

Методика обработки наблюдений полета болида для определения его траектории

*В. Е. Чеботарев, С. П. Котельников, Р. А. Игнатов
г. Железногорск Красноярского края*

Принципы построения модели движения болида

Методика основана на экспертном задании плоскости полета болида по результатам предварительного анализа показаний очевидцев или другой информации. Плоскость задается точкой на поверхности Земли (широта и долгота) и направлением полета (азимут).

Для заданной плоскости болида на компьютере моделируется его движение и определяется взаимная видимость болида и наблюдателя. Из сравнения результатов модельного движения и фактических данных наблюдателя (азимут и угловая высота болида над горизонтом) восстанавливается видимая траектория болида в вертикальной плоскости по каждому из наблюдателей. Смещением плоскости полета болида относительно наблюдателя и её разворотом добиваются максимального совмещения траекторий полета болида от всех наблюдателей. Полученная таким способом траектория полета болида считается близкой к реальной. Все результаты расчета автоматизированы и выводятся на монитор компьютера в графическом виде:

- 1) траектория полета болида в плоскости горизонта и направления азимута наблюдения для каждого наблюдателя;
- 2) траектория полета болида в вертикальной плоскости с наложенными на ней отдельными траекториями, получаемые по данным каждого наблюдателя.

Анализ полета Витимского болида

В ночь на 25 сентября 2002 г. в 1 ч 48 мин местного (иркутского) поясного времени севернее озера Байкал (в бассейне р. Витим) наблюдался полет очень яркого болида.

Фрагмент траектории болида был зарегистрирован спутниковыми средствами США. Первоначально болид был зарегистрирован на $57,91^\circ$ северной широты (φ) и $112,9^\circ$ восточной долготы (λ) на высоте $h \approx 62$ км (Т1). Болид отслеживался до $\varphi = 58,21^\circ$, $\lambda = 113,46^\circ$, $h = 30$ км (Т2). Это позволило определить азимут полета (на северо-восток – 45°), угол наклона траектории полета болида относительно плоскости горизонта (около 34°) и координаты зоны пересечения продолжения траектории полета болида с поверхностью Земли $\varphi_B = 58,49^\circ$, $\lambda_B = 114,0^\circ$, так называемая точка «встречи».

Полет болида сопровождался световыми и звуковыми эффектами, акустическими, инфразвуковыми сейсмическими возмущениями, которые были зарегистрированы наземными станциями сибирского региона России. По опубликованным данным координаты эпицентра взрыва следующие: широта $58,3^\circ$, долгота $112,8^\circ$, высота 27 км (погрешность расчетов примерно 10 км).

Район полета болида посетило множество экспедиций:

- 1) экспедиция «Космопоиска» (руководитель Чернобров В.А.);
- 2) экспедиция Иркутского института солнечно-земной физики (руководитель Язев С.А.);
- 3) экспедиция из г. Железногорска (руководитель Котельников С.П., научный руководитель Чеботарев В.Е.).

В материалах первых двух экспедиций данные опросов очевидцев не несут информации об угловом перемещении болида, а отражают только факт его пролета.

За 4 экспедиции (2003–2006 гг.) группой из г. Железногорска проведены опросы очевидцев с занесением информации об азимуте и угловой высоте болида над горизонтом для каждого наблюдателя с выездом на место наблюдения. Материалы экспедиции 2003 г. приведены в [1].

С использованием разработанной методики проведена совместная проверка траектории по наблюдениям очевидцев и других источников информации.

Наложение данных наблюдателей на траекторию полета, полученную по спутниковым данным, показывает вполне приемлемое совпадение этих траекторий.

Наложение данных наблюдателей на траекторию полета, проходящую через эпицентр взрыва (данные сейсмической регистрации), показывает худшее совпадение траекторий.

Анализ полета Алтайского болида

Поздно вечером 10 января 2007 г. незадолго до 23 часов местного (алтайского) поясного времени в юго-западных районах Алтайского края наблюдался полет яркого болида.

В августе–сентябре 2007 г. группой из г. Железногорска была проведена экспедиция (руководитель Котельников С.П.) с целью опроса очевидцев полета болида. В ходе экспедиции на обширной территории были проведены опросы нескольких десятков очевидцев с занесением информации об азимуте

и угловой высоте болида над горизонтом для каждого наблюдателя с выездом на место наблюдения.

Для этого случая построение траектории с использованием настоящей методики производилось следующим образом. Была определена проекция траектории полета болида, которая проходила бы вблизи зенита (над головой очевидца). Показания остальных очевидцев проецировались на выбранную траекторию.

Это позволяет оценить с определенной погрешностью координаты зоны пересечения траектории полета болида с поверхностью Земли.

Анализ полета Тунгусского болида

Методика оценки траектории полета болида в приложении к Тунгусскому космическому телу (ТКТ) дополнительно доработана в следующей части:

- 1) введена траектория полета болида с наклоном θ_3 , заканчивающаяся в эпицентре с координатами: широта (φ_3), долгота (λ_3), высота (h_3);
- 2) наблюдатели анализируются в части наличия видимости пролета болида (с минимальным углом места над горизонтом $\sim 5^\circ$).

Программа на основании [2] формирует массив табличных данных, содержащих для каждого наблюдателя его номер, координаты, максимальное значение угла места видимости болида. Если наблюдатель не видел полет болида, то заносите признак "нет".

Одновременно массив табличных данных преобразуется в графическую картинку, в виде плоскости, на которой показаны положения наблюдателей, проекция траектории полета болида. На проекции траектории болида приведены следующие точки: начало свечения (высота ~ 110 км), эпицентр, точка пересечения траектории с поверхностью Земли (для случая воздушного взрыва).

Меняя угол наклона и азимут траектории, можно оценить приоритеты среди различных вариантов исходя из критерия – максимум охвата всех наблюдателей этого явления.

Результаты обработки массива данных очевидцев показал, что особо выделить приоритет по направлениям полета болида затруднительно. Необходима более полная информация очевидцев о траектории полета болида (угол места, высота).

Выводы

1) показания очевидцев, несущие информацию о траектории полета болида (азимут и угловая высота болида над горизонтом), даже учитывая их большую погрешность, дают вполне качественную информацию для оценки траектории полета болида;

2) разработанный метод обработки показаний очевидцев позволяет экспертно подобрать траекторию полета болида, близкую к реальной;

3) геометрический метод оптимизации выбора осредненной траектории полета болида путем визуального объединения траекторий полета, полученного по данным каждого очевидца, подтвердил свою эффективность.

Список литературы

1. Чеботарев, В.Н. Новая космическая загадка Сибири / В.Н. Чеботарев, С.П. Котельников, А.П. Андреев // Земля и Вселенная. – 2004. – № 5. – С. 67–72.
2. Васильев, Н.В. Показания очевидцев Тунгусского падения / Н.В. Васильев, А.Ф. Ковалевский, Л.Е. Эпиктетова, С.А. Разин. – Томск, 1981.