизм возбуждения молекул, приводящий к их широкополосному свечению? Возможно, однако, ничем кроме словесных «интервенций» он никогда и ничем не был подтвержден [1].

В качестве примера, к чему может привести такой подход, сошлемся на работу [10], где утверждается, что «...все сторонники кометарно-астероидной гипотезу Тунгусского феномена относят свечение над Евразией к серебристым облакам», но оно вызвано свечением гидроксидов ОН⁻, «...продуцированное химическими и др. механизмами свечения». А «др. механизмы свечения» в итоге описываются следующим образом: «Резюмируя, можно утверждать, что Тунгусский феномен 1908 г. является результатом биений древнего Евразийского кратона вокруг мантийного плюма горячей точки Тунгусского палеовулкана, а не столкновением Земли с космическим объектом».

Комментарии тут, по-видимому, не нужны...

Таким образом, чем дальше в течение прошедшего века проводились исследования аномального свечения неба в ночь после Тунгусского явления, тем менее понятными становились их результаты, а число «загадок, парадоксов и тайн Тунгусского метеорита» все более увеличивалось. Похоже, ситуация оказалась полностью обратной той, о которой писал А. С. Пушкин в своем бессмертном романе в стихах [11]:

«Чем меньше женщину мы любим,
Тем легче нравимся мы ей...»

Вплоть до последнего момента все тут происходило наоборот. Однако, системный подход в очередной раз позволил развернуть это «все» с головы на ноги, вернув голову на надлежащее ей место. И времени для этого было затрачено на 3.5 порядка меньше, чем потребовалось для выдвижения всех этих умозрительных гипотез.

IV. Шлейф от взрыва Челябинского метеороида

Несколько лет назад произошло событие, которое должно было значительно упростить решение рассматриваемой здесь проблемы – 15 февраля 2013 года в 9:20 по местному времени в небе в окрестности Челябинска произошел воздушный взрыв очень крупного метеороида. Вскоре, со спутника Suomi/NPP в атмосфере был зафиксирован шлейф (plume) из аэрозолей, двигавшийся от эпицентра взрыва по ветру с

запада на восток. Через несколько дней он рассеялся по значительной части северного полушария Земли, многократно потеряв в своей плотности и, соответственно, в степени возможности переотражения им солнечного света на подстилающую поверхность. На основании спутниковых измерений плотности аэрозолей была создана компьютерная модель, описывающая развитие шлейфа, и продемонстрирован видеоролик, в котором все это было наглядно показано [12].

На последующих рисунках представлены отдельные кадры этого видеоролика на различные моменты времени, важные для изучения механизма аномальной засветки неба после взрыва Тунгусского метеороида (см. рис. 2 – 4, 6).

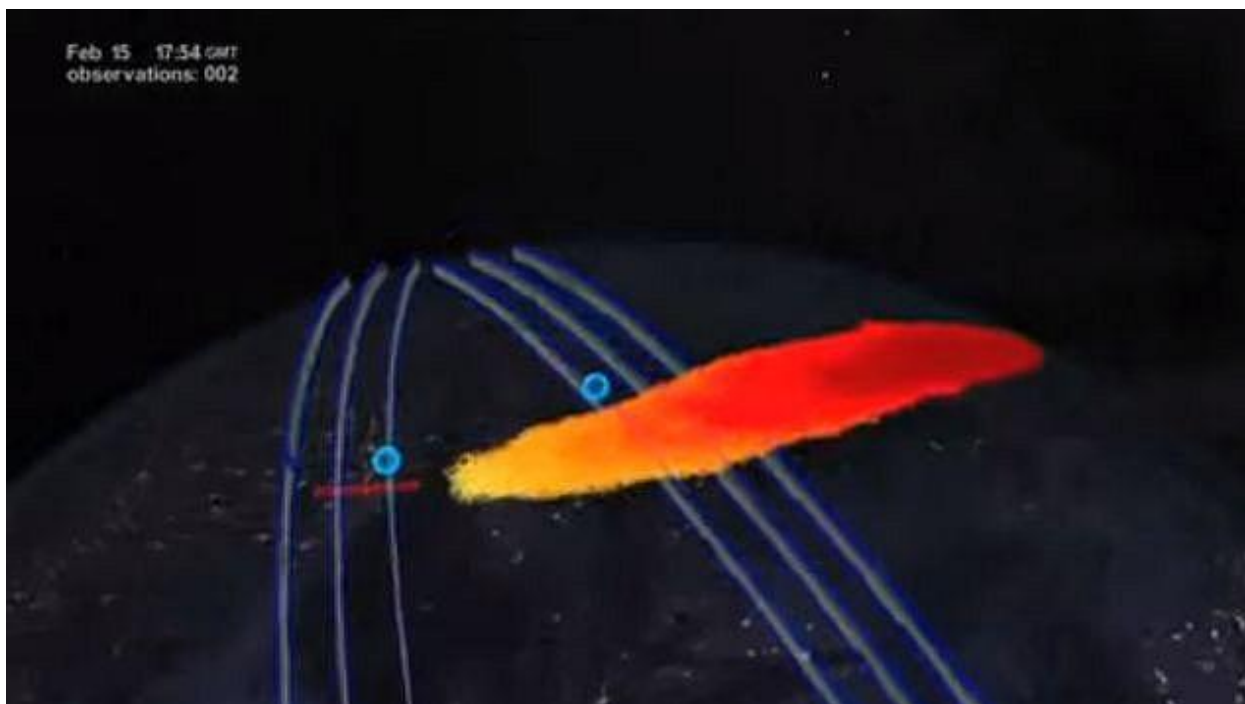


Рис. 2 – Распространение шлейфа Челябинского взрыва в атмосфере за 14.6 часа

Первые два кадра изображают шлейф после воздушного взрыва Челябинского метеороида (ЧМ) в первые сутки его развития: рис. 2 показывает форму шлейфа через 14.6 часа после взрыва, а рис. 3 – через 26.6 часа. Цвет шлейфа в кадре показывает характерную высоту соответствующих его зон: насыщенный красный – выше 40 км, бледно-желтый – около 30 км. Почему выбраны именно эти моменты времени станет ясно из дальнейшего. Видно, что вначале шлейф ЧМ представляет собой вытянутую по ветру полосу почти точно овальной формы со слабоизогнутой продольной осью, а к концу первых суток первоначальное некоторое отклонение траектории движения шлейфа на север начинает сменяться его отклонением к югу при общем западном направлении движения. Хвостовая часть шлейфа с течением времени все больше отстает от фронтальной его части, так как скорость ветра на высоте, где движется хвост, значительно ниже, и шлейф все более и более растягивается в продольном направлении.

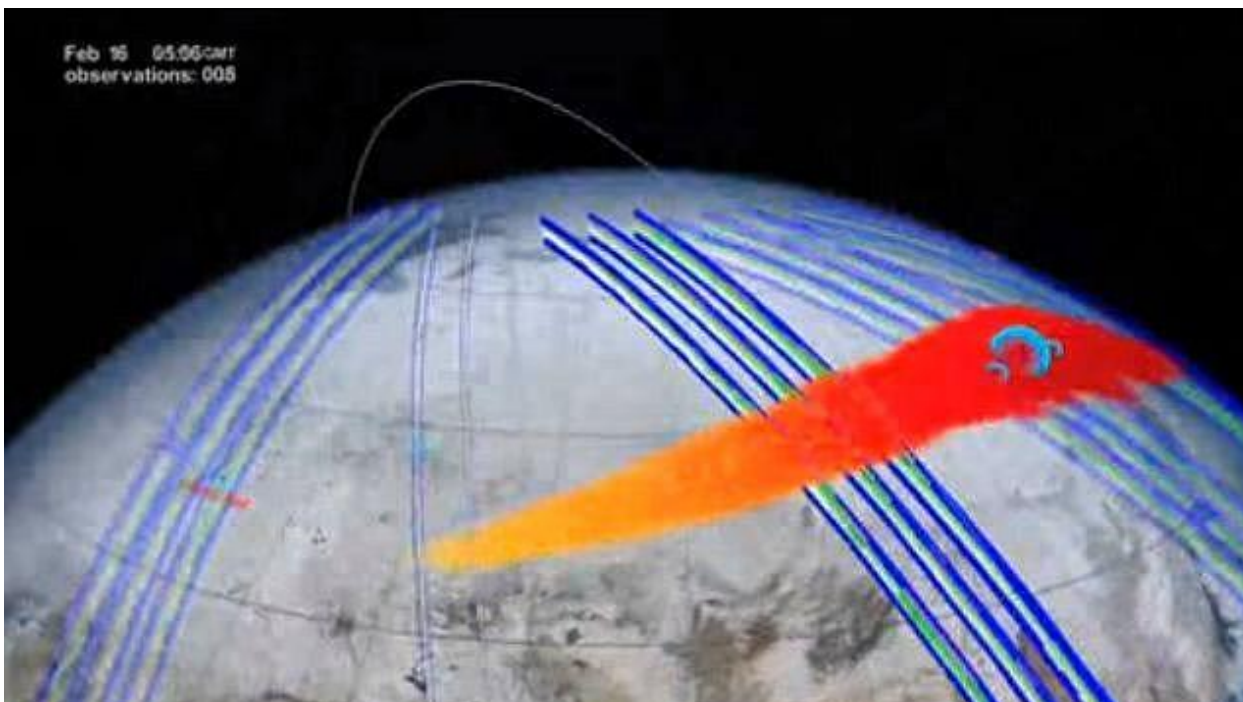


Рис. 3 – Распространение шлейфа Челябинского взрыва в атмосфере за 26.6 часа

Через 3.5 суток (точнее, через 86.5 часов) фронтальная его часть снова достигла широты Челябинска, но, примерно, на 5° градусов севернее. Таким образом, можно определить среднюю путевую скорость фронтальной части шлейфа, которая составила около 74 м/с или 266.5 км/час (скорость движения хвостовой части шлейфа – значительно ниже, около 15 м/с или 54 км/час). При этом уже заметны сильные отклонения движения шлейфа сначала к северу, а затем – к югу в западном полушарии Земли.

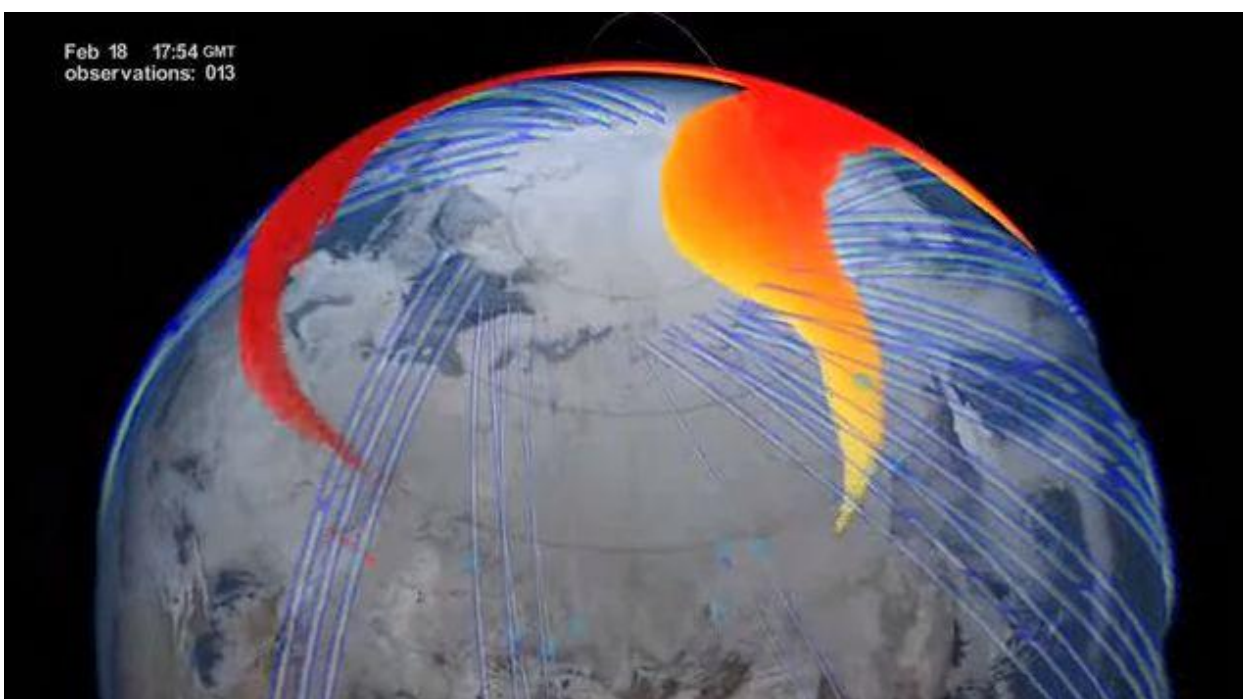


Рис. 4 – Распространение шлейфа Челябинского взрыва в атмосфере за 3.5 суток

Однако, траектория движения шлейфа в первые сутки, построенная на основе анализа кадров вышеупомянутого видеоролика, является плавной и гладкой, см. рис. 5. При скорости 74 м/с за 26.6 часа фронт шлейфа прошел 7100 км и пересек Чукотское побережье Берингова моря. Положение фронта и хвоста шлейфа в этот момент показано на рис. 5 черными точками.

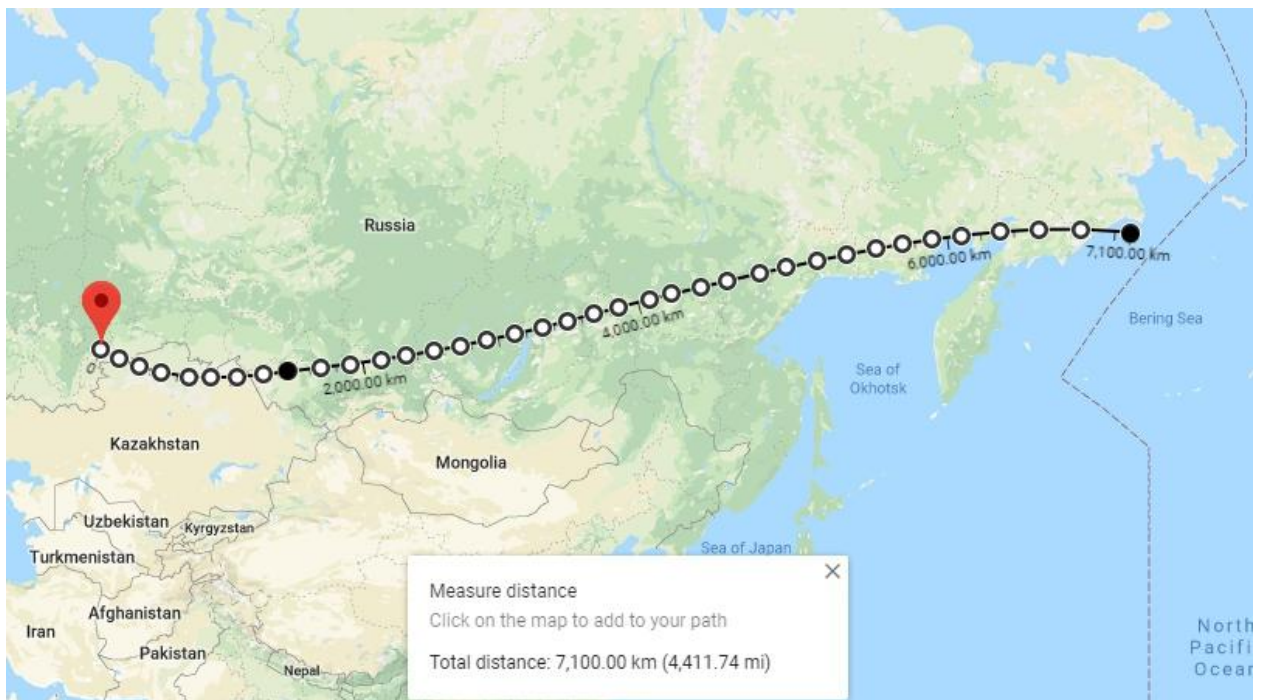


Рис. 5 – Траектория движения шлейфа Челябинского взрыва за 26.6 часа

Через 9 суток, то есть, примерно, через 2.5 оборота фронта шлейфа вокруг Земли, возникло сплошное разреженное кольцо аэрозолей в Северном полушарии Земли как минимум до 40° широты с окном в полярной области, смещенным к югу примерно в центре Восточного полушария. При этом высота шлейфа на севере сохранилась близкой к 40 км, а на юге она снизилась до 30 км. Следует понимать, что плотность завесы аэрозолей при расплывании шлейфа и оседании, в первую очередь, наиболее крупных его частиц, с течением времени быстро падает, а интенсивность цвета шлейфа на рис. 2 – 4, 6 никак не коррелирует с этой плотностью, а только с высотой основного ядра шлейфа. И уже на вторые-третьи сутки заметный вначале невооруженным глазом шлейф (когда он подсвечен солнечным излучением, а наблюдатель находится на ночной поверхности Земли) становится практически невидимым невооруженным глазом.

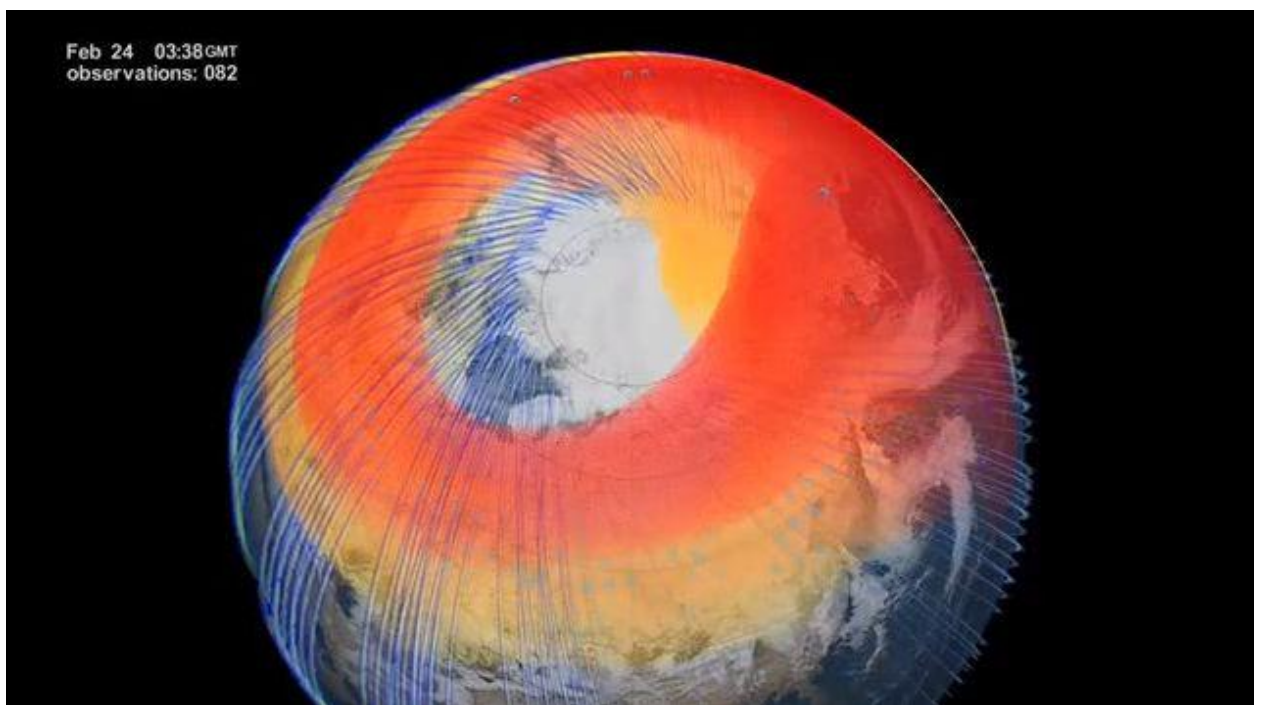


Рис. 6 – Распространение шлейфа Челябинского взрыва за 9 суток

Следует заметить, что облачность на изображении подстилающей поверхности, на фоне которой показан шлейф ЧМ, за 9 суток совершенно не изменилась, а в середине февраля в Арктике в основном

господствует полярный день (хотя это помогает ориентироваться в положении различных элементов шлейфа).

V. Модель засветки земной поверхности шлейфом аэрозолей от взрыва Тунгусского метеороида

После того, как мы получили информацию об основных характеристиках шлейфа аэрозолей, возникшего при взрыве Челябинского метеороида, а также о развитии шлейфа в течение нескольких первых суток после взрыва, построим простую модель засветки земной поверхности вследствие переизлучения солнечного света шлейфом в первую ночь после его возникновения. А в последующих разделах работы применим ее для определения области аномального свечения неба ночью 30 июня – 1 июля 1908 года и выясним, насколько такая модель соответствует имеющимся наблюдениям.

Если точечный источник светового излучения находится на высоте h над поверхностью Земли, то, вследствие кривизны Земли, он виден на ее поверхности в точках, удаленных от точки проекции этого источника на поверхность не более чем на угол дуги большого круга $\Delta\varphi$ (см. формулу (1)):

$$h = \frac{R[1 - \cos(\Delta\varphi)]}{\cos(\Delta\varphi)},$$

$$\Delta\varphi = \arccos \frac{R}{R+h}$$

При $h \ll R$ формулы упрощаются:

$$\Delta\varphi = \sqrt{\frac{2h}{R}}, \quad (1)$$

$$h = \frac{R(\Delta\varphi)^2}{2} \quad (2)$$

где R – средний радиус Земли ($R = 6371$ км). А высота, необходимая для наблюдения точечного источника света на удалении не меньше, чем угол дуги $\Delta\varphi$, соответственно, определяется из формулы (2).

Высота фронтальной части шлейфа ЧМ вначале составляет около 42.5 км и сохраняется на этом уровне, по крайней мере, несколько суток. Высота хвостовой части шлейфа в первые сутки не ниже 35 км (см. рис. 7). Для простоты оценок будем считать, что в пределах первой ночи высота шлейфа Тунгусского метеороида (ТМ) везде была равна 42.5 км.

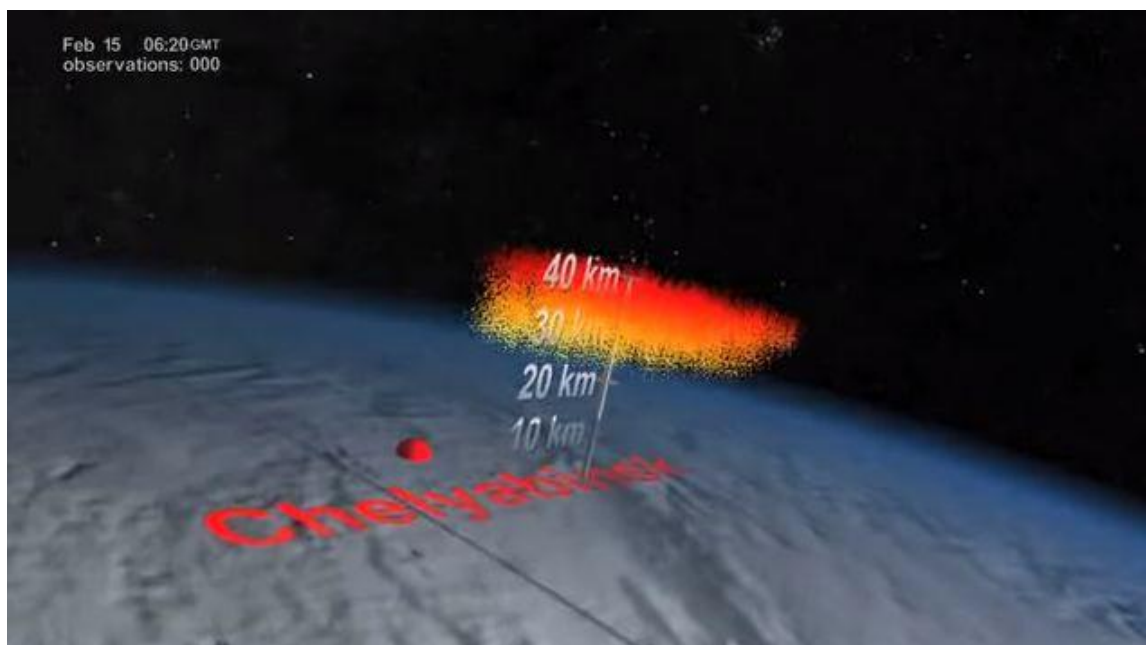


Рис. 7 – Поперечное сечение шлейфа Челябинского взрыва вскоре после взрыва

Тогда любой его элемент (в том числе и граничный) при соответствующих условиях может наблюдаться с поверхности Земли на расстоянии до 6.6° . Из-за неоднородности атмосферы по высоте происходит преломление света, и свет распространяется не по прямым, а по несколько искривленным

траекториям, и при этом видимое изображение источника приподнимается над его реальным положением. Это явление называется астрономической рефракцией света в атмосфере, и при наблюдении источников света вблизи горизонта, угол рефракции достигает 0.5° [13]. Поэтому, к расчетной величине угловой дальности наблюдения следует добавить 0.5° дополнительно из-за рефракции. Таким образом, если для уверенной засветки взять в качестве запаса 0.1° , в первом приближении любой элемент шлейфа ТМ будет наблюдаться по дуге большого круга (например, по меридиану) на угловом расстоянии 7° вдоль земной поверхности, что соответствует линейной дистанции около 780 км. При тех же условиях и высоте источника света около 35 км над поверхностью Земли дальность его наблюдения будет на 70 км меньше.

Освещение элементов шлейфа может происходить, как уже упоминалось выше, не только при непосредственном облучении Солнцем, но и при их освещении другими элементами шлейфа, переотражающими солнечные лучи [5]. При номинальной высоте аэрозольного слоя 42.5 км, подобный механизм может переотразить солнечные лучи на удвоенную дистанцию максимальной видимости засветки с поверхности Земли, то есть на 14° или 1560 км, если ширина слоя не меньше этой величины, или на ширину слоя, если она меньше. Из анализа видеоролика с распространением шлейфа ЧМ следует, что максимальная ширина шлейфа в течение первых суток составляет около 8° или 890 км, причем такую ширину имеет практически вся средняя часть шлейфа за исключением его носика и хвостика. Следует также учесть, что зона максимальной ширины шлейфа при его движении «ометает» все пространство с момента начала его освещения до момента прекращения засветки. Таким образом, в поперечном сечении шлейф ЧМ, и, как мы предполагаем, шлейф ТМ, может переотразить солнечные лучи на $7^\circ + 8^\circ + 7^\circ = 22^\circ$ или 2450 км в поперечном (широтном) направлении, и на 7° в любом направлении при «набегании» линии терминатора на начало или на конец шлейфа (более строго – на 6.4° или, примерно, на 700 км в том случае, когда ночь первый раз «догоняет» задний конец шлейфа).



Рис. 8 – Засветка вертикального пылевого шлейфа

При оценке границ засветки следует понимать, что переход от нее к полной темноте происходит не сразу – имеется некоторая сумеречная зона, которая хорошо видна на вертикальном аэрозольном шлейфе, созданном двигателями многоцветной космической транспортной системы Space Shuttle при ее старте вскоре после захода Солнца (см. рис. 8). Между полностью освещенной частью шлейфа белого цвета и серой – затененной, существует переходная зона, где цвета меняются от ярко-желтого до темно-красного. В соответствии с логикой построения модели, указанная ширина области свечения соответствует ее ширине вместе с большей частью сумеречной зоны, и реально наблюдавшаяся область яркого аномального свечения, привлекая внимание наблюдателей, могла быть несколько уже, видимо, на величину порядка 0.5° .

VI. Зональные переносы воздуха в стратосфере и высотные струйные течения

Очевидно, что для того, чтобы описанный в предыдущем разделе механизм переотражения света слоем аэрозолей позволил бы объяснить аномальную ночь с 30 июня на 1 июля в Европейской России и Западной Европе, необходимо, чтобы шлейф, возникший после взрыва Тунгусского метеороида, перемещался бы с востока на запад со скоростью, соизмеримой со скоростью движения шлейфа от Челябинского взрыва с запада на восток. А это почему-то оказалось абсолютным табу для всех тех, кто пытался построить разумный механизм аномального свечения неба в ту ночь. Автору представляется, что главная загадка этого феномена является психологической и состоит в том поразительном упорстве, с которым все они исключали эту самую простую и очевидную возможность.

Конечно, все слышали о высотных струйных течениях в средних широтах – упомянутой в разделе III узкой зоне сильного ветра в верхней тропосфере, ограниченной сверху тропопаузой, для которой характерны большие скорости (обычно, на оси более 25 м/с). Как правило, нижняя граница струйного течения находится на высотах 5 – 7 км, а тропопауза в полярных районах расположена на высотах 8 – 10 км, в умеренных зонах – на 10 – 12 км, и ветер в средних широтах обоих полушарий Земли тут практически всегда дует с запада на восток, и никогда наоборот [14]. Однако, нас интересуют ветры, которые дуют значительно выше – в верхней стратосфере на высотах от 35 до 45 – 50 км. А здесь, как следует из данных современной метеорологии и физики атмосферы, полученных уже не менее полувека назад, все обстоит немного сложнее.

Зональными переносами воздуха в общей циркуляции атмосферы называют его течения над той или иной зоной или над всем земным шаром с зональной (западной или восточной) составляющей ветра, резко преобладающей над меридиональными составляющими. Таким образом, описанный выше процесс реализации струйных течений в верхней тропосфере является зональным переносом. Современная метеорология говорит нам о следующем: «В первом приближении общая циркуляция атмосферы состоит из зональных переносов. У земной поверхности и в нижней тропосфере это ... западный перенос в средних широтах. ... В верхней тропосфере и в нижней стратосфере ... – это восточный перенос вблизи экватора и западный перенос над остальным земным шаром. В стратосфере выше 20 км – это западный перенос над зимним полушарием и восточный перенос над летним полушарием» [14].

Если рассмотреть этот вопрос более подробно, то становится известно следующее: в зимний период циркуляция воздуха в тропосфере и стратосфере имеет общие черты и определяется, в основном, неодинаковым притоком энергии в низкие и высокие широты Земли. Однако, в летний период, так же как и зимой, нагрев воздуха в тропосфере, происходит вследствие передачи тепла от земной поверхности, а температура более высоких слоев определяется поглощением тепла самой атмосферой. Вследствие этого картина распределения областей тепла и холода в стратосфере летом иная, чем в тропосфере: у экватора находится очаг холода, а у полюсов – очаг тепла. Это происходит потому, что солнечные лучи у полюсов освещают атмосферу сбоку и проходят в ней путь значительно больший, чем у экватора [14].

«Иными словами, в стратосфере полярной области образуется антициклон и на всем летнем полушарии наблюдается восточный ветер. Примерно во второй декаде июля стратосферный антициклон и вызываемая им восточная циркуляция достигают максимального развития, охватывая почти все полушарие. *Благодаря такому процессу с апреля – мая до середины сентября над Северным полушарием выше 18 – 19 км господствует восточный ветер, в то время как в нижней стратосфере, как и в тропосфере, сохраняется западный перенос. ... Окончательный переход к летнему режиму обычно заканчивается в середине июня. Первые признаки нарушения восточной циркуляции появляются в августе*» [14].

И еще одна выдержка из работы по метеорологии и физике атмосферы: «В Арктике при преобладании западного переноса, обусловленного существованием материков и океанов, часты циклоны, которые перемещаются в северо-восточном направлении, нередко через район полюса» [14]. Видимо, этими циклонами и объясняется заметное отклонение движения шлейфа Челябинского взрыва сначала на север, а затем на юг, явно видимое на изображении за четвертые сутки развития процесса (см. рис. 4).

Из всего этого следует, что шлейф Челябинского метеороида должен был перемещаться и перемещался на восток, а шлейф Тунгусского метеороида перемещался на запад, причем это происходило практически точно во время сезонного максимума господства восточного ветра в стратосфере. То, что никто из тех, кто занимался проблемой аномального свечения неба, по крайней мере, в последние 4 – 5 десятилетий, этого не знал, можно, видимо, объяснить только тем, что «узкий специалист знает очень много об очень малом, а самый узкий специалист знает все ни о чем» [15].

Можно видеть, что направление ветра в соответствии с моделью Европейского центра предсказания погоды на средних интервалах в окрестности Челябинска 15 февраля 2013 года на высотах от 15 до 60 км

указывает (см. рис. 9), как и положено, на западный перенос [16]. При этом на высоте 42.5 км было ровно то же значение скорости ветра, направленного с запад-северо-запада, что получилось у нас в разделе IV за 3.5 суток движения шлейфа ЧМ. А на высотах ниже 24 км ветер дул с северо-северо-запада. Поэтому в начале пути шлейф совершил небольшой маневр на юг, см. рис. 5.

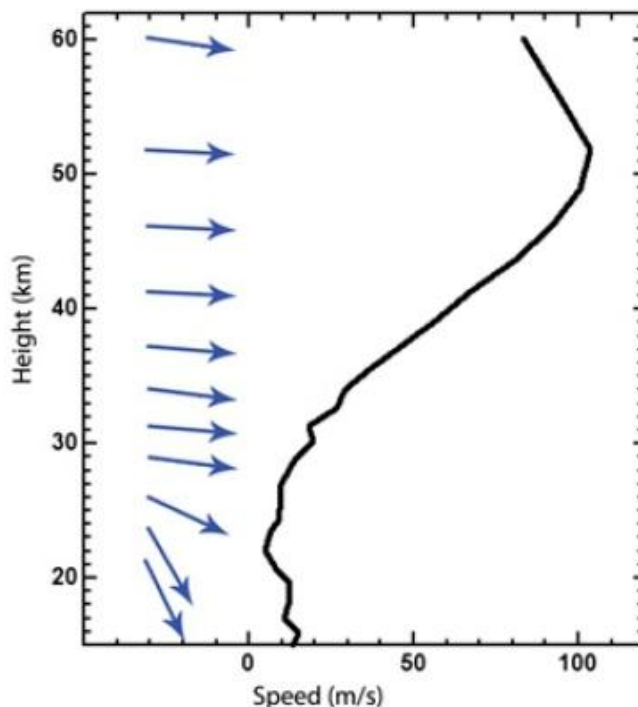


Рис. 9 – Вертикальный профиль направления и скорости ветра в стратосфере 15 февраля 2013 года

Если же оценить направление движения ветра в нижних слоях атмосферы 30 июня 1908 года в окрестности взрыва ТМ по рассеиванию силикатных шариков диаметром 50 – 300 мкм, возникших в результате этого взрыва, как сделали это и сами авторы работы [17] (волнистые стрелочки на рис. 10), можно увидеть, что там направление ветра было повернуто на 180° по отношению к направлению ветра в нижней стратосфере в окрестностях Челябинска во время взрыва ЧМ (ср. направление стрелок в нижней части рис. 9 и 10).

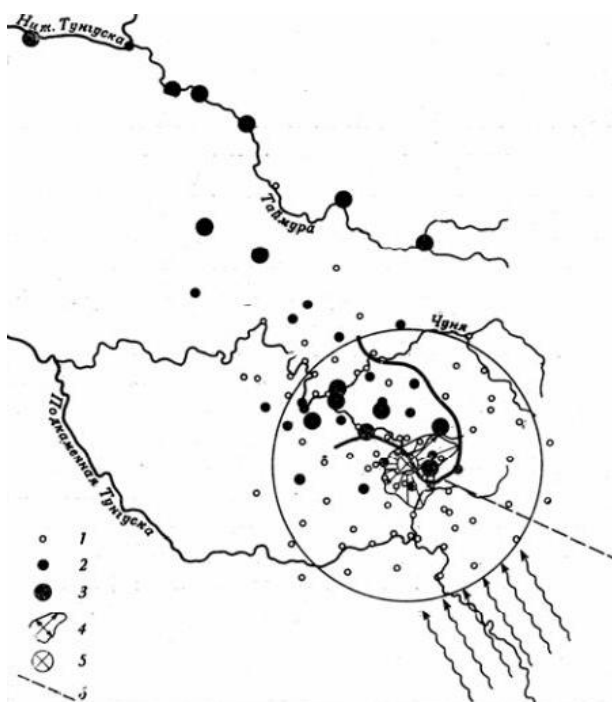


Рис. 10 – Направление ветра в тропосфере 30 июня 1908 года

Таким образом, и прямое сравнение имеющихся данных свидетельствует о полной инверсии направления ветра в окрестностях эпицентров взрывов Тунгусского и Челябинского метеороидов.

VII. Траектория движения шлейфа от взрыва Тунгусского метеороида и границы области аномального свечения неба в ночь с 30 июня по 1 июля 1908 года

Из предыдущих разделов работы следует алгоритм одновременного приближенного построения траектории движения шлейфа, образовавшегося при взрыве Тунгусского метеороида, и границ области аномального свечения неба в последующую ночь. В соответствии с описанной в разделах V и VI модели явления передний фронт шлейфа перемещался в верхней стратосфере на высоте 42.5 км под влиянием восточного переноса воздуха с характерной скоростью около 70 м/с от точки падения ТМ. Движение происходило не строго на запад, а с некоторыми отклонениями, которые следует определить по результатам наблюдения аномального свечения неба. Задний фронт шлейфа двигался несколько ниже со скоростью около 15 м/с.

Взрыв метеороида произошел утром в 7:15 по местному времени (GMT+7). Аномальное свечение неба началось в тот момент, когда из точки вечернего терминатора, ближайшей к уходящему на запад шлейфу, стало возможно видеть свечение его заднего конца. В упрощенной модели это расстояние составляет 780 км, при более точном учете реальных условий оно оказывается близким к 700 км. Это произошло в момент начала ночи в районе эпицентра взрыва ЧМ. При этом начало границы зоны свечения было близко к окружности, с течением времени расширяющейся вследствие расширения зоны шлейфа, видимой с земли, и несколько деформированной к югу из-за наклона линии терминатора.

Далее линия терминатора со скоростью порядка 230 м/с догнала хвостовую часть шлейфа, пересекла ее, затем обогнала его фронтальную часть, и ушла далеко вперед. К моменту начала засветки неба центральной частью шлейфа шириной в 8.0° в меридиональном направлении, соответствующая часть области аномального свечения становится близкой к прямоугольнику шириной в 22.0° (см. раздел V). При этом следует учитывать уход ее северной границы в зону прямой засветки земной поверхности от Солнца, а также искривление ее южной границы вследствие искривления траектории движения шлейфа, проходящей на расстоянии 11.0° от нее. На рассматриваемую дату Солнце в полночь напрямую было видно примерно с широты 66.65° , а с учетом рефракции – примерно с широты 66.15° . Поэтому, при максимальной ширине шлейфа 8.0° предельное положение южной границы аномального свечения неба не может быть дальше широты 44.15° . При этом широта точек траектории шлейфа в этой зоне должна была бы составлять 55.15° .

Более чем через сутки после взрыва метеороида утренняя линия терминатора обогнала в Северной Атлантике фронтальную точку шлейфа на 780 км, и в этот момент видимое аномальное свечение неба прекратилось. Западная граница области свечения также являлась кривой, близкой к окружности радиусом 780 км (то есть с поперечным диаметром 14°), а назад к востоку расширяющейся до 22.0° , и более сильно, чем на восточной границе, деформированная к югу.

Таким образом, по результатам наблюдений в рамках рассмотренной модели необходимо определить восточную, южную и западную границы области аномального свечения. Северная граница этой области отсутствует, так как она там сливается с зоной прямой засветки Солнцем северных полярных районов. Формальной границей между этими областями засветки можно считать параллель на 66.15° северной широты.

В монографии [4] были перечислены 155 пунктов (городов, сел, а иногда, и не вполне определенных мест) в которых были отмечены аномалии в освещенности неба в ночь с 30 июня по 1 июля 1908 года, а в некоторых случаях и в более поздние ночи. Подавляющее большинство указанных там пунктов не представляют интереса для решения рассматриваемой задачи, так как они лежали глубоко внутри области засветки. Только для 18 из них, лежавших достаточно близко к границам области, в таблице 1 (см. ниже) представлены их географические координаты, и всего 9 из 18 имеют ключевое значение для определения траектории движения шлейфа и границ области свечения неба. А данные по 9 пунктам, выделенные косым шрифтом, носят справочный характер, так как находятся от границ заметно дальше, чем ключевые пункты. В таблицу 1 добавлены также координаты эпицентра взрыва Тунгусского метеороида, а также четырех расчетных пунктов, относящихся к самой восточной и самой западной точкам области аномального свечения неба, и к положению крайних точек шлейфа, обеспечивавших засветку Солнцем крайних точек области свечения. Кроме того, указаны координаты особой точки – Москвы, точно через которую, в соответствии с оценками, проходила траектория шлейфа ТМ, и которая находилась почти точно в центре зоны засветки.

**Таблица 1 – Характерные точки области аномального свечения неба
в ночь с 30 июня на 1 июля 1908 года**

N	Характерная точка	Широта (°)	Долгота (°)
Эпицентр взрыва			
1	Верховья реки Подкаменная Тунгуска	60.89	101.90
Восточная оконечность шлейфа на момент начала свечения			
2	Верховья реки Таз	62.04	85.85
Восточная оконечность области свечения			
3	Верховья реки Подкаменная Тунгуска	60.92	101.72
4	Красноярск	56.01	92.87
5	Енисейск	58.47	92.13
Южная граница области свечения			
6	Усть-Каменогорск	49.95	82.62
7	<i>Царицын</i>	48.71	44.51
8	Ставрополь	45.03	41.97
9	<i>Керчь</i>	45.34	36.47
10	Севастополь	44.60	33.53
11	<i>Одесса</i>	46.48	30.37
12	Брод (Босния и Герцеговина)	45.13	17.98
13	<i>Дарувар</i>	45.60	17.22
14	<i>Луино</i>	46.00	8.75
15	<i>Бриг</i>	46.32	7.57
16	Бордо	44.84	– 0.58
Северная граница области свечения			
17	<i>Малое Андрейково (Кострома)</i>	57.71	41.08
18	<i>Петербург</i>	59.95	30.32
19	<i>Унсала</i>	59.85	17.65
Западная оконечность области свечения			
20	Глазго	55.87	– 4.27
21	Лисберн	54.52	– 6.03
22	Северная Атлантика	57.48	– 28.30
Западная оконечность шлейфа на момент окончания свечения			
23	Северная Атлантика	56.40	– 15.60
Особые точки			
24	<i>Москва</i>	55.75	37.62

Из источника [4] известно, что в Енисейске – крайней восточной точке наблюдения ночного свечения оно устойчиво наблюдалось, по крайней мере, до полуночи, а может быть и значительно дольше, при том, что Солнце в тот день закатилось в 22:02 по местному времени (GMT+7) [18]. Это означает, что не менее 2 – 3 часов в Енисейске продолжалось ночное свечение неба. При этом в Красноярске, расположенном на 0.6° восточнее и на 1.5° южнее свечения неба в ту ночь не было. Из этих условий при известной скорости движения хвостовой части шлейфа из точки эпицентра взрыва легко определить точку, находящуюся на расстоянии 780 км от линии терминатора на момент наличия тем крайней восточной точки шлейфа, и в 780 км от Красноярска.

Эта точка соответствует моменту начала наблюдения (21:50 по времени GMT+7) освещенного Солнцем конца шлейфа из пункта, где только что началась ночь, что случилось через 14.6 часа после взрыва (форма шлейфа ЧМ на такой же период после взрыва над Челябинском показана на рис. 2). Координаты этой точки представлены в строке 3 табл. 1, а координаты конца шлейфа на этот момент, находящегося в 780 км от нее к запад-северо-западу – в строке 2. Оказалось, что точка 3 находится всего в 10 километрах от эпицентра взрыва ТМ. С учетом того, что реальная дальность наблюдения конца шлейфа не превышает 700 км, при такой траектории шлейфа в Красноярске в ту ночь какие-либо световые эффекты на поверхности земли увидеть было нельзя.

Расстояние от Енисейска до точки 2 в этот момент составляло 515 км, так что при скорости ухода на запад конца шлейфа 54 км/час, световые эффекты ночью там обеспечивались бы в течение почти 3.5 часов. Если в реальности свечение неба там продолжалось не более 2.5 часов, то точку 2 следует сместить на 50 км к западу при соответствующем смещении времени события и положения точки 3. Таким образом, граничное условие, получаемой из засветки Енисейска и не засветки Красноярска определяет положение восточной

оконечности шлейфа на момент начала свечения ночного неба с точностью порядка 50 км, то есть примерно одного градуса по долготе. Подобная погрешность при длине шлейфа около 7100 км не имеет никакого значения при первичном анализе рассматриваемого явления. Уход траектории шлейфа ТМ к северу от направления строго на запад хорошо коррелирует с тем направлением, куда дул ветер по данным, представленным на рис. 10.

В начале пути расстояние от средней линии шлейфа до зоны прямой засветки Солнцем (широты 66.15°) составляло не более 5° – 6°, поэтому с самого начала шлейф был способен переизлучать солнечный свет на юг на расстояние не менее 14.0° по широте с быстрым ростом размера этой области. В районе Урала линия терминатора дошла до участка шлейфа с постоянной шириной 8°, и размер области засветки достиг максимальной величины в первый сутки движения шлейфа – 22.0°. И после этого вплоть до начала сужения области аномального свечения неба в Северной Атлантике расстояние между траекторией шлейфа и южной границей области составляло 11.0°. Положение этой границы достаточно точно определяется на территории Северного Кавказа (Ставрополь), а затем в Крыму (Севастополь). Далее она проходит по северу Балкан (Брод), и далее по югу Франции (Бордо) с захватом Северной Италии (Луино) (см. табл. 1 и рис. 11, 12). Из этого определяется и траектория шлейфа от Урала до Великобритании. Дальше идет плавная и гладкая экстраполяция траектории на относительно коротком участке.

В Западной Сибири и восточнее Волги траектория из точки 2, закрашенной на рис. 11, 12 черным цветом, после смещения на север постепенно и плавно смещается на юг так, чтобы гладко состыковаться точками, определенными западнее Волги по хорошо зафиксированным наблюдениям на границе области засветки, начиная с Северного Кавказа. При этом траектория шлейфа проходит, по оценкам, через Москву. Примерно с Балтийского моря она начинает снова медленно смещаться на север, так как зафиксированная максимально южная точка границы области засветки – это Севастополь.

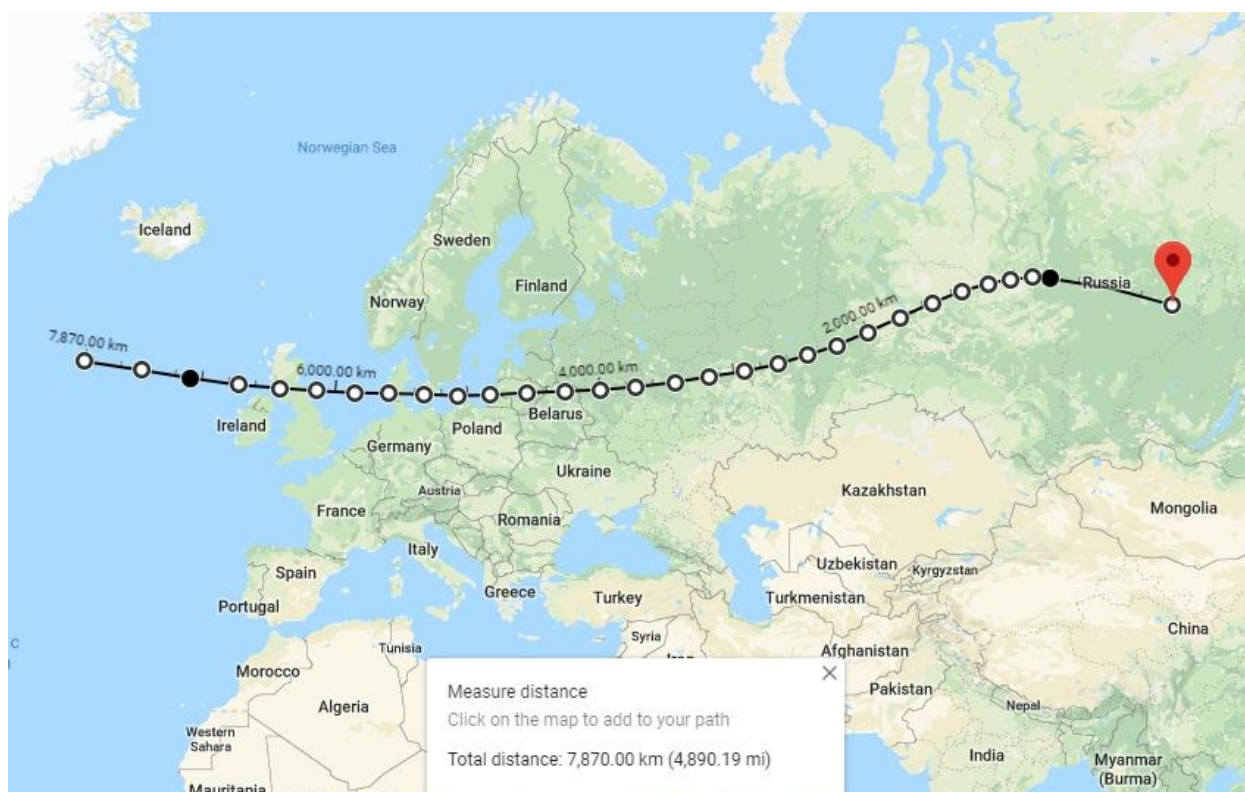


Рис. 11 – Траектория движения шлейфа Тунгусского взрыва за 28.7 часа

В течение всей ночи почти вся Европейская Россия, за исключение самого юга Северного Кавказа и вся Европа, кроме ее южных полуостровов, засвечивается солнечными лучами, перотраженными с северного края шлейфа, постоянно бывшего в зоне ночной полярной засветки, на его остальные участки вплоть до его южного края, создавая область аномального свечения неба в виде несколько деформированного овала, см. рис. 12.

Но так как скорость движения линий терминатора в данных широтах более чем в 3 раза превышает скорость движения фронтальной части шлейфа, сразу после пересечения шлейфом Великобритании линия утреннего терминатора обгоняет фронт шлейфа, а через час с небольшим удаляется от него на расстояние в

780 км. Сразу после этого больше нет ночных зон на поверхности Земли (а, точнее, в водах Северной Атлантики) из которых можно было бы увидеть освещенный Солнцем шлейф ТМ.

Момент времени и координаты точки, когда и где это произошло, зависят от скорости движения фронтальной части шлейфа. При скорости шлейфа ТМ, равной скорости движения шлейфа ЧМ, это произошло бы слишком далеко на западе, по сравнению картиной области свечения по И. Т. Зоткину (см. рис. 1). К счастью, траектория шлейфа ТМ проходила почти точно через шотландский город Глазго (см. таблицу 1), и что оказалось еще больше удачей, в источнике [4] было сказано о том, что свечение неба в Глазго началось ровно в 12 часов ночи.

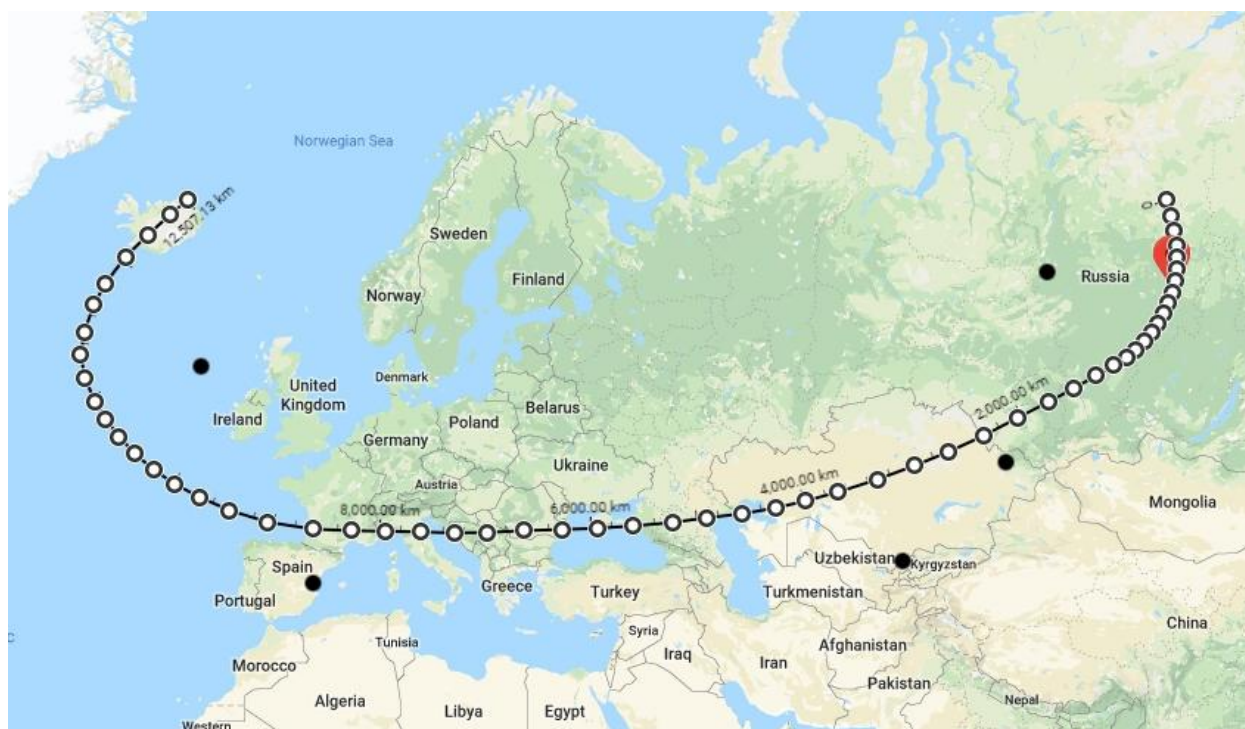


Рис. 12 – Границы области свечения неба в ночь с 30 июня по 1 июля 1908 года

Из этих данных легко определить среднюю скорость движения шлейфа ТМ от Подкаменной Тунгуски до Шотландии. Она оказалась несколько ниже скорости шлейфа ЧМ и составила около 69 м/с или 248 км/час. При этом условия определяются время (2:59 (GMT-2)) и координаты крайней западной точки области свечения и точки положения начала фронта шлейфа на этот момент (черная точка в океане около берегов Ирландии и Шотландии на рис. 11 и 12), которые указаны в табл. 1 под номерами 22 и 23 соответственно. Длина траектории шлейфа за 28.7 часа с момента взрыва ТМ составила 7100 км (см. рис. 11), как и длина траектории ЧМ за 26.6 часа (см. рис. 5). Самый западный пункт, который указан как место, где наблюдалось аномальное свечение ночного неба, – это североирландский город Лисберн, см. табл. 1 [4].

При такой скорости движения шлейфа ТМ западная граница области аномального свечения атмосферы оказалась в хорошем согласовании (по крайней мере, по долготе) с данными Зоткина. Однако, оставался один неясный момент – несмотря на то, что над акваторией западнее Ирландии почти на тысячу километров простиралась область свечения, после проверки судовых журналов «ни на одном корабле, в те ночи Атлантику, ничего необычного в небе замечено не было» [1] (правда в источнике [3] утверждалось, что в океане у западных берегов Ирландии было светлее обычного). Однако, за рассветом подверглась только сравнительно небольшая акватория океана. При этом свечение в этой зоне возникло незадолго перед рассветом, который 1 июля наступил в самой крайней точке 21 в 3 часа утра, и весь эффект от рассвета неба через шлейф сливался с утренней зарей. Тем более что на судах не отслеживали местное время, и не знали точное время рассвета в каждый момент своего плавания – для этого нужно было бы применять компьютерную навигационную систему. Поэтому, даже если и какое-то небольшое количество судов оказалось в нужном месте и в нужное для наблюдения свечения время, эффект был сильно смазан, и не был замечен моряками или был ими почти не замечен.

То же самое относится и к северной части области свечения неба. Если на широте около 60° в университетских городах Петербурге и Упсале еще смогли заметить этот эффект, несмотря на еще продолжавшиеся там белые ночи, то чем севернее, тем более эффективно обычные «белые ночи» маскировали аномальное свечение неба.

Остается уточнить положение юго-восточной части границы области свечения, о чем почти не имеется сообщений наблюдателей. В соответствии с описанной выше моделью, граница проходит немного севернее Усть-Каменогорска. Имеется сообщение, что из этого города на севере «отчетливо были видны 3 яркие полосы, напоминавшие столбы» [4], но в целом небо засвечено не было. Подобная картина может быть объяснена подсветкой облаков, расположенных к югу от границы области свечения, то есть в Усть-Каменогорске наблюдались уже третичные источники света. Далее на запад граница области свечения проходила по степям Северного Казахстана, где в то время отсутствовали не только астрономы, но и городские газеты из-за того, что и городов там практически не было. Однако не составило никакой проблемы гладко продлить границу на запад, постепенно увеличивая вследствие роста ширины шлейфа расстояние от его траектории примерно с 9° до 11° по широте до севера Каспийского моря, и дальше гладко соединить эту восточную часть границы с хорошо определенной западной частью. Окончательный результат можно увидеть на рис. 12.

VIII. Описание дальнейшего развития событий

Таким образом, описание аномального свечения неба на основе модели переизлучения солнечного света элементами шлейфа из аэрозолей, возникшего в результате воздушного взрыва Челябинского метеороида, с опорой на характеристики такого же шлейфа от взрыва Челябинского метеороида, полностью (качественно и количественно) соответствует картине, наблюдавшейся в ночь с 30 июня на 1 июля 1908 года.

Однако, описание развития процесса хоть и с несколько меньшей точностью можно продолжить и на ближайшие последующие ночи и/или дни, когда эффекты хоть и в ослабленном виде, но все же проявлялись в Западной Европе, а затем, в несколько ином виде, и по всему Северному полушарию Земли. При этом нетрудно ответить на вопросы, часть из которых десятки лет безнадежно задавалась ранее в работах по рассматриваемому явлению, а часть даже не была явно и четко сформулировано, например, на такие:

1. Почему свечение неба на следующую ночь повторилось в Западной Европе, но не в Европейской России?
2. Почему это свечение не было замечено в Северной Америке?
3. Почему, несмотря на наличие шлейфа аэрозолей, после взрыва ЧМ никакого аномального свечения неба зафиксировано не было?
4. Могло ли аномальное свечение после взрыва ТМ помешать астрономическим наблюдениям в Ташкенте?
5. Имеет ли помутнение неба, зафиксированное в калифорнийской обсерватории Маунт-Вилсон в середине июля 1908 года, отношение к рассматриваемому ночному свечению, несмотря на то, что в Америке оно не было замечено?

Ответим сначала на вопрос: «Почему свечение не было зафиксировано в Северной Америке в ночь с 30 июня на 1 июля 1908 года»? Тут не может быть никаких сомнений – после того, как рассветная линия терминатора обогнала аэрозольный шлейф на дистанцию засветки (780 км) в водах Северной Атлантики недалеко от западного побережья Ирландии, эта линия (восточная граница ночи) продолжила движение на запад, со скоростью примерно в 3.5 раза большей, чем фронт шлейфа. Из чего следует, что в первую ночь после взрыва Тунгусского метеороида шлейфа аэрозолей в небе над Северной Америкой не было, и, соответственно, аномальной засветки неба тоже быть не могло.

При этом западная граница ночи (закатная линия терминатора), пройдя Северную Америку, северные воды Тихого океана и Восточную Сибирь, через сутки (или, через 38.6 часа после взрыва) снова оказалась на восточной границе области аномального свечения в предыдущую, первую ночь после взрыва. Но за это время хвост шлейфа ушел на запад, и только, примерно, на удалении в 2200 км от эпицентра взрыва ТМ, в районе Урала, снова возникли условия, когда в ночном небе можно было бы хотя бы в принципе увидеть какую-то засветку от хвоста шлейфа.

Однако это было возможно в достаточно короткое время вечерних сумерек только в окрестности линии терминатора. С течением времени шлейф растягивался в продольном направлении. Его хвостовая часть, кроме того, что все более опускалась, еще и заметно сужалась и заострялась на конце (см. на рис. 2 – 4 эволюцию шлейфа ЧМ). Расстояние, на котором видны края шлейфа в окрестности его конца, также снизилось, минимум, на 0.5° (см. формулу (1)). Поэтому, северный край шлейфа перестал над Россией освещаться Солнцем с севера через полярные области, и был более не способен ничего освещать. Например, в окрестностях Москвы траектория шлейфа лежала на широте около 55.8° . При полуширине зоны засветки в первую ночь 11.0° , ее северная граница заходила в область полярного дня (севернее широты 66.15° с учетом рефракции), примерно, на 0.65° ($55.8^\circ + 4.0^\circ + 7.0^\circ > 66.15^\circ$). Вследствие уменьшения ширины хвоста шлейфа

на $2^\circ - 3^\circ$ и дальности засветки на 0.5° из-за снижения его высоты, полуширина зоны потенциальной засветки уменьшилась не менее, чем до 9.5° . Появился разрыв между этой зоной и полярной областью прямой засветки Солнцем шириной до $0.85^\circ - 1.35^\circ$ ($55.8^\circ + 3.0^\circ + 6.5^\circ < 66.15^\circ$), и освещение шлейфа из нее прекратилось. Поэтому аномальная засветка неба над Россией выключилась.

При дальнейшем движении вечерней линии терминатора на запад на вторую ночь, она, в конце концов, догнала центральную часть шлейфа, более-менее сохраняющую или даже несколько увеличивающую свою ширину и высоту размещения аэрозолей. Поэтому, примерно, от бельгийского Антверпена и далее на запад, над Великобританией, Ирландией и Северной Францией [4] восстанавливается освещение шлейфа из-за повторного сближения не менее чем на 7° его северной границы с областью полярной засветки ($55.5^\circ + 4.0^\circ + 7.0^\circ > 66.15^\circ$). Поэтому здесь снова возникает ночное аномальное свечение неба. В таблицу 2 включена Москва – характерное место на Русской равнине, где в первую ночь небо светилось, а во вторую – нет, а также 2 города из Бельгии и Англии, в которых описываемые эффекты проявлялись и в первую, и во вторую ночь [4]. Однако, вследствие рассеивания аэрозолей и выпадения самых крупных из них на земную поверхность, средняя плотность шлейфа сильно уменьшилась, и эффекты стали слабее.

Таблица 2 – Характерные точки некоторых аномальных явлений в последующие дни и ночи

N	Характерная точка	Широта (°)	Долгота (°)
Характерные точки по аномальному свечению неба во вторую ночь			
1	<i>Москва</i>	55.75	37.62
2	Антверпен	51.22	4.40
3	Хаверфордуэст	51.60	-4.97
Характерные точки Северной Америки			
4	<i>Квебек</i>	46.82	-71.22
5	<i>Южная граница Канады</i>	49.00	-
6	<i>Джуно</i>	58.34	-134.43
Особые точки			
7	<i>Усть-Каменогорск</i>	49.95	82.62
8	<i>Ташкент</i>	41.30	69.27
9	<i>Валенсия</i>	39.47	-0.37
10	Маунт-Вилсон	34.22	-118.06

В отличие от первой ночи после взрыва ТМ, во вторую ночь шлейф аэрозолей уже плыл над Северной Америкой, и аномальное свечение неба там было вполне возможно. Однако, экстраполируя траекторию шлейфа ТМ за первые сутки его движения, а также, изучая траекторию движения шлейфа ЧМ, можно было ожидать, что после его поворота над Западной Европой и Атлантическим океаном на север, шлейф ТМ прошел слишком далеко от достаточно крупных канадских поселений, чтобы там могли зафиксировать аномальную освещенность неба. В этом смысле Северная Канада оказалась похожа на Северный Казахстан – редкое население, в принципе, есть, но каким-то странным светом в небе оно, если и заинтересовалось, то не до такой же степени, чтобы из тундры пытаться посылать об этом куда-то сообщения (при условии наличия умения и привычки писать).

Например, на востоке Канады самым крупным северным и старейшим городом страны является Квебек, см. табл. 2. Он расположен всего лишь на несколько десятков километров севернее южного черноморского города Одессы. Так что при ожидаемой широте траектории (центра) шлейфа не менее 58° (уже у берегов Ирландии ее широта оценивалась в 57.5° , см. табл. 1), в Квебеке ничего бы не заметили. За Великими озерами южная граница Канады проходит по широте 49.0° , и все крупные поселения начала XX века находились рядом с ней не севернее широты 50° . Достаточно было траектории шлейфа вернуться на широту своего старта на Подкаменной Тунгуске, и в Канаде за Великими озерами тоже бы ничего не заметили. При этом следует отметить, что шлейф Челябинского метеороида именно в тех местах совершил довольно крутой разворот на север (см. рис. 4), так что его южная граница вскоре оказалась еще гораздо севернее – на широте выше 70° .

Осталось рассмотреть поселения на Аляске. В качестве характерного города выберем ее столицу – Джуно. Конечно, при уходе южной границы шлейфа за 70° в Джуно тоже бы ничего не смогли бы заметить. Но, если шлейф снова двинулся к югу, то аномальное свечение неба могло быть там зафиксировано. Однако его надо было отличить от обычных «белых ночей», что в Европе смогли сделать только в таких университетских городах как Петербург, Упсала и Стокгольм [4], при том, что из более мелких поселений на такой же широте и севернее никаких сообщений об аномальной засветке неба не поступило и в Европе. Да и при «чрезмерном» отклонении шлейфа на юг с «отрывом» его северной границы от области полярной

засветки более чем на 7° аномальное свечение неба «отключилось» бы в Северной Америке также как во вторую ночь в Европейской России. Вот таким может быть ответ на вопрос: «Почему свечение неба не было зафиксировано в Северной Америке на вторую ночь после Тунгусского взрыва»? Ну, а в последующие дни и ночи шлейф рассеялся настолько, что достоверные сообщения о сколько-нибудь крупных районах аномального свечения неба не известны.

После всего вышесказанного, очевиден ответ на вопрос: «Почему, несмотря на наличие шлейфа аэрозолей, после взрыва Челябинского метеороида никакого аномального свечения неба зафиксировано не было»? Это произошло потому, что взрыв ЧМ случился зимой. Из-за наклона земной оси в это время от Солнца в северной полярной области царил постоянная ночь, и подсвечивание северного края шлейфа было невозможно ни при каких условиях. А светлая южная полярная зона находилась слишком далеко на юге.

Теперь об особых случаях, связанных с сообщениями об аномальном свечении неба. Имеется всего три сообщения о свечении неба в трех городах, находившихся за пределами описываемой здесь зоны засветки. Эти города показаны на рис. 12 черными точками. С востока на запад – это Усть-Каменогорск, Ташкент и Валенсия [1, 3, 4]. Их координаты указаны под номерами 7 – 9 в табл. 2. При этом следует помнить, что точность определения границы зоны свечения на востоке несколько ниже, чем на западе.

Из проведенных оценок, следует, что Усть-Каменогорск (его центр) находился на расстоянии 290 км (2.6° дуги большого круга) от юго-восточной границы области свечения. Сообщение А. Н. Белослюдова об освещении северной части ночного неба, во время которого «... отчетливо были видны три яркие полосы, напоминавшие столбы» [4], является единичным, но вполне определенным. Этот эффект вполне мог быть вызван освещением солнечным светом, переотраженным от шлейфа, облаков, находившихся в небе в интервале между границей области регулярного свечения и городом. Оценки показывают, что высота этих облаков должна была быть не ниже 6.6 км при их расположении на краю этого интервала, и не ниже 1.65 км (см. формулу (2)) при расположении их в его центре. Подобная ситуация весьма вероятна, поэтому следует полагать, что цитируемое выше сообщение правдиво, однако оно не отменяет того факта, что Усть-Каменогорск находился вне регулярной зоны аномального свечения.

Единственным человеком, сообщившим о свечении неба над Ташкентом в ночь после взрыва Тунгусского метеороида, был академик В. Г. Фесенков, Председатель Комитета по метеоритам АН СССР [1, 3, 4], причем он заявил об этом четыре десятка лет спустя, когда тема Тунгусского метеороида вдруг стала чрезвычайно популярной. Он, якобы, «вынужден был прервать астрономические наблюдения в ночь с 30 июня на 1 июля в связи с аномально ярким освещением ночного неба» [4]. Следует отметить, что тогда он был девятнадцатилетним студентом-первокурсником Харьковского университета, и какие наблюдения он собирался проводить в Ташкенте вместо сдачи летней сессии в Харькове, по-видимому, никогда и никому уже не станет известно. При этом «... другие сведения по Средней Азии в доступной нам литературе отсутствуют. «Туркестанская военная газета»..., приводя сообщения о световых явлениях в Перми, Керчи и других местах Европейской России, не упоминает об аналогичных явлениях в Средней Азии» [4].

В отличие от Усть-Каменогорска Ташкент находился на расстоянии около 850 км (7.6° дуги) от южной границы области свечения. Минимальная высота облаков, способных переотразить солнечные лучи от южной границы регулярной области аномального свечения неба, составляла бы от 14 км при их оптимальном положении и до 56 км, если бы они оказались на краю интервала между этой границей и Ташкентом, что представляется совершенно невероятным. Да и засветка была бы только далеко на севере, так что на южных азимутах «астрономические наблюдения» в такой ситуации, по-видимому, можно было бы и не прерывать. Таким образом, сообщение о свечении неба над Ташкентом является самообманом или намеренной ложью В. Г. Фесенкова, сильно помешавшей И. Т. Зоткину, прямому подчиненному академика, провести 58 лет назад на юге более-менее правильную границу области аномального свечения неба.

Имеется также единичное и весьма невнятное сообщение о свечении неба над Валенсией, причем без упоминания о дате этого события [4], при том, что всегда утверждалось, что в данном регионе аномального свечения неба южнее Бордо не было. Удаление Валенсии от южной границы зоны засветки оценивается в 570 км (5.1° дуги), минимальная высота облаков для пересвечивания – от 6.3 км до 25 км, что тоже представляется слишком большой величиной. Таким образом, это сообщение также было отнесено к недостоверным.

Представляет известный интерес информация о том, что через 15 дней после взрыва ТМ в калифорнийской обсерватории Маунт-Вилсон (см. табл. 2) было зафиксировано резкое помутнение неба, максимум которого был достигнут около 2 августа 1908 года. Еще через пару недель прозрачность атмосферы вернулась к норме [1]. На рис. 6 видно, что шлейф Челябинского метеороида (вернее, его следы) за 9 суток добрался от точки взрыва на широте около 55° почти до полюса на севере и, примерно, до 40°

широты на юге. Шлейф Тунгусского метеороида (его центр) за первые сутки спустился с севера до широты 55°, и вполне можно ожидать, что дней за 10 он вполне был способен дойти и до широты 40°, а еще за 5 дней – до широты обсерватории Маунт-Вилсон (34°). Так что эта информация является дополнительным подтверждением аналогичности атмосферных явлений при взрывах двух метеороидов с учетом различия сезонов, во время которых они происходили.

IX. О ночном свечении неба до Тунгусского события и о неуничтожимости загадок и парадоксов

Теперь несколько слов о том, что описываемый в этой статье феномен в какой-то форме как будто бы проявлялся еще до взрыва Тунгусского метеороида. «Оказалось, что в ряде мест свечение неба наблюдалось еще до падения Тунгусского метеорита, кое-где еще с 21 июня. В ночь с 30 июня на 1 июля наступил резкий максимум, после чего явление пошло на убыль» [1]. Не вдаваясь в подробности очевидного варианта объяснения появления этого «досвечения» [19] тем, что и до и после Тунгусского события какие-то метеороиды, скорее всего, существенно меньшего размера входили в атмосферу Земли, вызывая местное свечение неба, отметим, что был предложен иной вариант объяснения этого феномена, опирающийся на психологию человека [19]. Тезисы этого объяснения изложены ниже.

Уже после того, как завершилась грандиозная ночная иллюминация, ряд европейских ученых попытались проследить генезис наблюдаемых явлений, указав на различные оптические явления, наблюдавшиеся ими до аномального свечения неба над территорией от Енисея до Атлантики. И вот это мысленное возвращение к аномалиям разного сорта, таким как: необычные цветные тона зорь, необычный вид облаков, серебристые облака, светлые сумерки, зарницы, то есть то, что происходит всегда, и, как правило, нигде не упоминается и фиксируется, и стало основой для формирования мнения научного сообщества о том, что были предшественники основного события. При этом никаких светлых ночей, кроме обычных «белых» на тех широтах, где они случались каждое лето, на самом деле отмечено не было, а данные обо всех этих явлениях появились только после наблюдений аномального освещения неба [19].

Таким образом, без всякой основы в материальном окружении и только в сознании ученых возникла еще одна «загадка». Первоначально она никак не была связана с «Тунгусским метеоритом», так как в «субъективной реальности» до экспедиции Л. А. Кулика его не существовало, но потом, после включения этого понятия в научную парадигму этот мем о «досвечении» стал источником еще одной фальшивой «тайны Тунгусского метеорита».

Однако, после ответа на все загадки и раскрытия всех тайн, связанных с аномальным свечением неба, последовавшим за взрывом Тунгусского метеороида, совершенно неожиданно возникли новые вопросы: «Как получилось, что это световое шоу было продемонстрировано с максимально возможным эффектом при тех ресурсах, которые его вызвали?» или «Какова вероятность такого хода событий?» Из предыдущего анализа следует, что воздушный взрыв Тунгусского метеороида сравнительно умеренной энергии – около 15 Мт в тротиловом эквиваленте привел к свечению неба на беспрецедентной по площади территории, и вдобавок именно там, где проживало максимальное количество достаточно образованного населения, способного обратить внимание на «ночные чудеса в небе». И концентрация «астрономов на душу населения» там была максимальной. А ведь для того, чтобы этого зрелища не было, достаточно было метеороиду взорваться не в столь подходящий период лета, не говоря уже о других сезонах – гораздо более мощный взрыв Челябинского метеороида [2, 20] вполне естественно не создал зимой ничего подобного. Или – несколько севернее или южнее. В первом случае область аномального свечения ушла бы в малозаселенные области и практически слилась бы с ординарными «белыми ночами», как это, видимо, произошло на вторую ночь в Северной Канаде, а во втором – область засветки просто бы исчезла везде, кроме окрестностей терминатора, а там она также была бы малозаметна.

Вот это и есть истинная загадка Тунгусского метеороида, выявленная с помощью системного подхода только сейчас.

Выводы

1. Модель аномального свечения неба, представленная в работе, объясняет все наблюдавшиеся в 1908 году световые явления и разрешает все парадоксы и загадки, которые были связаны с ними и которые в течение 110 лет считались неразрешимыми.
2. Ночное аномальное свечение неба объясняется переотражением солнечного света аэрозольным шлейфом, образовавшимся после воздушного взрыва Тунгусского метеороида.
3. Обширность и повторяемость свечения неба была вызвана солнечным светом, освещавшим северный край аэрозольного шлейфа через область летнего полярного дня.
4. Западное расположение области свечения неба по отношению к эпицентру взрыва Тунгусского метеороида было вызвано восточным переносом воздуха в стратосфере над летним полушарием и никак не было связано с направлением движения метеороида при его подлете к точке взрыва.

5. При уходе шлейфа на север область аномального свечения уменьшилась бы в размерах, ушла в малозаселенные приполярные и морские области и при дальнейшем смещении к северу практически слилась бы с ординарными «белыми ночами».
6. Аномальная засветка неба исчезла бы при уходе шлейфа на юг за пределы зоны освещения его северного края.
7. При перемещении точки взрыва на восток или на запад область аномального свечения сместилась бы на зоны земной поверхности с менее плотным населением.
8. Изменение времени взрыва Тунгусского метеороида сказалась бы на положении области аномального свечения так же, как и перемещение точки взрыва на восток или на запад.
9. Таким образом, место и время взрыва Тунгусского метеороида, сезон, когда это произошло, а также ветер в течение первых двух дней вплоть до сравнительно небольших его отклонений от основного направления с востока на запад оказались практически оптимальными для наблюдения аномального свечения неба на максимально больших территориях с максимально образованным населением, способным оценить представившееся ему зрелище.

Литература

1. В. А. Бронштэн – Тунгусский метеорит. В кн. «Метеоры, метеориты, метеороиды», гл. 4. Москва, Наука, 1987, 173 с. // <http://tunguska.tsc.ru/ru/science/1/BronstenMMM/Glava4/>
2. Ю. И. Лобановский – Интерфейс между наукой и культурой: изменение сценария. *Synerjetics Group*, 10.04.2019 // http://www.synerjetics.ru/article/script_change.htm
3. Л. И. Кузнецова – Только одна гипотеза. В кн. «Вестники Вселенной». Москва, Знание, 1980, 160 с. // http://osiktakan.ru/tm100_kh.html
4. Н. В. Васильев и др. – Аномальные сумерки 30 июня – 2 июля 1908 г. В кн. «Ночные светящиеся облака и оптические аномалии, связанные с падением Тунгусского метеорита», гл. 2. Москва, Наука, 1965, 110 с. // <http://tunguska.tsc.ru/ru/science/1/vasil/3/>
5. В. А. Бронштэн – Природа аномального свечения неба, связанного с Тунгусским явлением. *Астрономический вестник*, **25**, N 4, 1991.
6. Кома (комета). *Википедия // Википедия* // [https://ru.wikipedia.org/wiki/Кома_\(комета\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Кома_(комета))
7. Космонавтика (Энциклопедия), под ред. В. П. Глушко. Москва, Советская Энциклопедия, 1985, 528 с. // <http://padaread.com/?book=17319>
8. Н. Дрожжин – Куда улетел Тунгусский метеорит (Интервью с И. Н. Мурзиновым). *Независимая Газета*, 08.06.2016 // http://www.ng.ru/nauka/2016-06-08/9_meteorit.html
9. Я. П. Зельдович, Ю. П. Райзер – Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Москва, «Наука», 1966, 688 с. // <http://www.twirpx.com/file/46551/>
10. Б. Р. Герман – Решение проблемы Тунгусского феномена, в сб. «Феномен Тунгуски: многоаспектность проблемы». Новосибирск, 2008, 354 с. // <http://csl.isc.irk.ru/BD/Books/Сборник-2008%20Тунгус.pdf>
11. А. С. Пушкин – Евгений Онегин. Москва, Азбука, 2016, 352 с.
12. G. Shirah – Chelyabinsk Bolide Plume as seen by NPP and NASA Models. *NASA, Scientific Visualization Studio*, 14.08.2013 // <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=4094>
13. Астрономическая рефракция. *Википедия* // https://ru.wikipedia.org/wiki/Астрономическая_рефракция
14. Т. Х. Геохлаян – Периодические и непериодические процессы в стратосфере, гл. 2 в кн. «Изучение стратосферы», Москва, Знание, 1975, 64 с. // https://collectedpapers.com.ua/ru/studying_of_the_stratosphere/periodichni-ta-neperiodichni-procesi-u-stratosferi
15. Большая книга мудрости и остроумия, сост. К. В. Душенко. Эксмо, 2016, 1008 с.
16. S. D. Miller et al. – Earth-viewing satellite perspectives on the Chelyabinsk meteor event. *PNAS*, **110** (45), 2013 // www.pnas.org/cgi/content/short/1307965110
17. К. П. Флоренский и др. – Химический состав космических шариков из района Тунгусской катастрофы и некоторые вопросы дифференциации вещества космических тел. *Геохимия*, N 10, 1968 // <http://www.planetology.ru/florensky/documents/2.2.39.pdf?language=english>
18. Время захода и восхода Солнца на любой день // <https://shra.ru/2015/12/vremya-zakhoda-i-voskhoda-solnca-na-lyuboj-den/>
19. И. К. Дорошин – О «парадоксах» проблемы Тунгусского метеорита, в сб. «Феномен Тунгуски: многоаспектность проблемы». Новосибирск, 2008, 354 с. // <http://csl.isc.irk.ru/BD/Books/Сборник-2008%20Тунгус.pdf>
20. Ю. И. Лобановский – Челябинский метеороид: критика источников и обоснование выводов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, #7(55), 2016 // <http://engjournal.ru/catalog/mech/mlgp/1497.html>