

## О направлении полета и наклоне траектории Тунгусского метеороида

Ю. И. Лобановский

### Краткое содержание

Азимут проекции траектории полета Тунгусского метеороида ранее был вполне однозначно определен четырьмя различными инструментальными методами, и его отклонение от земной параллели составляло  $9^\circ$ . В данной работе на основании анализа поля рассеивания силикатных «космических шариков», а также «пятен разрушений» на подстилающей поверхности от взрывов Тунгусского и Челябинского метеороидов, был выбран один из двух возможных вариантов траектории, соответствующей этому азимуту. Показано, что Тунгусский метеороид летел с запада на восток с отклонением к югу на  $9^\circ$ . Наклон его траектории к горизонту был значительно больше наклона траектории Челябинского метеороида.

**Ключевые слова:** *Тунгусский метеорит – Челябинский метеороид – траектория – азимут – направление – взрыв – «космические шарики» – вывал леса*

### Таблица символов

L – дальность полета  
v – скорость  
g – ускорение свободного падения

### I. Введение

Среди так называемых «загадок, парадоксов и тайн», связанных с изучением самого известного в XX веке вторжения крупного небесного тела в атмосферу Земли – «Тунгусского метеорита» или ТКТ (Тунгусского космического тела), свое место занимает и определение направления его полета. В результате более чем столетних усилий различных исследователей для него были предложены траектории, приходящие практически со всех сторон света: от востока до запада и от юга до севера. Это связано с тем, что показания очевидцев полета Тунгусского метеороида собирались спустя многие десятилетия после самого события, да и, зачастую, простому обывателю не так-то просто определить, а затем спустя многие десятилетия вспомнить, откуда и куда летел небесный пришелец, особенно, если он не пролетал непосредственно его головой. Кроме того, весьма вероятно, что таких объектов было несколько, и когда все наблюдения пытаются привязать к одному из них, возникает хаос, вполне естественный при таких условиях. Следует отметить, что в некоторых случаях было твердо установлено, что свидетельства очевидцев относятся к болидам, летевшим совсем в другое время (см. ниже).

Все это привело к тому, что первый глава КСЭ (Комплексной самостоятельной экспедиции) профессор Г. Ф. Плеханов, после почти 40 лет ее работы, размышляя о достигнутых результатах писал: «Параметры движения ТКТ: его размеры, скорость, величину наклона и земную проекцию траектории указываются очевидцами разноречиво, и никаких обоснованных заключений по этому поводу сделать нельзя» [1].

Поэтому в данной работе определение направления полета Тунгусского метеороида (ТМ) производится не на основе этих субъективных, разнородных, противоречивых, частично ошибочных и частично ложных свидетельств, а путем системного анализа объективных данных – прямых следов ТМ, сохранившихся на земной поверхности. Рассматриваются только те из них, что имеют асимметрию по отношению к направлению полета метеороида. Кроме того, привлекаются аналогичные данные о воздействии на подстилающую поверхность другого объекта, также взорвавшегося в воздухе с сопоставимой энергией взрыва – Челябинского метеороида (ЧМ), направление полета которого точно известно.

### II. Краткий обзор истории вопроса

В течение первого полувека исследований ТМ направление его полета пытались определить исключительно по опросам свидетелей, видевших или даже только слышавших что-то как будто бы тогда, когда происходил этот полет. Сначала в экспедициях Л. А. Кулика, а затем и во время работы КСЭ, были опрошены сотни тех, кто считал себя свидетелем полета событий 30 июня 1908 года. К началу 50-х годов в литературе дискутировались два варианта траектории: траектория Вознесенского – Астаповича, направленная с юга на север (точнее, с юго-юго-запада на северо-северо-восток), и траектория Кринова, проходившая с юго-востока на северо-запад [2, 3]. Ленинградская исследовательница астроном Н. Н. Сыгинская выполнила специальную работу, чтобы сделать выбор между этими двумя траекториями. «Она отбирала наиболее надежные показания очевидцев, в частности таких лиц, для которых метеорит должен был (если верна та или иная траектория) пролететь в зените, или людей, находившихся между обеими

траекториями (для них ставился вопрос: с какой стороны пролетело тело – с западной или с восточной?). Итог был неожиданным: обе траектории оказались равновероятными. Равное количество отобранных наблюдений говорило в пользу той или другой (а некоторые можно было согласовать с обеими). Вопрос остался нерешенным» [2].

В. Бронштэн и Ю. Левин более 30 лет назад заново рассмотрели этот вопрос. Были проверены показания очевидцев из Витима и Бодайбо. Выяснилось, что двое из них наблюдали вовсе не Тунгусский болид, а другие болиды, пролетевшие в 1917 – 1920 годы, третий же видел болид очень низко над горизонтом. Его наблюдение можно согласовать с углом наклона  $15^\circ$  и даже  $28^\circ$  [2]. В 60-х годах сформировалась третья версия о направлении движения ТМ: примерно с востока на запад. Ее оценивают, как траекторию, которая «...и поныне считается лучшей из известных науке» [2] (по крайней мере, так считалось к моменту написания этой книги, то есть 3 десятилетия назад).

Позже, однако, выявился массив свидетельских показаний (ранее неизвестных), ставящих под сомнение и эту версию. Новый вывод о том, что Тунгусский метеороид двигался с запада на восток, следует из наличия значительного массива наблюдений далеко к западу от известного эпицентра. Большинство этих сообщений не было известно первым исследователям траектории ТМ. Собранная в шестидесятые годы свидетельская база, как считалось ее создателями, имела высокий «уровень доверия» – убедительные «привязки» во времени и пространстве, детальность описания, массовость показаний [4].

При этом главным аргументом в пользу западной траектории ТМ считался феномен «светлых ночей», наблюдавшихся над Россией (западнее Енисея) и Европой (исключая крайний юг). Утверждалось, что она и только она могла бы объяснить «загадку аномально светлых ночей» – только болид, летящий с запада на восток, якобы, мог создать в европейском небе достаточное количество аэрозолей для возникновения такого свечения [2, 5]. Однако недавно эти представления, возникшие вследствие незнания физики земной атмосферы, были полностью развенчаны [6].

Таким образом, почти столетние усилия исследователей по анализу показаний свидетелей не дали ничего определенного. При этом такие же противоречия существуют и при определении угла наклона траектории ТМ: для хоть какой-то видимости согласования всех этих противоречивых свидетельств требуется очень пологая траектория, а из результатов математического моделирования и анализа воздействия на подстилающую поверхность следует, что углы входа в атмосферу Земли должны быть около  $45^\circ$  [2, 7].

### **III. Азимут траектории Тунгусского метеороида**

При этом азимут траектории Тунгусского метеороида уже давно был определен с высокой точностью на основе объективных данных. Положение проекции траектории ТМ в районе эпицентра определялось по оси симметрии зоны вывала леса – так называемой «бабочки Фаста» (см. рис. 1), возникшей при воздушном взрыве ТМ. При построении оси симметрии вывала по изоклинам – линиям равных направлений вывала был получен азимут  $115^\circ$  [8], а по отклонениям вывала от радиальности –  $99^\circ$  от истинного меридиана [9]. Второй результат был получен на более обширном статистическом материале, при этом применялась вполне ясная и понятная методика. Методика, с помощью которой был получен первый результат, по заявлению самого автора была ненадежна вследствие сложного характера изоклин и неустойчивости их кривизны.

Позднее было замечено, что «ось симметрии по изоклинам в точности соответствует оси симметрии внешнего контура вывала, ... но проходит севернее последней на 2 км через эпицентр» [7]. При этом на юге зоны – гористая местность, а на севере – равнина, что неизбежно деформирует контур равных давлений (изобар) при взрыве, и контур вывала леса вследствие этого искажается. При деформации контура вывала искажаются и изоклины, а при расчете оси симметрии по ним участвует вся длина каждой из изоклин [7]. Все это приводит к систематическому смещению «оси симметрии» фигуры, не вполне симметричной из-за топографии местности. Поэтому методика по отклонениям вывала от радиальности, являющаяся локальной и не зависящей от общей геометрии зоны вывала, а, значит и от топографии местности, является значительно более надежной, что вполне согласуется и с выводами автора обеих методик В. Г. Фаста [7].

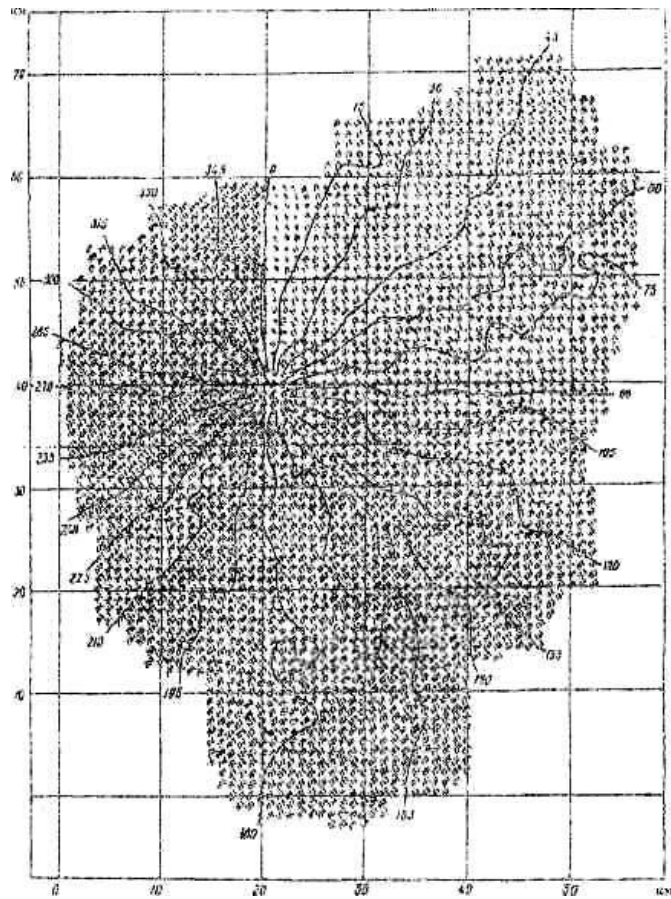


Рис. 1 – Бабочка Фаста

Азимут траектории  $99^\circ$  подтверждается еще тремя независимыми инструментальными исследованиями: по контуру области сплошного вывала [10], по симметрии области ожога (см. рис. 2) [11] и по симметрии «Светлого пятна» [12] («Светлое пятно» – это видимые со спутников особенности окраски лесной растительности в окрестности эпицентра взрыва ТМ. Светло-зеленые участки леса на спектрзональных снимках, как показали осмотры на местности, характеризуются преобладанием лиственницы, доля сосны на участках с более темной окраской составляет не менее 40 %).

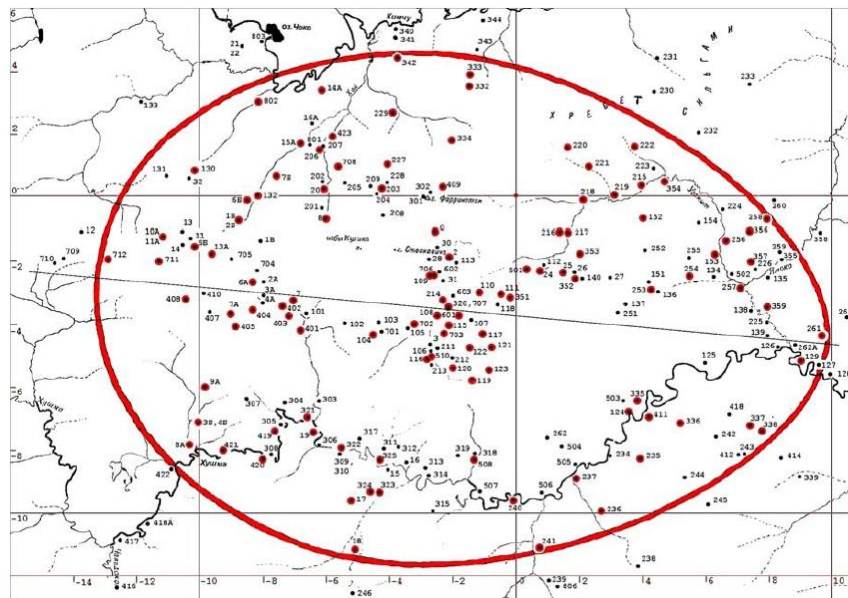


Рис. 2 – Контур области с ожоговыми поражениями деревьев

Таким образом, азимут траектории ТМ в окрестности эпицентра установлен вполне определенно и достаточно точно объективными инструментальными методами. Тунгусский метеороид летел там почти вдоль параллели, отклонившись от нее на  $9^\circ$ . Остается теперь столь же объективно определить, летел ли он с востока, или с запада.

#### IV. Зона рассеивания «космических шариков» и направление полета Тунгусского метеороида

Из предыдущего раздела статьи следует, что первоначальная сложная задача определения направления траектории ТМ в результате многолетних усилий предшественников превратилась в рассмотрение весьма простой альтернативы: какое из двух диаметрально противоположных направлений полета ТМ соответствует реальности? Для объективного ответа на этот вопрос достаточно сравнить некоторые виды следов на подстилающей поверхности, асимметричных по отношению к направлению полета метеороида, и наблюдавшихся после воздушных взрывов двух качественно подобных метеороидов – Тунгусского и Челябинского. К настоящему времени найдено 2 типа таких следов: так называемые «космические шарики» у ТМ и, соответственно, мелкие хондритные обломки ЧМ, и формы следа от воздействия ударной волны на поверхности земли. В данном разделе проведено сравнение и анализ первого типа следа от взрывов метеороидов.

«Космические шарики» – достаточно мелкодисперсное космическое вещество, представляющее собой силикатные шарики диаметром 50 – 300 мкм и массой 1 – 100 мкг, внутри которых часто имеется магнитное ядро, состоящее, в основном, из железа, никеля и кобальта в различных пропорциях. Был обнаружен шлейф рассеивания таких шариков, прослеживавшийся на северо-северо-восток более чем на 400 км и «не показывающий признаков обеднения» (см. рис.3) [13].

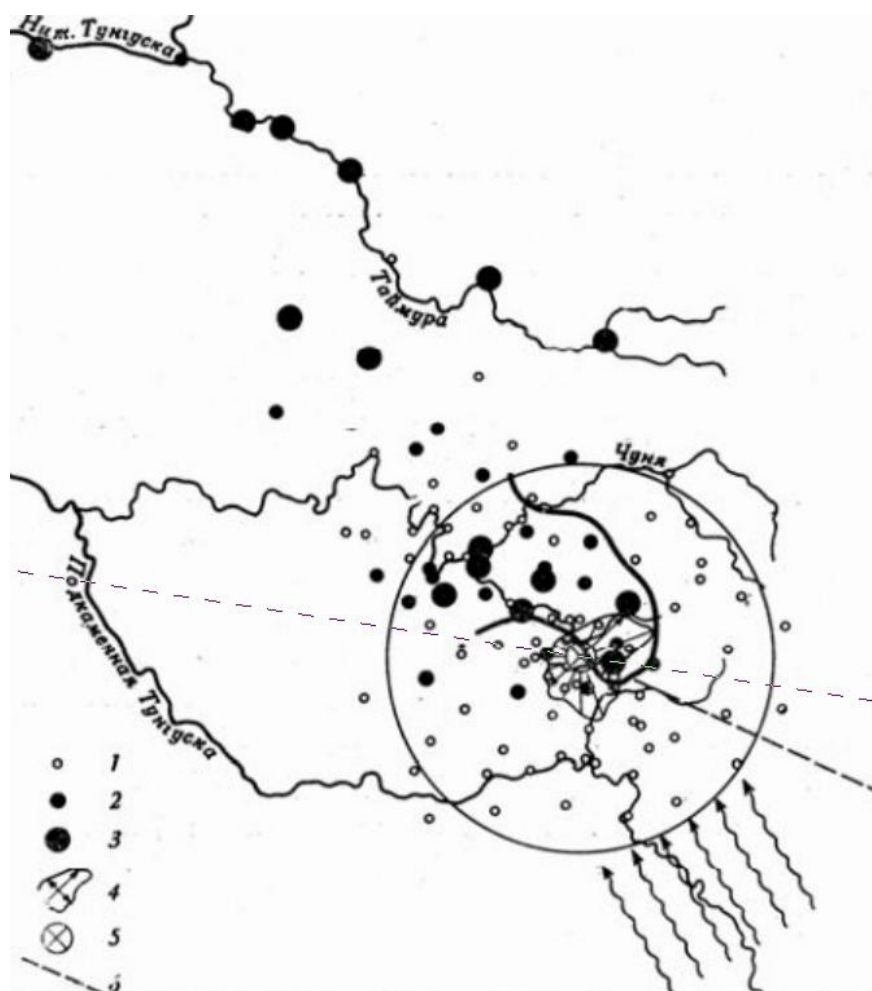


Рис. 3 – Пространственное распределение «космических шариков» после взрыва ТМ

Окружность радиусом 100 км на рис. 3 проведена вокруг эпицентра взрыва для демонстрации масштаба шлейфа, жирный пунктир – траектория ТМ, предполагавшаяся авторами работы [13] более полусотни лет назад (азимут –  $115^\circ - 120^\circ$ ), тонкий пунктир – траектория по современным данным (азимут  $99^\circ$ ). Точки – места обнаружения шариков (чем крупнее и чернее – тем больше их в пробе), группа извилистых стрелок показывает направление ветра, определенное по форме шлейфа. Следует отметить, что

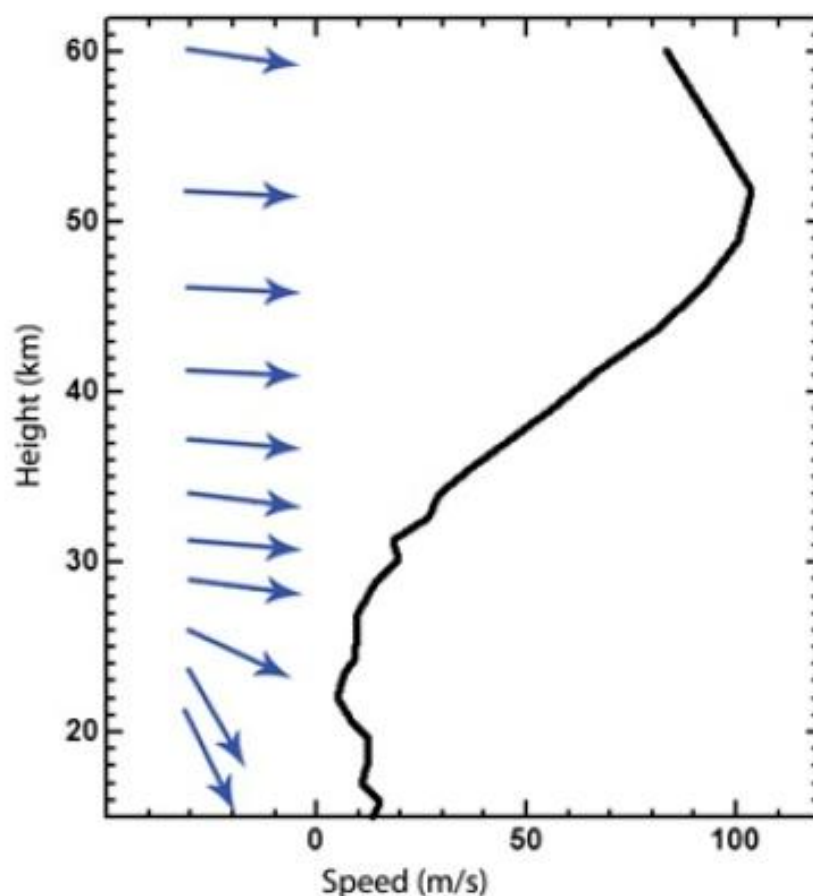
размер этих шариков на 1.5 – 2.5 порядка больше, чем размер частиц аэрозолей, составлявших тонкодисперсный шлейф (plume) ТМ, который вызвал аномально светлые ночи в России и Европе [6], поэтому шарики и выпали на землю в такой относительной близости от эпицентра взрыва.

Так как рассеивание шариков происходило, в основном, под действием ветра, необходимо реконструировать его направление в тот день, по возможности включая стратосферу, в которую попадают микрочастицы после мощного взрыва. Для этого будут полезны данные о ветре в стратосфере в момент взрыва Челябинского метеороида, а также базовая информация о зональных переносах воздуха, в первом приближении определяющих общую циркуляцию атмосферы [14].

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 показано на рис. 4 [15]. Вследствие зимнего западного переноса ветер в верхней и средней стратосфере направлен в основном с запада на восток. В нижней стратосфере он сильно отклоняется к меридиану.

Летом, когда произошел взрыв Тунгусского метеороида, в верхней стратосфере господствует восточный перенос [14]. В соответствии с результатами исследования аномального свечения неба из-за взрыва ТМ распределение направления ветра в стратосфере по высотам было диаметрально противоположным тому, что изображено на рис. 4 [6]. Собственно говоря, и авторы статьи [13] еще 50 лет назад изобразили именно такое (противоположное) направление ветра в нижней части атмосферы. В верхней ее части вплоть до высот около 60 км ветер отклоняется к параллели и сильно поворачивает к западу.

Таким образом, существует асимметрия между двумя возможными направлениями полета метеороида и направлением господствующих ветров на разных высотах в день его взрыва. При восточном подлете ТМ угол между ними изменялся примерно от 0 до 50°, и ветер всюду был попутным, при западном был ветер встречным. Из этой асимметрии по шлейфу выпавших на землю шариков можно найти вариант, который не мог быть тогда реализован. Отбросив его, мы получим правильное направление прилета метеороида.



**Рис. 4 – Вертикальный профиль направления и скорости ветра в стратосфере 15 февраля 2013 года**

Шарики при взрыве первоначально рассеиваются над поверхностью земли радиальными потоками воздуха в пределах так называемой «шляпки гриба», радиус которой у термоядерного заряда Castle Bravo составил 50 км [16]. Энергия этого взрыва, по оценкам, была очень близка к энергии взрыва ТМ – около 15

Мг. У взрывов близкой энергии близки и радиусы «шляпки гриба», что дает оценку размера зоны первичного рассеивания «космических шариков» для ТМ. Ее радиус оказывается в 2 с лишним раза меньшим, чем те радиусы, на которых были найдены «космические шарики», разбросанные во всех направлениях, в том числе и против господствующих ветров. Далее, медленно осаждаемая в атмосфере и летя по ветру, шарики выпадают на поверхность земли. При таком центрально симметричном механизме рассеивания шарики не могут выпасть далее 50 км от эпицентра в полном безветрии.

А ту часть пыли, которая была рассеяна против ветра, он, как минимум, частично возвращает ближе к эпицентру взрыва. Например, при взрыве Castle Bravo ширина зоны заметного радиоактивного заражения с наветренной стороны не превысила 18 км – в 3 раза меньше, чем размер «шляпки гриба» этого взрыва, при том, что с подветренной стороны ее граница ушла на 465 км [16]. Это, кстати, довольно близко к подветренной границе шлейфа рассеивания «космических шариков» – «более 400 км» без «признаков обеднения» вплоть до этого расстояния [13]. Насколько можно понять из текста статьи, проследить шлейф шариков исследователи далее просто не смогли. Но с наветренной стороны граница шлейфа шариков отстоит от эпицентра взрыва ТМ, по крайней мере, в 5 раз дальше, чем граница радиоактивного следа от наземного термоядерного взрыва аналогичной мощности, при том, что взрыв ТМ – воздушный, и снос пыли ветром к эпицентру в этом случае должен был быть еще заметнее.

Поэтому для взрыва ТМ необходим асимметричный механизм разброса шариков, способный рассеять их против ветра на достаточно большие расстояния. Как известно, при взрывах крупных метеороидов часто образуются довольно крупные обломки, причем все они летят в том же направлении, что и родительский объект. Например, самый крупный найденный осколок Челябинского метеороида массой около 600 кг упал в озеро Чебаркуль, находящееся на расстоянии 60 км от эпицентра взрыва на продолжении траектории ЧМ [17]. Вторичное рассеивание силикатной пыли с таких крупных осколков может проходить, в том числе, и непосредственно перед их падением, так что ветер уже не сможет сильно повлиять на то, куда эта пыль осядет. При этом сами крупные обломки метеороида при поисках в тайге и в болотах спустя десятилетия после события вследствие их малого количества найти практически невозможно, а вот пыль, принесенная ими, была найдена.

Оценим дальность рассеивания силикатной пыли с помощью такого механизма. По данным интерактивной Интернет-программы, описывающей разрушение метеороидов в атмосфере и/или их падение на поверхность Земли [18], при параметрах Тунгусского метеороида, описываемых в работе [19], остаточная скорость фрагментов ТМ после взрыва была равна 1.88 км/с. При этом энергия его взрыва составляла 14.6 Мт при высоте 8.25 км, что соответствует типичным современным воззрениям на эти параметры ТМ. Простейшая оценка с помощью модели плоской Земли при отсутствии атмосферы, оптимальном угле вылета и без учета стартовой высоты

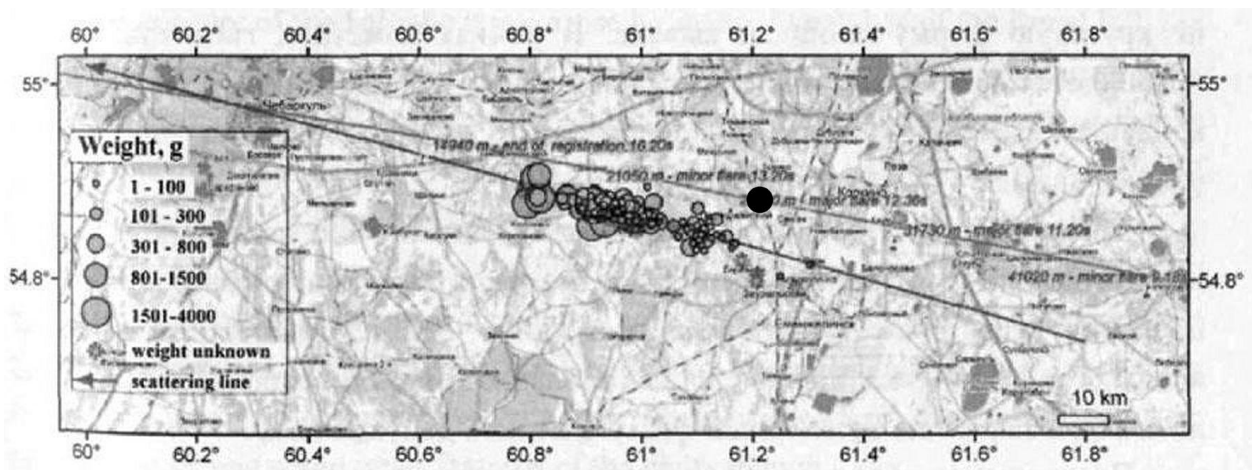
$$L = \frac{v^2}{g}, \quad (1)$$

дает дальность пролета  $L = 360$  км ( $v$  – скорость вылета осколка,  $g$  – ускорение свободного падения).

Оценим теперь воздействие атмосферы по данным о так называемой «Парижской пушке» Первой мировой войны. Максимальная дальность стрельбы этой пушки составляла 130 км при начальной скорости снаряда 1600 м/с [20], а по формуле (1) она равна 260 км. Таким образом, учет реальных факторов в этом диапазоне скоростей и дальностей должен уменьшить максимальную дистанцию разлета осколков ТМ, минимум, в 2 раза. Так что в первом приближении она должна была составлять около 180 км. С учетом худших аэробаллистических характеристик осколков по сравнению со снарядами «Парижской пушки», а также не оптимальности углов разлета, можно ожидать, что реальное расстояние переноса «космических шариков» против ветра составит порядка 100 км, что в 5 – 6 раз больше, чем их перенос «шляпкой гриба» наземного взрыва при встречном ветре средней силы. И из рис. 3 видно, что максимальное удаление найденных «космических шариков» в направлениях «против ветра» составляет 110 км, причем обе имеющиеся точки максимального удаления от эпицентра находятся рядом с траекторией ТМ или с ее продолжением.

Определим теперь, куда летят осколки метеороида (метеориты) после его воздушного взрыва. Мелкие метеориты массой от 1 до 4000 граммов после Челябинского события были найдены в узкой полосе, несколько отклоненной из-за ветра от продолжения траектории ЧМ и начинающейся почти сразу за эпицентром взрыва, обозначенным черной точкой, см. рис. 5 [21]. Самые крупные обломки оказались ближе всех к этой линии. Длина этой полосы составила около 30 км. Вдвое дальше улетел самый крупный найденный осколок – метеорит Чебаркуль, массой около 600 кг. Точка его падения находится вблизи пересечения продолжений траектории ЧМ и оси зоны выпадения более мелких обломков.





**Рис.5 – Распределение выпавших и найденных метеоритов после взрыва ЧМ**

Обломков было найдено сравнительно немного, видимо, вследствие большой высоты и очень большой мощности взрыва. То, что уцелело, и было выброшено дальше вверх при взрыве, как можно полагать, рассеялось по слишком обширной территории, чтобы быть найденным. Если бы не населенная местность, белый покров снега и камера наблюдения, случайно зафиксировавшая падение метеорита Чебаркуль в озеро, то вскоре, наверное, заговорили бы о «загадке Челябинского метеорита, от которого не осталось никаких материальных следов». Таким образом, как и следовало ожидать, относительно крупные обломки метеороидов создают эллипс рассеивания, большая ось которого лежит приблизительно на продолжении траектории за эпицентром взрыва.

Предполагая, что ТМ летел с востока, и, сопоставляя рис. 3 и 5, автор не может найти никакого способа объяснить выпадение «космических шариков» в южном и восточном секторах окрестности эпицентра взрыва на радиусах до 110 км. Наоборот, если ТМ летел с запада, то все наблюдаемое распределение силикатной пыли легко объясняется воздействием ветра на севере и западе от эпицентра и разбросом на восток (по полету) некоторого количества крупных обломков метеороида, на которые ветер оказал сравнительно слабое влияние, и вторичным рассеиванием доставленной ими пыли ветром на юге и востоке. Тем более что на больших высотах ветер дул с востока на запад (см. [6]). В силу меньшей эффективности такого механизма рассеивания пыли плотность выпавшей пыли на юге и востоке заметно меньше, чем на севере и западе. Но, тем не менее, силикатная пыль там была найдена на значительных удалениях от эпицентра взрыва, что свидетельствует о выбросе обломков метеороида в общем направлении приблизительно на восток.

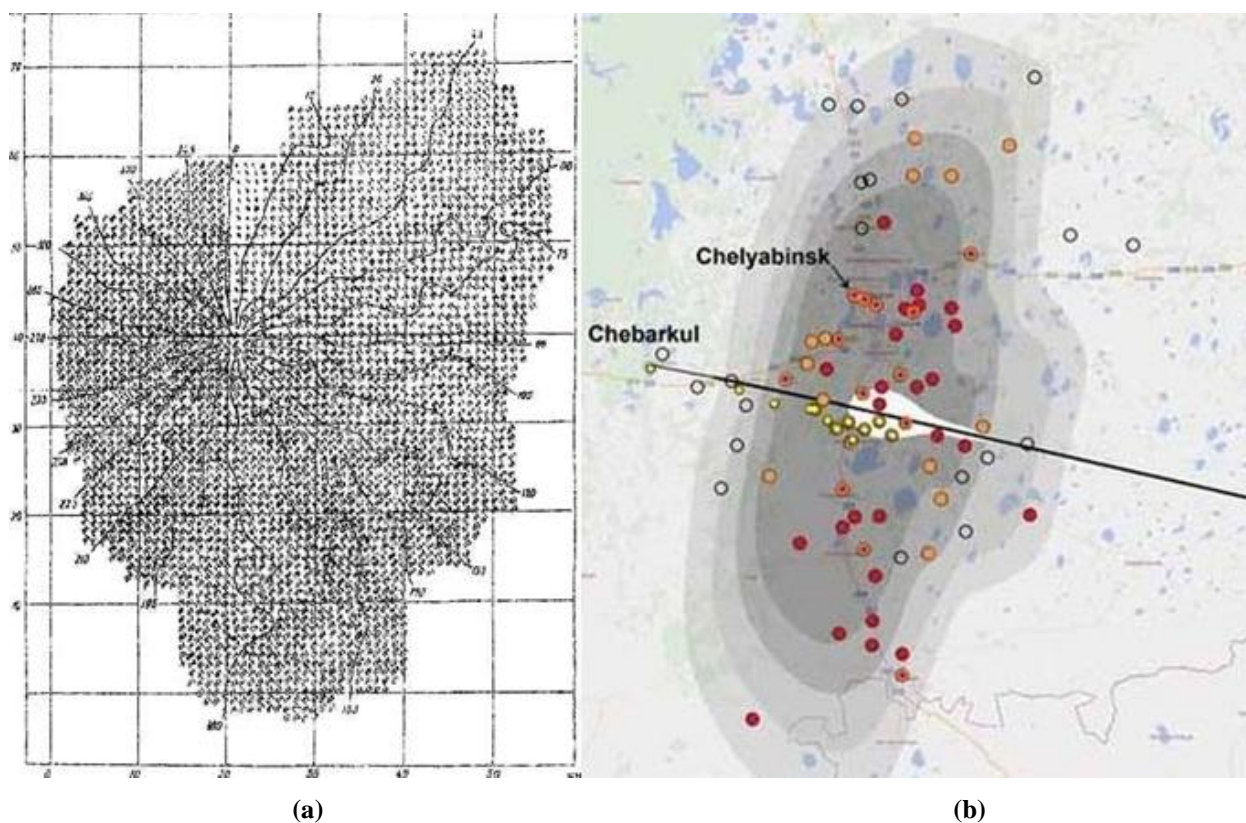
Следовательно, из рассмотрения области выпадения «космических шариков» однозначно следует вывод о западной траектории полета Тунгусского метеороида.

#### **V. Форма линий постоянного давления на фронте ударной волны и направление полета Тунгусского метеороида**

Другой вид следа, который остается на подстилающей поверхности после воздушного взрыва, – это поле разрушений, которые он там вызывает. В зависимости от энергии взрыва и в гораздо большей степени расстояния от центра взрыва до рассматриваемого участка поверхности, уровень разрушений может быть весьма различным. При этом сила воздействия ударной волны от взрыва обычно связывается с величиной давления на ее фронте. Например, утверждают, что сплошной вывал леса, как правило, происходит при давлении не ниже 30 килопаскалей (кПа), а массовое разбитие стекол – при давлении около 5 кПа (см. [22]). Иногда, критикуя такой подход, заявляют, что деревья падают не под действием повышенного давления, а вследствие скоростного напора потока воздуха, движущегося за ударной волной. Может, они и правы, однако существует однозначная зависимость между этими параметрами (по крайней мере, если в качестве среды распространения волны всегда рассматривается атмосферный воздух), и поэтому совершенно неважно, какой из этих двух параметров использовать в качестве маркера вывала леса.

Вследствие вышесказанного можно с хорошей степенью достоверности утверждать, что границы сплошного вывала леса – так называемая «бабочка Фаста» (см. рис. 6 (а)) с точностью до особенностей топографии местности описывают положение изобары Тунгусского воздушного взрыва со значением около 30 кПа. Статистически значимой характеристикой намного более мощного, но в несколько раз более удаленного от поверхности Земли взрыва Челябинского метеороида, оказалось поле распределения разбитых оконных стекол в Челябинске и его окрестностях. При всех претензиях к величинам давления на волне, рассчитываемого гидродинамическим кодом SOVA [23], и к принятыми там уровням разбития стекол

для подгонки энергии взрыва к заранее заданному и крайне ошибочному значению (см. [22, 24]), распределение давления в пространстве вызывает мало сомнений и неплохо соответствует распределению разбитых стекол по территории разрушений (см. рис. 6 (b), на нем точки любого цвета, кроме белого, указывают на массовое разбитие стекол, белые точки – на отсутствие такового).



**Рис. 6 – Две «бабочки», летящие навстречу друг другу**

Итак, на рис. 6 слева показана «бабочка Фаста» – область вывала леса после Тунгусского взрыва, а справа – «Челябинская бабочка» – зона разбития оконных стекол и несколько вложенных друг в друга областей с фиксированными давлениями на их границах. Размер «Челябинской бабочки» намного больше, так как и энергия Челябинского взрыва превышает энергию взрыва над Тунгуской почти в 4 раза, и уровни давления на ее границах существенно ниже [19, 22, 24]. Однако, несомненно качественное зеркальное подобие двух «бабочек», если сжать в поперечных направлениях «Челябинскую бабочку» или растянуть в продольных направлениях «Тунгусскую бабочку», и привести их к одному масштабу.

Очевидно, что взрыв летящего точно сверху метеороида в силу центральной симметрии всего процесса приведет к линиям постоянного давления (изобарам) в виде окружностей. Чем сильнее будет отклоняться его траектория к горизонту, тем более сильно рисунок изобар будет отклоняться от центральной симметрии. Известно, что наклон траектории ЧМ к горизонту был значительно меньше, чем у большинства наблюдавшихся метеороидов (болидов), и составлял всего около  $18^\circ$  [23], а угол между проекцией траектории на земную поверхность и параллелью в районе эпицентра –  $13.2^\circ$ , что только на  $4^\circ$  отличается от наклона проекции траектории ТМ. И, поэтому, две «бабочки» кажутся зеркальными отражениями друг друга (с учетом описанных выше растяжения или сжатия), потому что их оси симметрии практически параллельны друг другу, но полет метеороидов проходил в противоположных направлениях.

Итак, траектории их полета были направлены навстречу друг другу. И, если Челябинский метеороид летел с востока, то Тунгусский – с запада. Кроме того, из-за значительно меньшего отклонения границы «Тунгусской бабочки» от окружности следует, что траектория ТМ была значительно круче к горизонту, чем траектория ЧМ, то есть угол наклона траектории ТМ был существенно больше  $18^\circ$ . В упомянутом выше расчетном варианте ТМ-1 [19], он получился равным  $50.5^\circ$ . Именно поэтому Тунгусский метеороид – меньший по размеру грязно-ледяной обломок кометы, окруженный довольно прочной хондритной коркой, погрузился в земную атмосферу до взрыва значительно глубже, чем Челябинский метеороид – аналогичное, но заметно более крупное космическое тело. И именно поэтому разрушения на земле в 1908 году были значительно сильнее, чем в 2013 году. И только вследствие этого так называемые «эксперты», привыкшие к явлениям многократно меньшего масштаба, настолько ошибаются при сравнении этих двух событий.



## Выводы

1. Азимут проекции траектории полета Тунгусского метеороида на земную поверхность в окрестностях эпицентра его взрыва был определен четырьмя различными инструментальными методами в период 1976 – 2005 годов. Результаты их всех совпали, и было определено, что наклон проекции траектории к земной параллели составляет  $9^\circ$ .
2. Из рассеивания силикатных «космических шариков» следует, что Тунгусский метеороид летел с запада (с отклонением  $9^\circ$  к югу от направления запад-восток).
3. Тот же самый вывод следует из сопоставления и анализа «пятен разрушений» на подстилающей поверхности вследствие взрывов Тунгусского и Челябинского метеороидов.
4. Наклон его траектории к горизонту был значительно больше, чем наклон траектории Челябинского метеороида, составлявший около  $18^\circ$ .

## Литература

1. Г. Ф. Плеханов – Размышления о ТМ, рукопись, 1997, в ст. К. Хазановича «О траектории Тунгусского космического тела» // [http://www.zhelem.com/ru/articles/k\\_khazanovitch\\_trajektorija.htm](http://www.zhelem.com/ru/articles/k_khazanovitch_trajektorija.htm)
2. В. А. Бронштэн – Метеоры, метеориты, метеороиды. Москва, Наука, 1987, 173 с. // <http://tunguska.tsc.ru/ru/science/1/BronstenMMM/>
3. Е. Л. Кринов – Тунгусский метеорит. Москва – Ленинград, Издательство АН СССР, 1949 // <http://rgo-sib.ru/book/articles/51.htm>
4. Н. В. Васильев и др. – Показания очевидцев Тунгусского падения. Депонент ВИНТИ N 5350-81, Томский государственный университет, Томск, 1981 // <http://tunguska.tsc.ru/ru/science/1/0/>
5. Л. Дыхно – Тунгусская катастрофа: Новая гипотеза. *Вестник*, N 20 (357), 2004 // <http://www.vestnik.com/issues/97/0708/win/dykhno.htm>
6. Ю. И. Лобановский – О ночном свечении неба после Тунгусского события. *Synerjetics Group*, 10.09.2019 // [http://www.synerjetics.ru/article/night\\_glow.pdf](http://www.synerjetics.ru/article/night_glow.pdf)
7. 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>
8. В. Г. Фаст – Статистический анализ параметров Тунгусского вывала, в сб. «Проблема Тунгусского метеорита», Томск, Издательство Томского университета, выпуск. 2, 1967, с. 40 – 61.
9. В. Г. Фаст и др. – О поле направлений повала деревьев в районе падения Тунгусского метеорита, в сб. «Вопросы метеоритики. Проблема Тунгусского метеорита», Томск, Издательство Томского университета, выпуск. 2, 1976, с. 39 – 52.
10. Д. Ф. Анфиногенов, Л. И. Будаева – Тунгусские этюды. Томск, Издательство Томского регионального научно-внедренческого центра, 1998, 108 с. // <http://tunguska.tsc.ru/ru/lyrics/prose/anfi/>
11. В. А. Воробьев, Д. В. Демин – Новые результаты исследования термических поражений лиственниц в районе падения Тунгусского метеорита, в сб. «Вопросы метеоритики. Проблема Тунгусского метеорита», Томск, Издательство Томского университета, выпуск. 2, 1976, с. 58 – 63.
12. С. В. Кривяков, Е. В. Хамматова – К вопросу о так называемом «Светлом пятне». Тунгусский вестник КСЭ, N 16, 2005, с. 24 – 27.
13. 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>
14. Т. Х. Геохлаян – Периодические и неперидические 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](https://collectedpapers.com.ua/ru/studying_of_the_stratosphere/periodichni-ta-neperiodichni-procesi-u-stratosferi)
15. 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](http://www.pnas.org/cgi/content/short/1307965110)
16. Castle Bravo. *Wikipedia* // [https://en.wikipedia.org/wiki/Castle\\_Bravo](https://en.wikipedia.org/wiki/Castle_Bravo)
17. Челябинский метеорит выставят в музее. *В мечтах о космосе* // <http://ruuniverse.livejournal.com/668127.html>
18. G. S. Collins, H. J. Melosh, R. A. Marcus – Earth Impact Effects Program: A Web-based computer program for calculating the regional environmental consequences of a meteoroid impact on Earth. *Meteoritics & Planetary Science*, **40**, no 6, 2005 // <https://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEarth/ImpactEffects/effects.pdf>
19. Ю. И. Лобановский – Параметры Челябинского и Тунгусского метеороидов и переоценка степени кометно-метеоритной угрозы. *Инженерный журнал: наука и инновации*, #6(54), 2016 // <http://engjournal.ru/catalog/mech/mlgp/1503.html>
20. Парижская пушка. *Википедия* // [https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижская\\_пушка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижская_пушка)
21. А. В. Корочанцев и др. – Уточнение траектории полета метеорита Челябинск по распределению его собранных фрагментов. *Материалы Международной научно-практической конференции*

- «Астероиды и кометы. Челябинское событие и изучение падения метеорита в озеро Чебаркуль». Чебаркуль, 2013, с. 118 – 121 // [https://www.meteorites.ru/images/yuzhnouralsky2013/chebarkul\\_21-22.06.2013\\_asteroidy\\_i\\_komety\\_cheljabinskoe\\_sobytie.pdf](https://www.meteorites.ru/images/yuzhnouralsky2013/chebarkul_21-22.06.2013_asteroidy_i_komety_cheljabinskoe_sobytie.pdf)
22. Ю. И. Лобановский – Челябинский метеороид: критика источников и обоснование выводов. *Инженерный журнал: Наука и инновации*, выпуск 7 (55), 2016 // <http://engjournal.ru/catalog/mech/mlgp/1497.html>
23. O. P. Popova et al – Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization. *Science*, **342**, no 6162, 29.11.2013 // <https://www.sciencemag.org/content/342/6162/1069>
24. Ю. И. Лобановский – Интерфейс между наукой и культурой: изменение сценария. *Synerjetics Group*, 2019 // [http://www.synerjetics.ru/article/script\\_change.pdf](http://www.synerjetics.ru/article/script_change.pdf)

Москва,  
20.09.2019

Ю. И. Лобановский