

Полет астероида в атмосфере Земли

Азаров В.Д.

Определение направления полета.

Импактное событие, которое произошло на нашей планете в Атлантике, имеет на данное время два довольно точно локализованных центра воздействия. Эти центры представляют собой области, насыщенные следами ударного воздействия, которые описывались ранее в статьях ([Исток Потопа](#), [АИГВП-2](#)).

Мы можем уверенно определить первую и последнюю точки касания нашей планеты крупными частями астероида.

Первое касание – юг Африки, вблизи Кейптауна - $33^{\circ}57'54.13''\text{Ю}$, $18^{\circ}24'50.64''\text{В}$.

Последнее касание – Саргассово море, рядом с восточным побережьем Северной Америки - $28^{\circ}18'9.28''\text{С}$, $70^{\circ}26'52.45''\text{З}$.

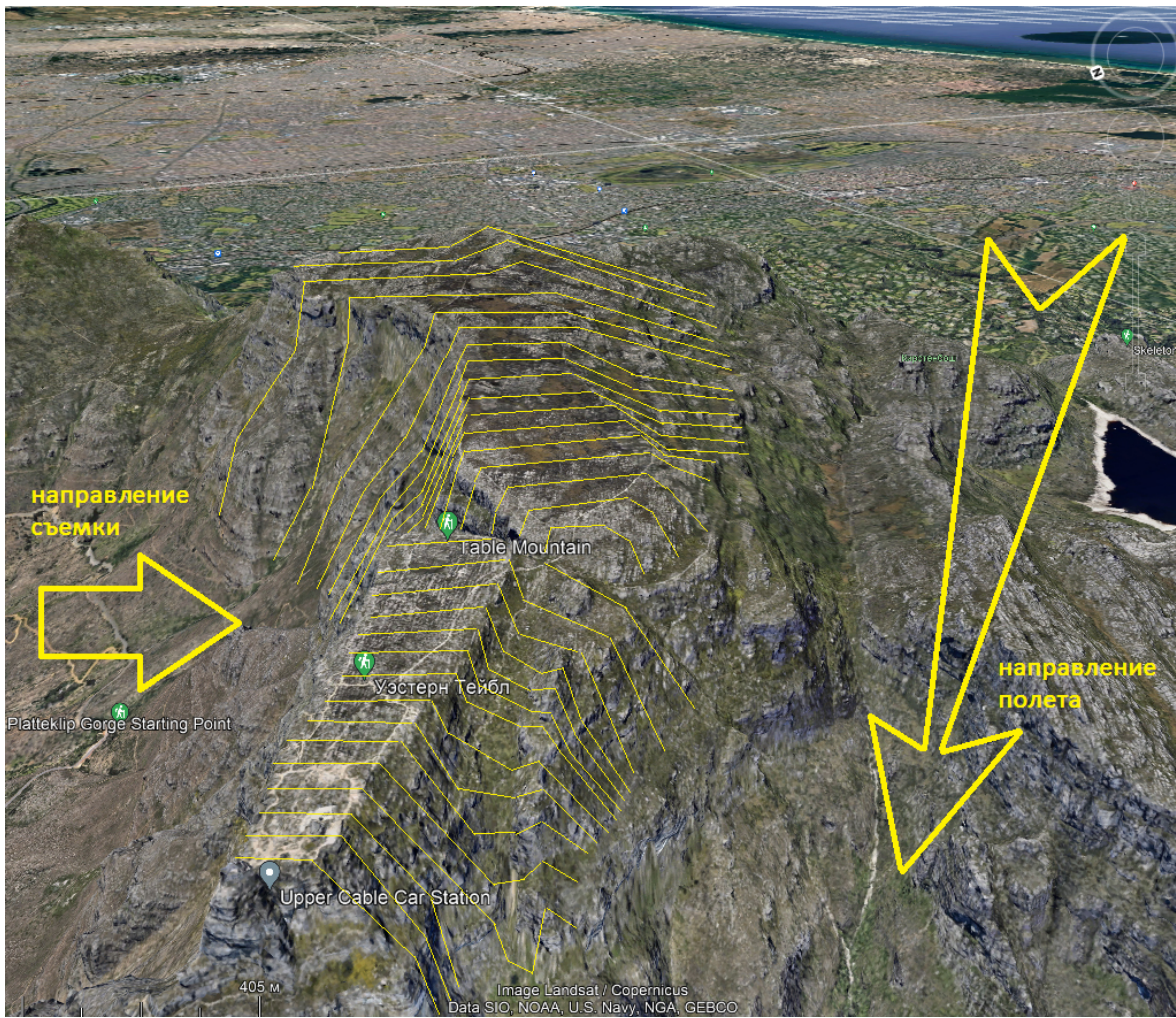
От первого до последнего касания дистанция- 11400 км.

На столь длительном пути в атмосфере боковые отклонения в несколько десятков километров для оценочных расчетов могут быть не существенны.

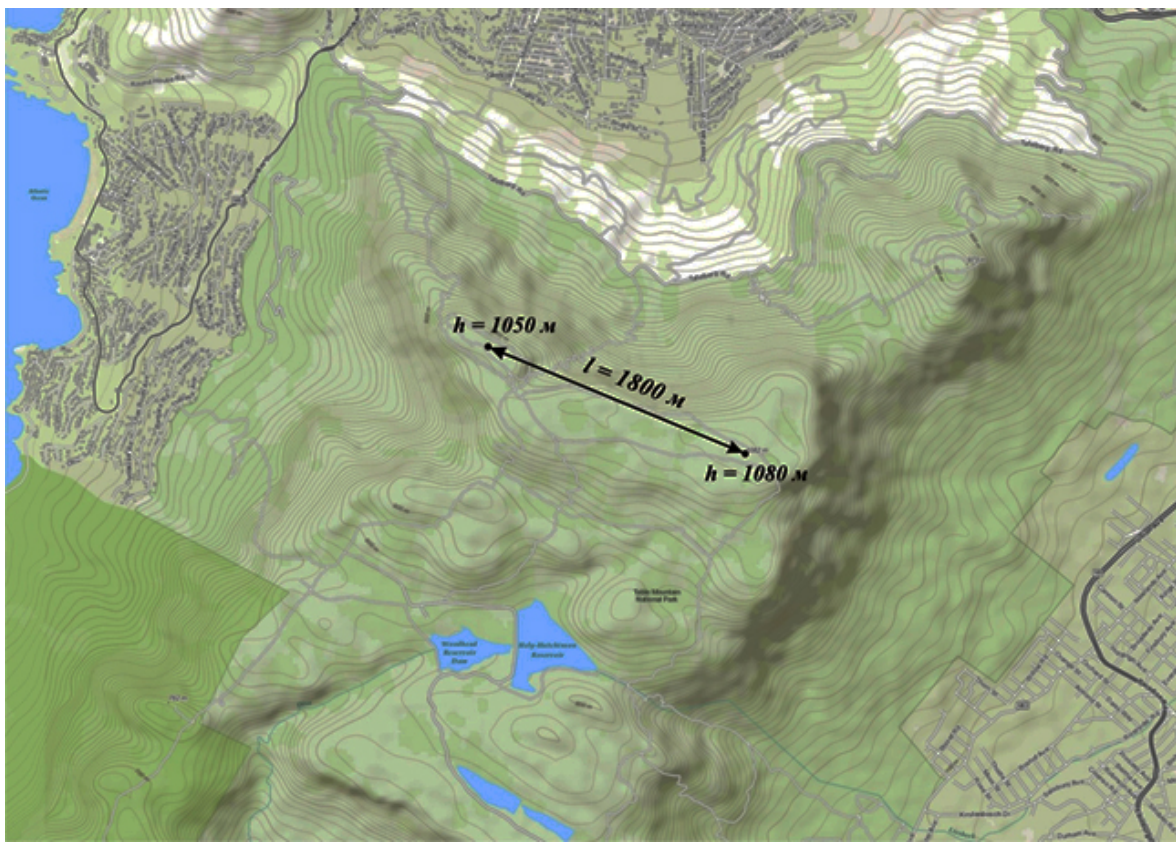
Рассмотрим более пристально точку первого касания.



Столовая гора над Кейптауном.



Прорисовка рельефа горы, направление полета и направление съемки.



Топографическая карта Столовой горы.

Форма вершины столовой горы, которую мы наблюдаем, могла возникнуть при встрече роя осколков астероида с наземным препятствием. Мелкая фракция обломочного материала небесного странника срезала верх скалы как струя из пескоструйного аппарата.

На топографической карте легко определяются высоты краев верхнего плато Столовой горы. Можно вычислить общий уклон.

$Tg((1080-1050) / 1800) = 0,0166$ радиана, что соответствует 0,955 градуса.

Уклон к северо-востоку примерно в один градус свидетельствует о том, что в месте первого касания поверхности планеты космическое тело летело почти горизонтально. Данный вывод наталкивает на ассоциацию с заходом на посадку искусственного объекта. При нынешнем развитии техники такой подход применяется для торможения космических аппаратов.

Обратимся к книге «Спускаемые аппараты» И. Е. Попов. Изд-во "Знание" Москва 1985 г.:

«Для успешного решения задачи спуска надо в этом случае очень точно выдерживать "коридор" входа в атмосферу, который определяет границы по углу входа в атмосферу. В случае больших углов возникают большие перегрузки, и наоборот, при очень малых углах атмосфера может не "захватить" спускаемый аппарат вследствие незначительности своего сопротивления его движению. Отметим, что границы коридора входа зависят как от аэродинамических характеристик спускаемого аппарата, так и от того, каким образом используется аэродинамическое качество аппарата на начальном участке погружения в атмосферу. Кроме того, с увеличением скорости полета уменьшается и ширина коридора входа в атмосферу, а это ведет к увеличению точности работы системы навигации и коррекции на подлетном участке траектории.

Для спускаемого аппарата с системой управления движением возвращение с Луны может решаться и иным путем. При достаточно крутом входе в атмосферу, когда угол входа больше 2° , траектория спускаемого аппарата даже при малых постоянных значениях угла атаки и небольшом коэффициенте качества (в пределах 0,2-0,3) содержит восходящие участки, т. е. возможно рикошетирование аппарата. В этом случае допустимо двойное погружение спускаемого аппарата в атмосферу (рис. 2). При подлете к Земле со второй космической скоростью при угле входа 3° спускаемый аппарат после первого погружения выходит из атмосферы на эллиптическую орбиту и затем вновь входит в атмосферу, но уже на расстоянии 10000 км от точки выхода».

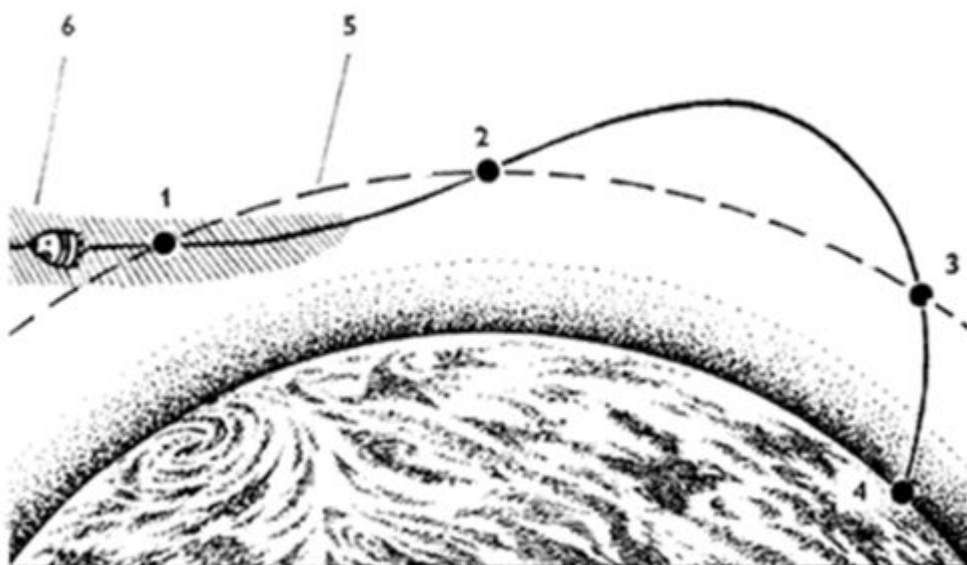


Рис. 2. Двойное погружение в атмосферу:

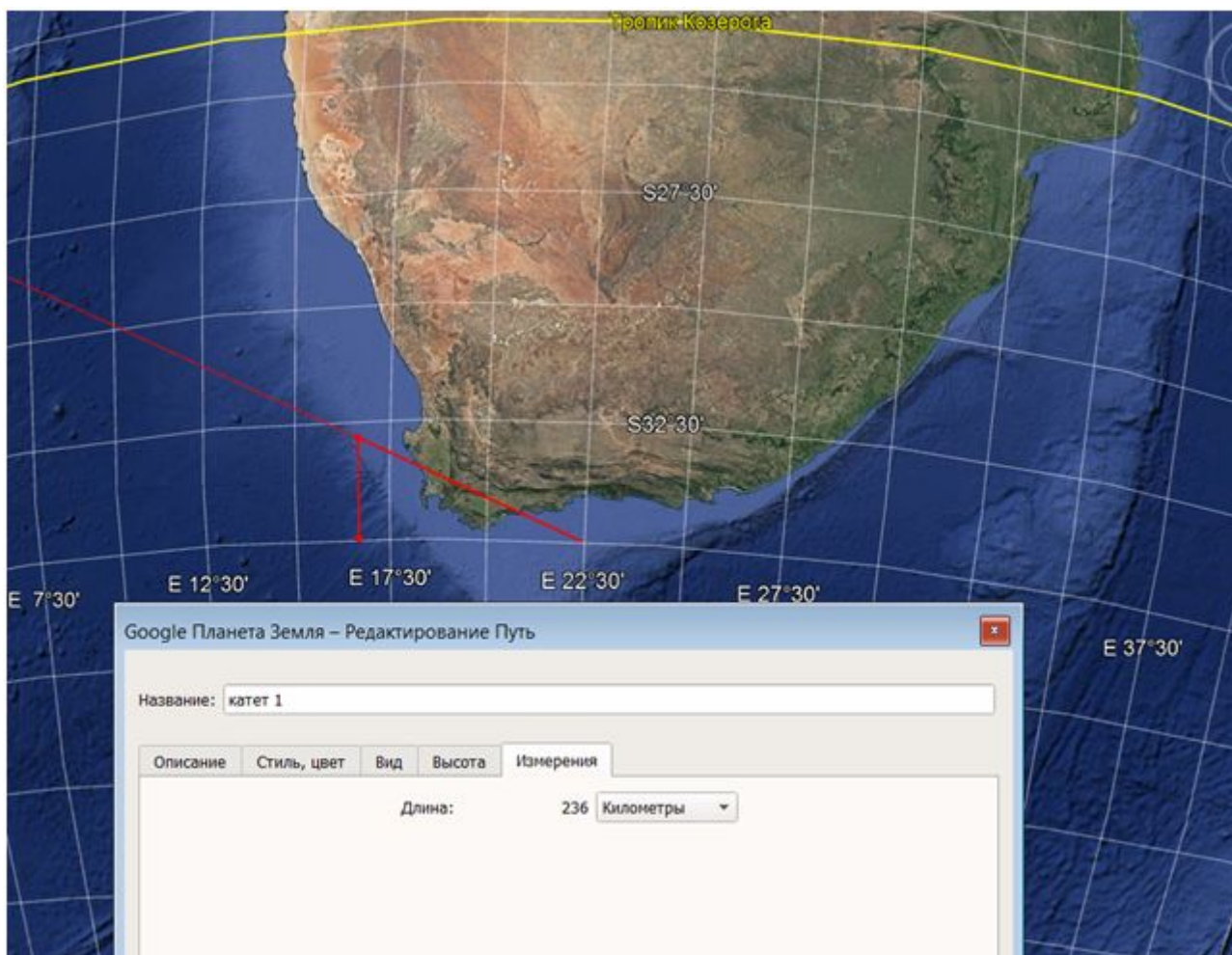
1 — первый вход в атмосферу; 2 — выход из атмосферы; 3 — второй вход в атмосферу; 4 — посадка; 5 — условная граница атмосферы; 6 — коридор входа

Возможно, мы наблюдаем последствия подобного нырка в атмосферу тела с гораздо большей массой, чем у современных летательных аппаратов. Для таких тел требуются более пологие углы захода на посадку.

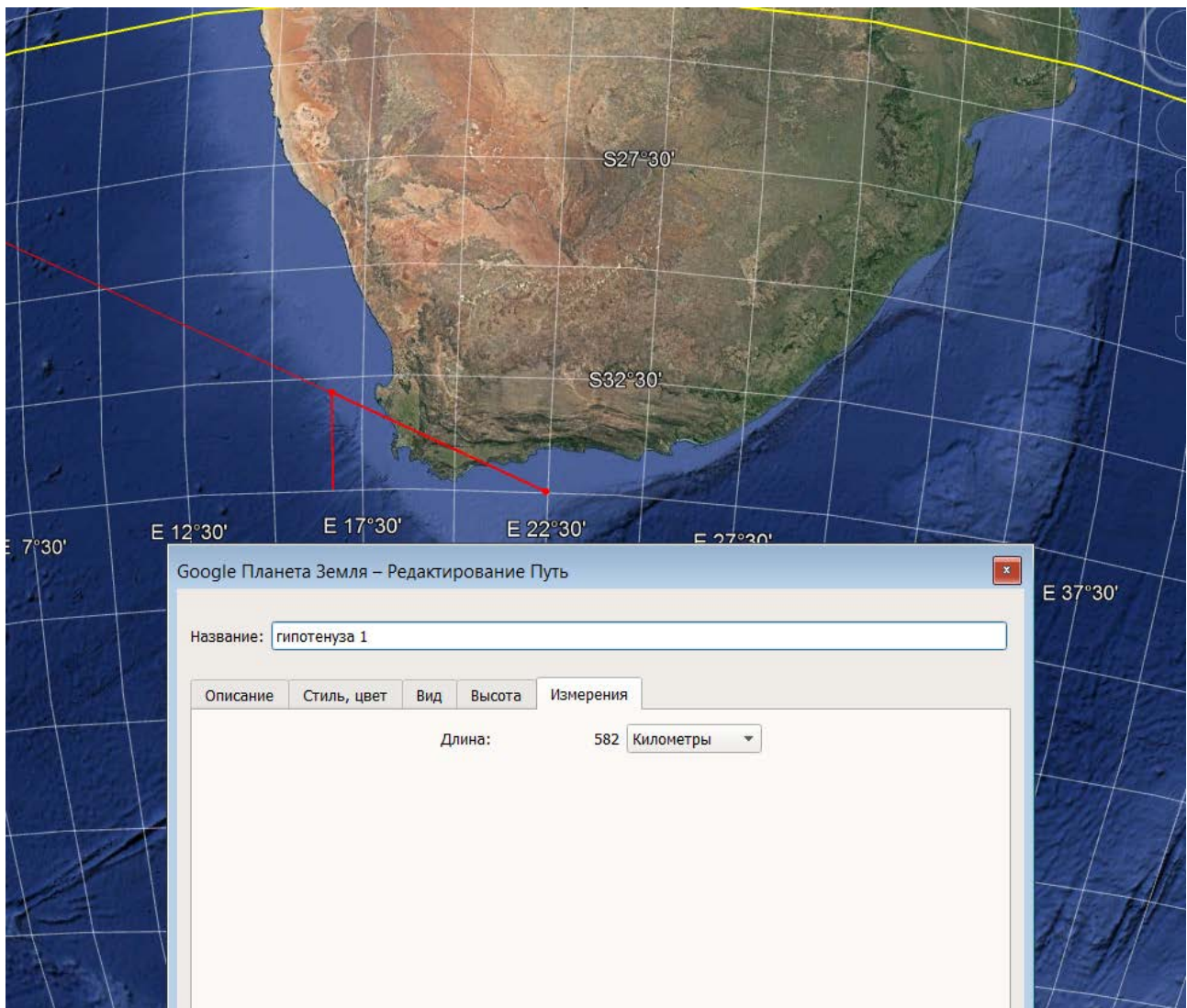
Подобная траектория очень странная для простого совпадения. Если принимать во внимание вероятность пролета по этой траектории блуждающего небесного тела, то вероятность подхода к планете на расстояние 1 км (± 500 м) от ее поверхности без учета воздействия атмосферы равна отношению желаемого центра мишени ко всей ее площади, или $1/12742$, и это только по глубине входа в атмосферу.

Стоит вспомнить, что второе значительное событие соприкосновения с планетой происходит на расстоянии 11400 км от первого и расположено в Саргассовом море ($28^{\circ}18'9.28''\text{С}$, $70^{\circ}26'52.45''\text{З}$). Воображаемая линия на поверхности Земли, соединяющая эти две точки, является проекцией траектории полета тела на поверхность планеты. Ее можно взять за основу для следующих вычислений.

Теперь перейдем к определению примерного азимутального направления подхода небесного тела. Для этого продлим курс объекта до одной из широтных линий и определим его длину и смещение по меридиану. Возьмем эти расстояния как катет и гипотенузу прямоугольного треугольника, посчитаем угол.



Меридиональное направление (катет) – 236 км.



Курсовое направление (гипотенуза) – 582 км.

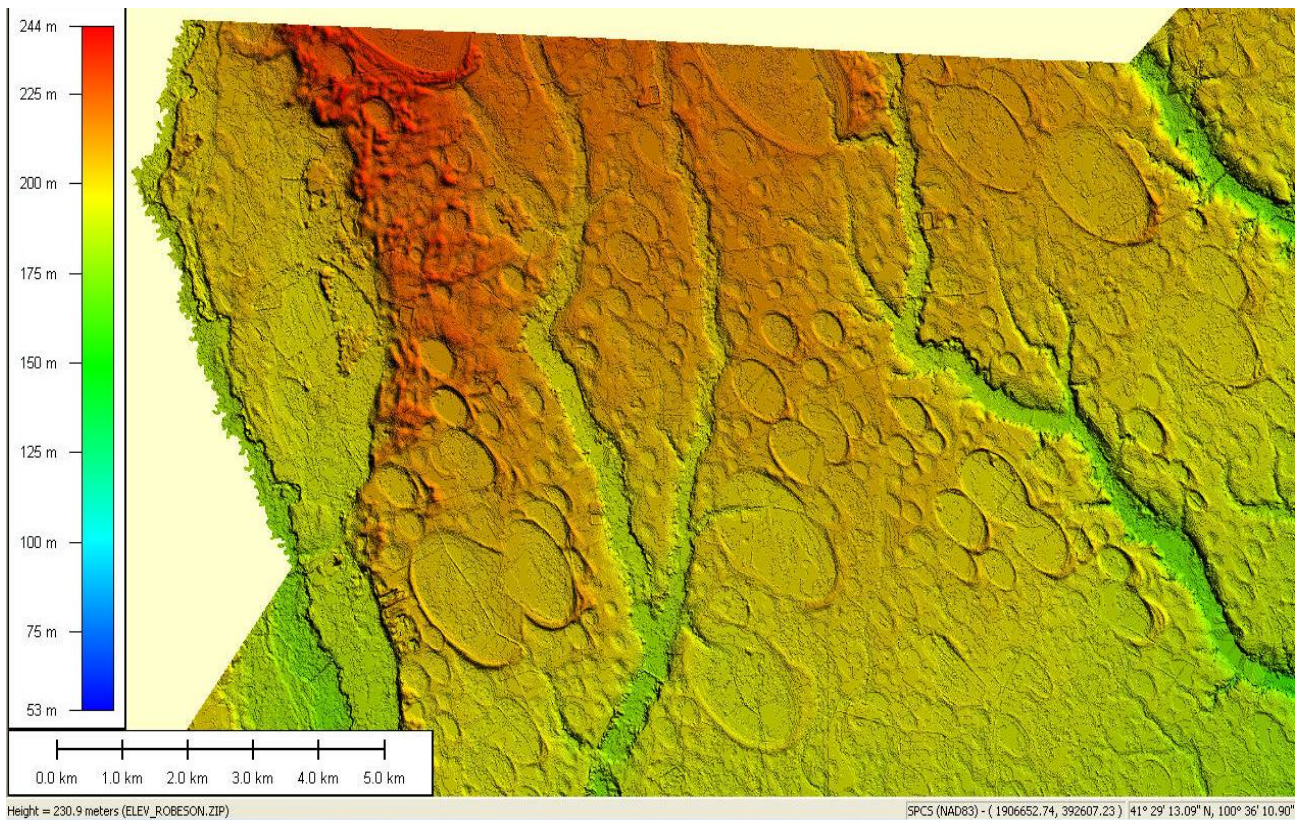
Посчитаем угол в радианах: $\arccos(236/582) = 1,153272$ радиан,
 что соответствует 66,07 град.

Для южного полушария азимут подлета к месту касания равен $180 - 66,07 = 113,92$ градусов.

При учете угла снижения как 1 градус, получаем округленно, в месте касания поверхности Земли в районе Столовой горы близ Кейптауна тело двигалось на небе из точки «азимут 114 / высота 1,0»

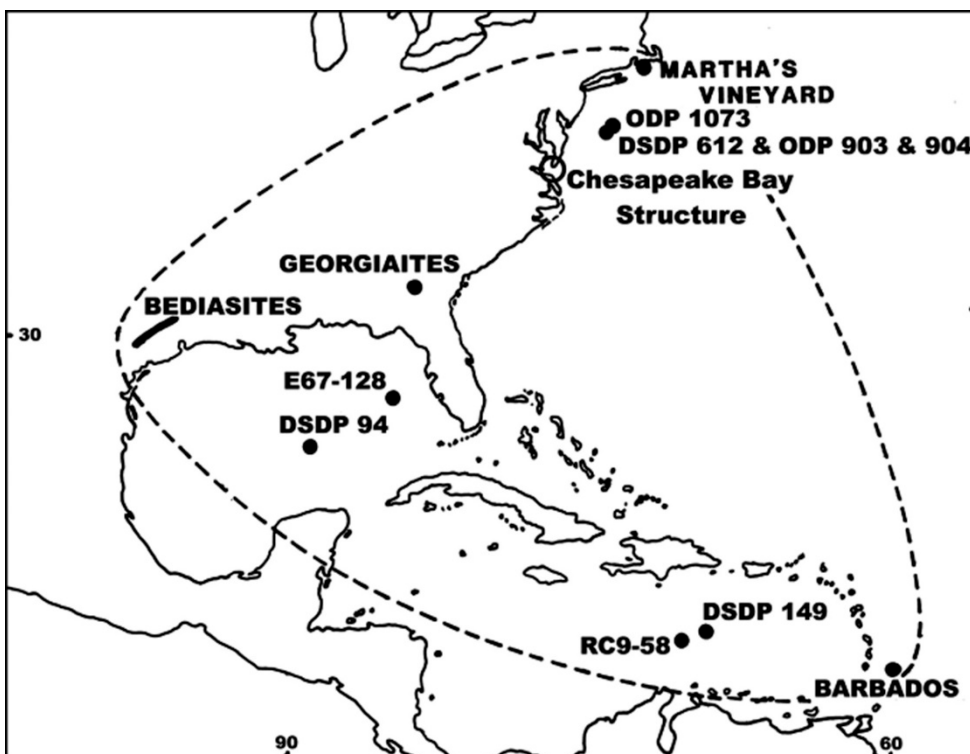
Данный вывод пригодится нам в дальнейшем поиске ответа на вопрос - откуда пришел астероид.

Последняя точка касания планеты - образное обобщение центра траектории группы обломков, получившихся в результате дробления основного объекта. Данное состояние материала астероида обусловлено движением его в атмосфере на протяжении около 1600 км. Последующее расхождение обломков в безвоздушной среде создало расширяющийся конус падающих небесных тел, что и привело к покрытию метеоритными кратерами части атлантического побережья Северной Америки. Это было уже второе вхождение в атмосферу и повторное дробление частей астероида.



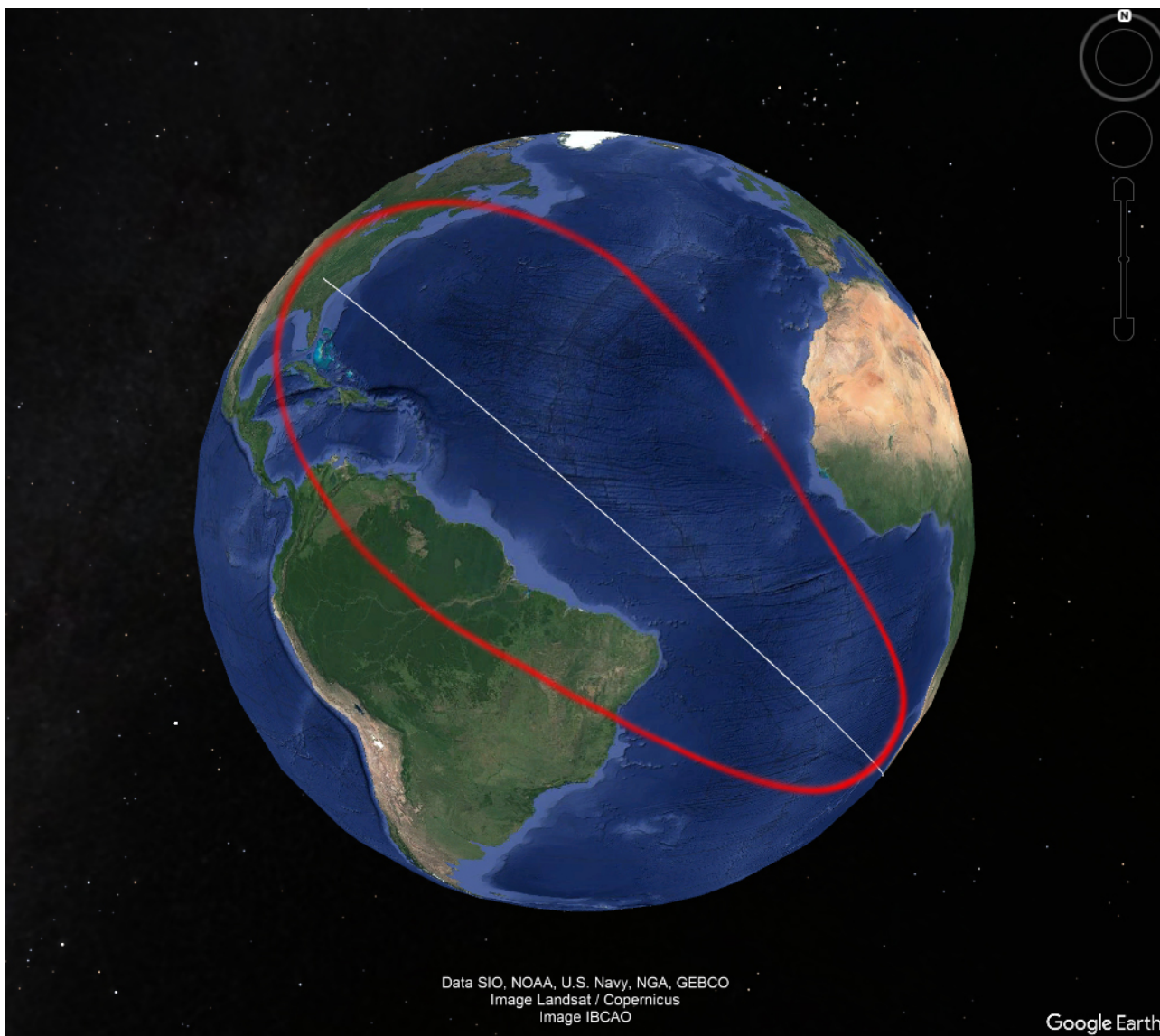
Лидарное изображение заливов Каролины (Carolina bays) в округе Робсон, Северная Каролина. (https://en.wikipedia.org/wiki/Carolina_bays)

Часть вещества астероида представлена тектитами западной Атлантики. Возможно, и в восточной Атлантике присутствуют подобные отложения, но из-за большой глубины и малого количества проб они пока не сведены в единое поле.



Карта западной Атлантики с местами находок тектитов.

Кратеры заливов Каролины и тектитовые поля определяют внешние границы зоны падения обломков. Крупные тела попадали преимущественно в западную область Саргассова моря с координатами (28°18'9.28"С, 70°26'52.45"З). Они породили серию гигантских цунами, прокатившихся по всем континентам. Повторный вход в атмосферу планеты сопряжен с торможением и повторными перегрузками. Атмосферное воздействие вновь дробит вещество астероида и его части изменяют свои траектории, повторно расходясь в стороны и веером осыпая прибрежные части североамериканского континента. Эти измененные траектории прослеживаются в различии направленности больших осей кратеров заливов Каролины. Территория возможного разлета и выпадения частиц астероида показана на рисунке ниже.



Предполагаемый ареал разброса частиц астероида.

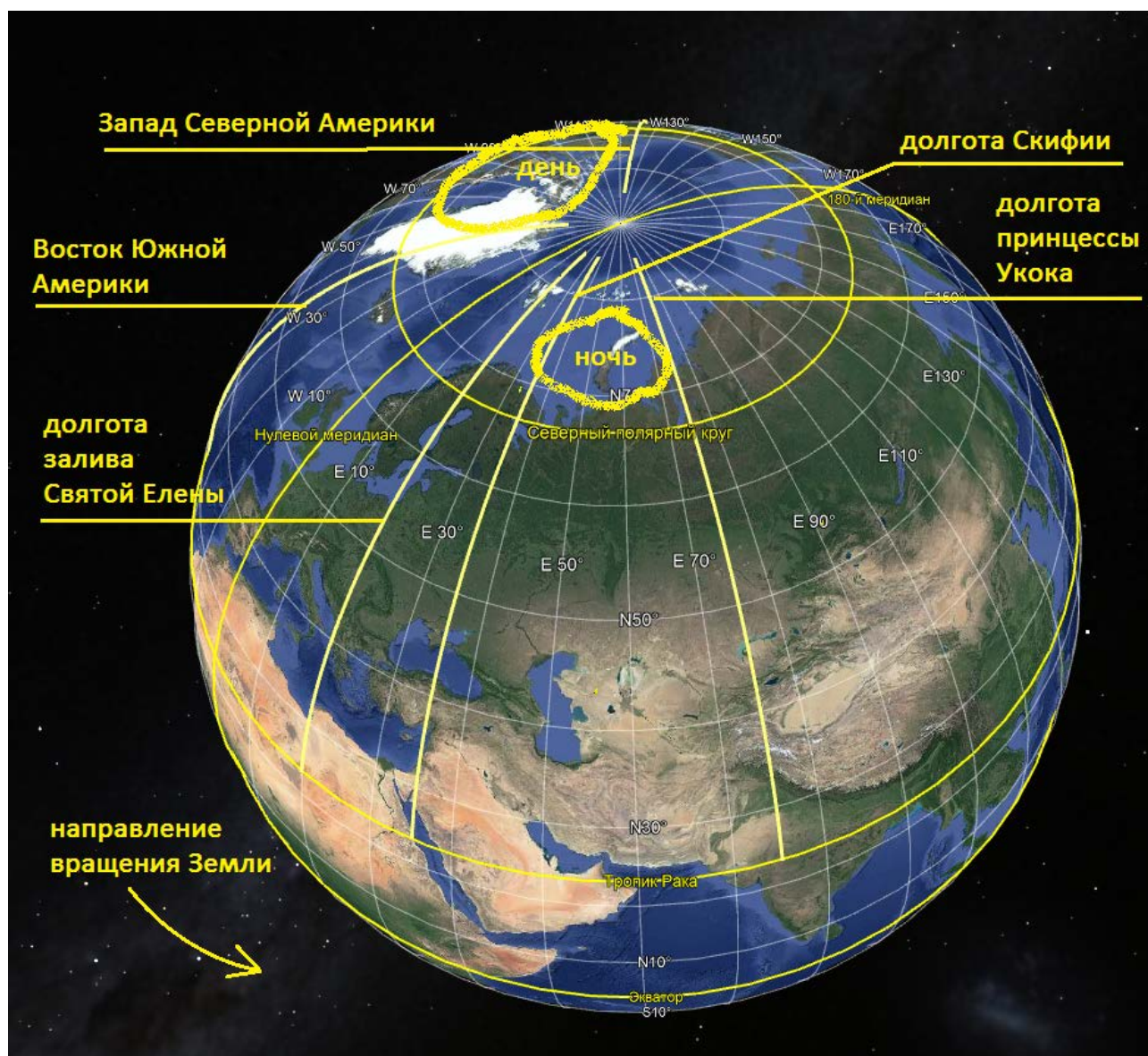
Обратимся к сумме фактов и рассмотрим, что можно сказать о времени суток импактного события, встреченного в разных областях нашей планеты.

Для начала перечислим имеющиеся факты:

1. Место подхода к поверхности планеты по касательной траектории (Залив Святой Елены: 33°57'54.13"Ю, 18°24'50.64"В).
2. Место последнего соударения с планетой крупных обломков (Саргассово море: 28°18'9.28"С, 70°26'52.45"З).
3. Высотный угол подхода к поверхности планеты у Южной Африки (Вершина столовой горы: 1,0°).

4. Азимутальный угол подхода к поверхности планеты у Южной Африки (угол траектории: 114°).
5. Время года в северном полушарии (Мамонты Сибири ели спелую фасоль: лето).
6. Время дня на долготе 35° В.Д. (Скифские курганы: ночь).
7. Время дня на долготе 70° В.Д. (Алтайская принцесса Укока: ночь).
8. Время дня на Американских континентах (культура Кловис: день).

Более полно перечисленные выше факты рассмотрены в работах: ([Про мамонтов](#), [Про скифов](#), [Однажды в Америке](#)).



Местное время на разных континентах, зафиксированное по артефактам.

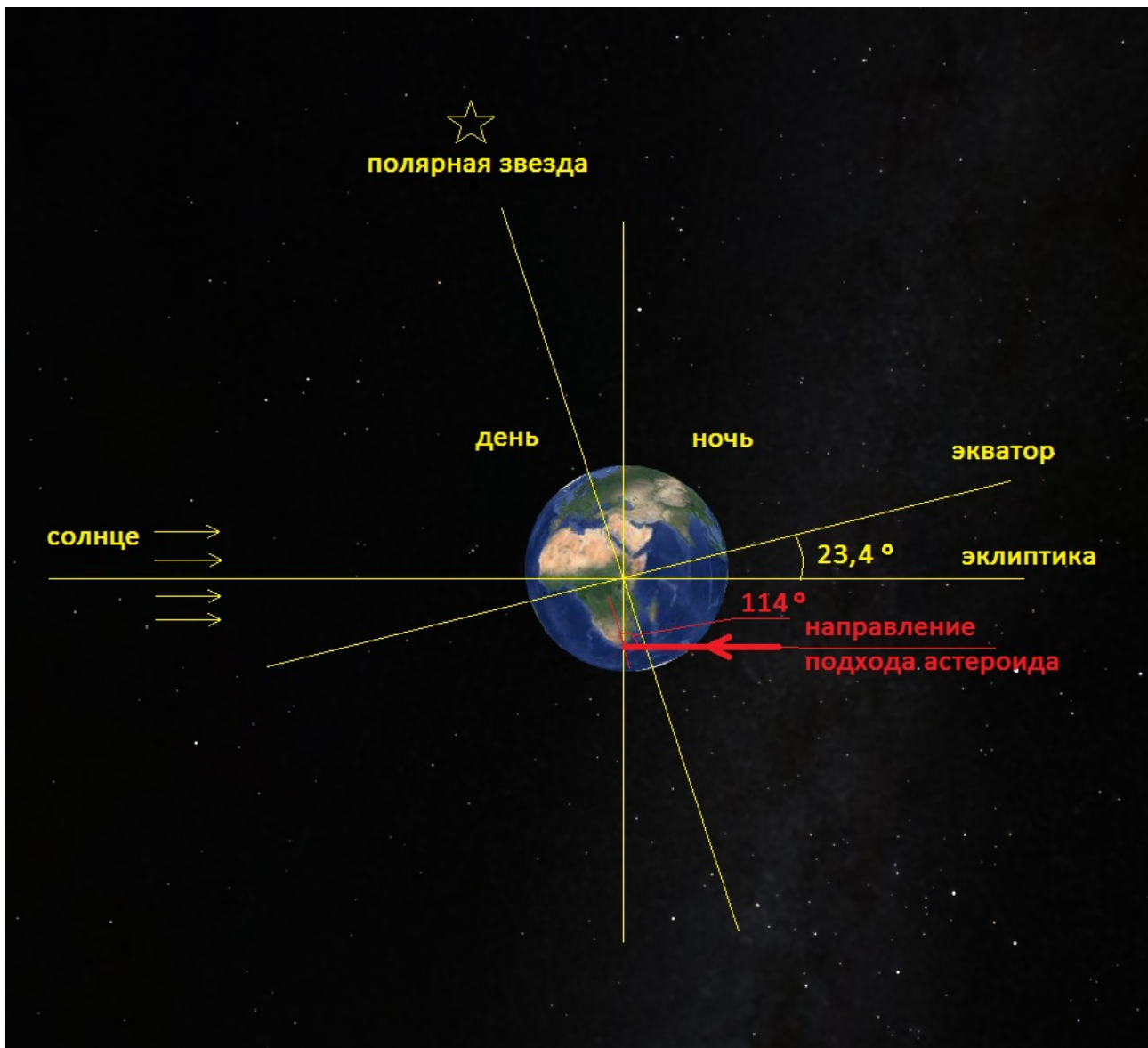
Из работ, представленных выше, мы знаем, что на Американских континентах был день на время катастрофы. Люди культуры Кловис бодрствовали, занимаясь привычной деятельностью. И мы можем обозначить эту территорию как дневная. В Евразии, напротив, люди спали в своих домах и там была ночь на момент импакта. Об этом свидетельствуют скифские и алтайские курганы, запечатлевшие жителей того времени.

Место первого контакта астероида с Землей в Южной Африке приходится на 18° восточной долготы, и оно отстоит от долготы Скифии на 15° , а от восточного побережья Южной Америки ещё на 55° . Выход поверхности планеты с дневной на ночную происходит от Скифии к востоку Южной Америки.

Час требуется линии терминатора чтобы пройти расстояние от Скифии до залива Святой Елены. Дистанция до Южной Америки составляет 55° (от 20° В.Д. до 35° З.Д.). В часовом интервале это $55/15 = 3,66(6)$ часа. Из этого следует, что встреча небесного тела с Землей состоялась в закатные часы в интервале 4,66 часа.

На данном этапе сделаем допущение и предположим, что линия терминатора проходила по месту залива Святой Елены и небесное тело коснулось планеты в данном месте не случайно.

По имеющимся данным можно составить схему.



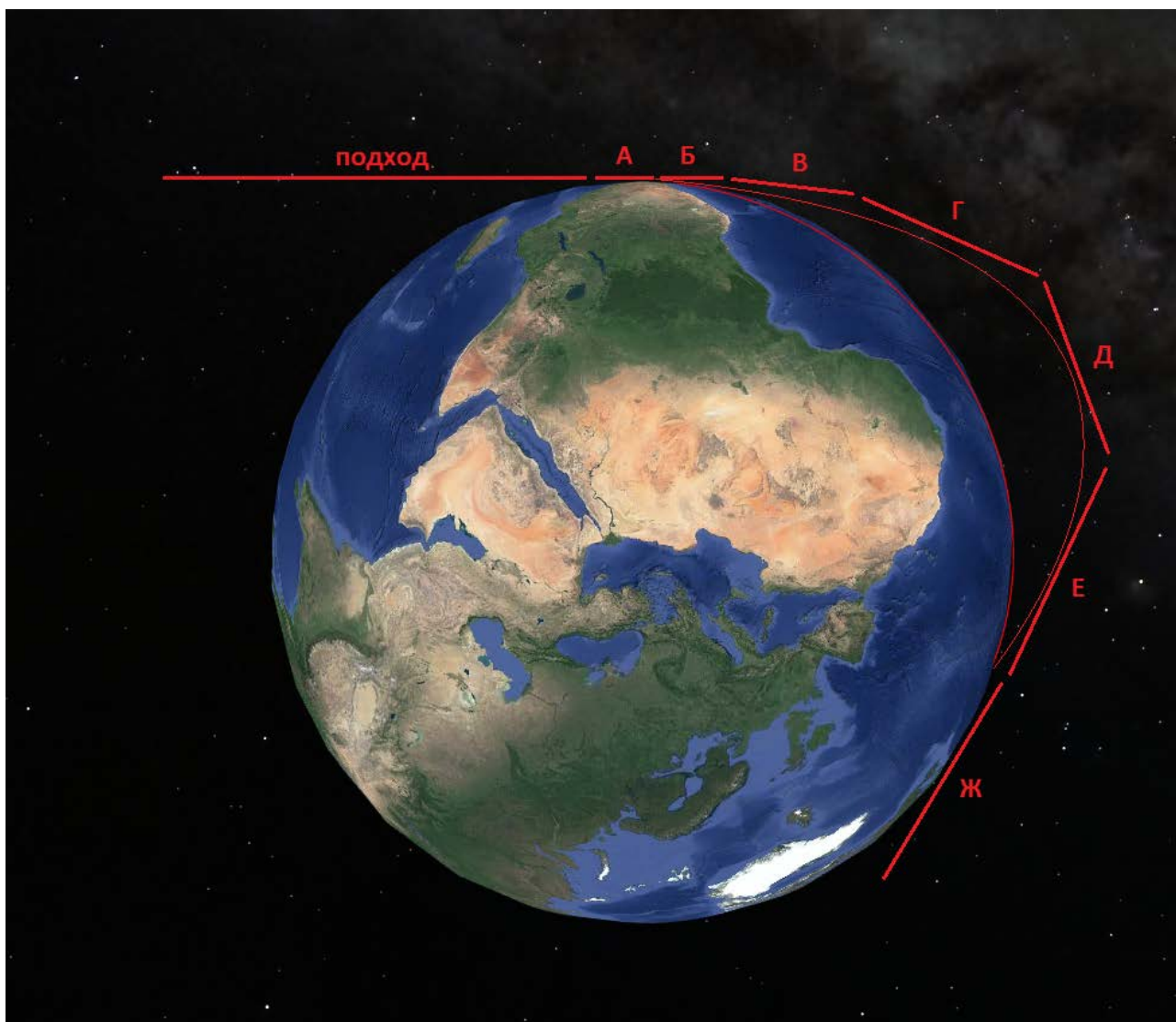
Направление прихода астероида.

В северном полушарии лето, значит на севере полярный день. Наклон оси Земли показан максимальным в $23,4$ градуса на середину лета. Зона северного полушария повернута ближе к Солнцу, южное полушарие преимущественно на теневой стороне. Место подхода астероида к планете находится в южном полушарии и показано красным цветом. Если двигаться с внешней стороны солнечной системы, то подход к планете осуществляется с теневой

стороны, и для «нырка» в атмосферу надо подходить по касательной к планете через линию терминатора. Ранее были определены координаты подхода астероида к поверхности в топоцентрической системе координат и по азимуту они составляли 114 градусов, а это $90 + 24$ градуса. Восточное направление составляет 90 градусов от севера и 24 градуса компенсирует наклон плоскости экватора над плоскостью земной орбиты. Это показывает, что тело двигалось вдоль плоскости орбиты Земли. Расхождение на 0.6 градуса можно списать на неточность расчетов.

Таким образом, можно предположить, что астероид был родом из Солнечной системы и подошел к планете с феноменальной точностью, необходимой для дробления его материала. Он совершил глубокий нырок в атмосфере, практически до дна воздушного океана, на стороне, где атмосфера движется при вращении планеты навстречу подлетающему телу со скоростью 380 м/с. Из-за встречного движения скорости атмосферы и астероида складываются.

Далее давайте обратим внимание на поведение тела при встрече с нашей планетой. При обозрении этапов движения небесного тела в атмосфере лучше рассмотреть траекторию его движения по частям. Можно сделать разбивку траектории на стадии, представленные на картинке ниже. Для наглядности придется перевернуть земной шар и наклонить его перпендикулярно к плоскости траектории пролета астероида.



Стадии орбитального движения астероида.

1. Первая стадия – подход.

Она является последней в межпланетном перелете и несет в себе начальные параметры траектории снижения. Из этих условий складывается дальнейшее поведение движущегося тела.

2. Стадия А – снижение в атмосфере.

Здесь происходит главный этап торможения с наибольшими перегрузками. Скорости вхождения в атмосферу можно предполагать около второй космической, при этом астероид погружается практически до дна атмосферы, испытывая огромные перегрузки. В первоначальном вращении тело подставляет набегающему потоку все бока и с него может «сдуться» практически весь наружный слой. Здесь начинается разбиение тела на крупные фрагменты. Скорость движения тела на начальном этапе довольно большая и по мере того, как плотность атмосферы возрастает, давление на лобовое сечение повышается. Это похоже на то, что атмосфера забивает гвоздь в центр давления, расклинивая глыбу на отдельные куски. Центральное тело делится на части, расходящиеся в стороны, и, в свою очередь, распадающиеся по тому же сценарию. Первоначальное тело рассыпается на отдельные фрагменты, получается рой осколков. Параллельно происходит сдувание поверхностного слоя астероида и выпадение его частиц в конце участка снижения. За астероидом тянется след из мелких осколков, которые интенсивно тормозятся на участке пути с самой большой плотностью атмосферы.

3. Стадия Б – восходящий участок в атмосфере.

Скорости здесь уже ниже, чем при входе в атмосферу. Плотность воздуха снижается с набором высоты, и интенсивность торможения тоже. Уменьшаются и действующие на тело силы. На этом этапе происходит разделение роя обломков по скоростям. Более плотные и тяжелые обломки уходят на высокие орбиты, а малые тела начинают снижение из-за малого количества накоплений кинетической энергии. Такая ситуация похожа на то, что мы наблюдаем, бросив в реку горсть песка с камешками. Тяжелые крупинки быстро покидают общее облако, а мелкий песок отстает от них, создавая слои с разделением частиц по массам. Так расходятся крупные и мелкие фрагменты в атмосфере. Деление крупных тел на фрагменты на этом участке происходит менее интенсивно, чем на предыдущем, и к выходу из атмосферы прекращается.

4. Стадия В – выход из атмосферы и раскрытие пучка траекторий.

На этом этапе происходит выпадение более легких частиц основного роя, затормозившихся в атмосфере и обращенных в сторону планеты. Те же частицы, которые оказались обращены вверх, уходят на более высокие орбиты и производят захват с собой частиц атмосферы.

Попадая в безвоздушное пространство, тела перестают дробиться на фрагменты в следствии обтекания воздухом. Теперь каждый осколок летит по своей «баллистической» траектории, обусловленной скоростью и массой. Действие роя частиц похоже на проделывание выходного отверстия при дроблении пули в баллистическом геле. Попадая в более плотную среду, твердое тело разрушается. Его осколки несколько меняют направление движения и увлекают за собой частицы материала мишени. Для полета астероида получаем некий выходной конус пробития атмосферы. Далее можно говорить об отдельных семействах траекторий, уже не взаимодействующих друг с другом, а описывающих полет каждой частицы отдельно. Количество траекторий, преобладающих в той или иной зоне, описывается вероятностными характеристиками.

5. Стадия Г – сход с орбиты средних тел.

На этом участке происходит спуск по баллистической траектории тел средней массы в рое, но возможно и тех, что имеют большую массу и отклонились при раскрытии пучка траекторий по направлению к планете. К концу этого этапа выпадает практически вся нижняя часть распавшегося тела. Обломки падают в Атлантику между Африкой и Южной Америкой, производя мощные цунами, накрывающие эти континенты. Мелкие частицы покрывают дождем прибрежные части этих материков.

6. Стадия Д – участок «горизонтального» полета.

Горб восходящей траектории. На него взбираются те тела, которых вытолкнуло вверх от планеты при дроблении основного роя или они приобрели дополнительную энергию. Это примерно половина основной массы тел от первоначального астероида. Не исключено, что мог сохраниться самый большой не распавшийся фрагмент. Тогда он может покинуть общую группу на этом участке. Это обусловлено неравномерностью распределения трещин по основному телу и наличия неоднородностей по составу астероида. Сохраненная энергия его движения будет отличаться от собратьев пропорционально отличию массы, плотности и обратно пропорционально площади лобового сопротивления и как самый массивный объект, он может перейти на высокую орбиту с более длительным сходом с нее. Место падения при этом предположить практически невозможно.

7. Стадия Е – падение по баллистической траектории в Саргассово море.

Снижение тел из верхней части роя. Повторный вход в атмосферу под острыми углами, но уже с пониженной скоростью. Траектории тел начинают снова ветвиться, и обломки астероида, в свою очередь, дробятся на части. Это уже не точечный «прокол» атмосферы, а широкий фронт турбуленции и давления. Возможно, он мог привести к созданию крупномасштабной ударной волны, охвативший все северное полушарие, а также эффекта движения волны воздушного океана в направлении полета частиц. Тем самым оголив поверхность планеты и лишив северную часть на некоторое время ее воздушной оболочки. И далее эта волна могла пойти вокруг планеты, постепенно затухая.

Осколки астероида покрывают побережье США вплоть до территории Великих Озер. Основная часть попадает в Саргассово море, вызывая огромные волны.

8. Стадия Ж – пролет мимо планеты, выход на орбиту.

Можно допустить, что некоторые части роя могли приобрести энергию больше, чем частицы основного состава. Это обусловлено обменом энергии при соударениях и пониженным сбросом скорости из-за аэродинамических эффектов. Тогда их траектории проходят по касательной к планете и места падений определить затруднительно.

Подводя итог, можно сказать, что Земля столкнулась с небесным телом из состава пояса астероидов. Однако само столкновение проходило по очень сложному сценарию. Из-за двойного нырка в атмосфере первоначальное тело было раздроблено на множество осколков, которые упали в Атлантический океан и произвели гигантские волны, прокатившиеся по всему Земному шару.