

ТОМСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. В. КУЙБИШЕВА

ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО
АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

КОМИССИЯ ПО МЕТЕОРИТАМ И КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВОПРОСЫ МЕТЕОРИТИКИ

Проблема Тунгусского метеорита
(сборник статей)

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Томск — 1976

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ ЛИСТВЕННИЦ В РАЙОНЕ ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

В. А. ВОРОБЬЕВ, Д. В. ДЕМИН

1. К истории вопроса

В 1963—1965 гг. были проведены массовые исследования поражений ветвей лиственниц в районе Тунгусской катастрофы. Ильиным, Воробьевым, Байер и Шкутой (1967) были изложены аргументы в пользу лучевой природы поражений, известных под названием «ожог» и «рыхлое кольцо», установлены границы области ожога леса, зоны максимальной и минимальной освещенности. Общая картина ожога подтвердила восточный вариант траектории. Дальнейшие полевые и камеральные работы были направлены преимущественно на решение следующих неясных вопросов.

Материалы экспедиции Л. А. Кулика дали в свое время Кринову (1949) возможность начертить гладкую ЮВ границу зоны ожога растительности: на востоке — по р. Угакит, на юге — до хр. Хладного (14 км от эпицентра). Естественно отождествить поражение, отмеченное Л. А. Куликом («птичий коготок») и «ожог». Однако картина, полученная в 1963—1965 гг., имеет одну существенную особенность: в то время как на северо-восток и юго-восток зона ожога распространяется на 12—14 км, в восточном направлении — всего на 6 км. Клиновидный разрыв зоны ожога на востоке, с одной стороны, с трудом поддавался какой-либо достаточно естественной интерпретации, с другой — не согласовывался с границей ожога по Л. Е. Кринову. Возникла, таким образом, необходимость в новых полевых работах на «белом пятне» зоны ожога.

Как было отмечено Воробьевым, Ильиным и Шкутой (1967), векторные характеристики ожога претерпели значительные изменения за прошедшие 60 лет, причем эти изменения вряд ли можно рассматривать как «белый шум». Например, выпрямление ветвей под действием возрастающего веса носит выраженный систематический характер и искажает одну из важнейших векторных характеристик — угол наклона ветки.

Ильиным, Воробьевым и Байер (1967) были предложены

скалярные характеристики ожога, в первом приближении пропорциональные освещенности — максимальный диаметр поражения α и сектор поражения φ . Возникла задача оценки информативности этих параметров по сравнению с векторными: азимутом, углом наклона ветки и другими.

Настоящая работа содержит некоторые результаты исследований, проведенных в этих направлениях.

2. Результаты полевых работ 1968 года

Полевые работы 1968 года проводились в районе слияния рр. Угакит — Ямоко — Хушма, на предполагаемой гладкой восточной границе ожога, и дали следующие результаты: зона ожога простирается на 16 км к востоку от эпицентра; ожог в восточном направлении гораздо слабее, чем в других районах. Это выражено в следующих наблюдениях: пораженные ветви составляют менее 5% от общего числа переживших катастрофу и находящихся в зоне ожога; диаметр пораженных участков не превышает 3 мм, тогда как в остальных районах он практически всегда больше этой величины; длина пораженного участка составляет 3—5 см на самом конце ветви. Соответствующий параметр в остальных районах — от 10 до 100 см.

Таким образом, можно констатировать наличие очень слабого ожога на востоке, что дает известное основание для отождествления «ожога» и «птичьего коготка». Закономерно возникает вопрос о наличии подобных слабых поражений во всей пограничной полосе за пределами зоны ожога и, следовательно, о том, истинна ли определенная нами ранее граница (Воробьев, Ильин, Шкута, 1967).

Существенным является тот факт, что непосредственно под траекторией ожог гораздо слабее, чем в ближайшей окрестности. Не исключено, что интенсивность термических поражений связана с аэродинамическим напором («крылья» вывала леса). Это обстоятельство должно быть принято во внимание при восстановлении физической картины Тунгусской катастрофы.

3. Определение пространственных координат источника лучевого поражения

Высота гипотетического источника лучевого поражения и координат его проекции на плоскость земли («эпицентр» ожога) были впервые определены Зенкиным и Ильиным (1964) на базе векторной характеристики ожога — плоскости поражения. Используя метод наименьших квадратов, авторы рассчитали на основе 13 деревьев пространственные координаты то-

чечного источника как точки, сумма квадратов расстояний от которой до плоскостей поражения минимальна:

$$\varphi = 60^{\circ}52,8 \pm 300 \text{ м}; \lambda = 101^{\circ}55,3 \pm 350 \text{ м}; h = 4800 \pm 550 \text{ м}.$$

В системе координат, использованных В. Г. Фастом в работах по вывалу леса, географические координаты проекции источника ожога

$$x = 38,6 \pm 0,3; y = 22,1 \pm 0,4.$$

Проекция источника ожога смещена относительно особой точки вывала на 1,5 км. Линия, их соединяющая, имеет азимут, равный 113° , близкий азимуту проекции траектории, определенному Фастом (1967) независимым способом. Несовпадение эпицентров «взрыва» и «ожога» свидетельствует о специфике механической и лучевой компонент взрыва, о возможной пространственной разобщенности явлений.

При интерпретации результатов работы Зенкина и Ильина следует иметь в виду указанную выше возможность систематической погрешности векторных характеристик, вызванной изменением наклона, разворотом ветки и пр. Введение поправок требует сложных полевых измерений. От указанного недостатка свободны скалярные характеристики ожога (максимальный диаметр пораженной ветки и сектор поражения, в первом приближении пропорциональные потоку энергии). Погрешности этих показателей могут быть, в принципе, скомпенсированы большим объемом экспериментального материала, полученного на значительной площади. К настоящему времени такой материал получен и систематизирован. Авторы в качестве величины, характеризующей интенсивность поражения в некоторой точке, используют максимальный диаметр пораженной ветки. Для определения координат эффективного источника и оси симметрии поля ожоговых поражений нами использован метод корреляционных структур, идея которого изложена Деминым (1967).

На рис. 1 показан рельеф функции корреляции $\rho(x, y, h)$ в плоскости земли $h=0$, полученный на основании 75 замеров. Рельеф имеет выраженный конусообразный характер с вершиной в точке с координатами

$$x = 39,0; y = 22,2.$$

Максимальная корреляция равна 0,761. Подобные структуры были получены для $h=1, 2, \dots, 10$ км. По мере возрастания высоты вершина конуса смещается на восток, а величина корреляции возрастает, принимая максимальное значение на высоте 7 км, равное 0,783. Координаты глобального максимума составляют

$$x = 39,0; y = 23,2; h = 7,0 \text{ км}.$$

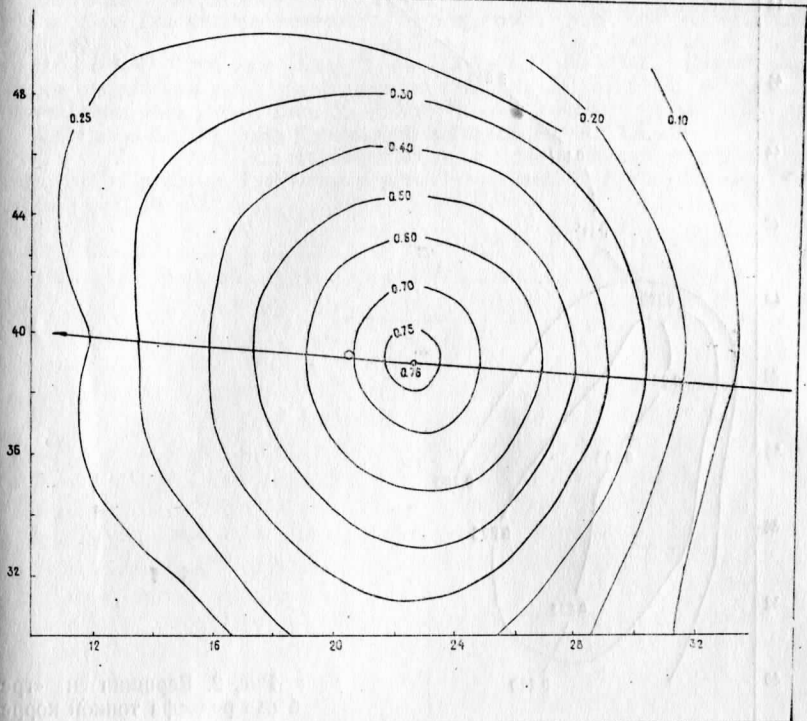


Рис. 1. Рельеф корреляционной структуры поля ожоговых поражений (эпицентр взрыва обозначен кружком)

Проекция эффективного источника поражения расположена в 2,5 км от особой точки вывала по азимуту 95° , что определяет, по-видимому, направление траектории на заключительном участке полета.

При построении рельефа рис. 1 учитывались пустые пробы, удаленные на 10 и более километров от эпицентра. Эти пробы, усиливая выраженность рельефа, огрубляют картину. Для выявления более тонкой структуры пустые пробы были исключены из расчета. Полученная таким образом функция корреляции образует рельеф, гребень которого показан на рис. 2. Более развитое южное крыло фигуры указывает на высокую интенсивность поражений к югу от траектории. Отметим, что аналогичная асимметрия наблюдается также на карте вывала (Фаст, 1967). Этот факт подтверждает наличие некоторого сходства полей ожога и аэродинамического напора.

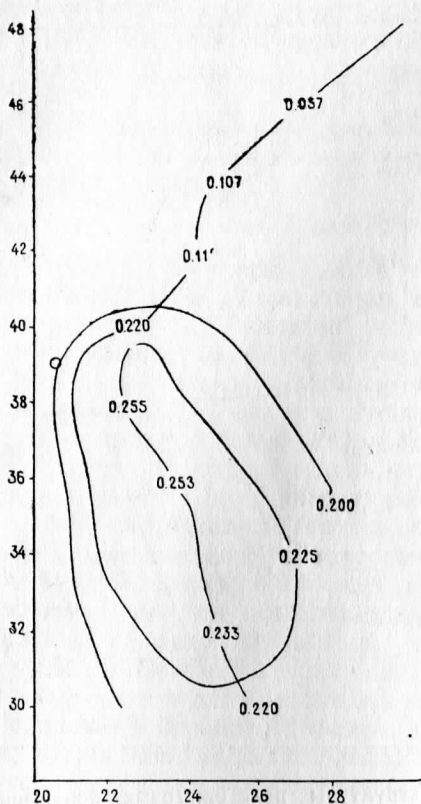


Рис. 2. Вершина и «гребень» рельефа тонкой корреляционной структуры поля ожоговых поражений (эпицентр взрыва обозначен кружком)

Выводы

1. Получены уточненные координаты эффективного центра свечения:

$$x=39,0; y=23,2; h=7,0 \text{ км.}$$

2. Определен азимут траектории, равный 95° .

3. Выявлено сходство тонкой структуры поля ожога и поля вывала.

ЛИТЕРАТУРА

Воробьев В. А., Ильин А. Г., Шкута Б. Л. (1967). Изучение термических поражений веток лиственниц, переживших Тунгусскую катастрофу. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 110—118.

Демин Д. В. (1967). Алгоритм статистической оценки параметров Тунгусского падения по данным наземных наблюдений. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2, Томск, Изд-во Томского ун-та, 235—236.

Зенкин Г. М., Ильин А. Г. (1964). О лучевом ожоге деревьев в районе взрыва Тунгусского метеорита. Метеоритика, вып. 24, М., «Наука», 129—140.

Ильин А. Г., Воробьев В. А., Байер В. В. (1967). Связь параметров поражений веток лиственниц со световой энергией. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 105—110.

Кринов Е. Л. (1949). Тунгусский метеорит. М., АН СССР.

Фаст В. Г. (1967). Статистический анализ параметров Тунгусского вывала. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 40—62.