

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

МЕТЕОРИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СИБИРИ

75 лет Тунгусскому феномену

Ответственный редактор
д-р геол.-мин. наук *Ю. А. Долгов*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск • 1984

Д. В. Демян, А. Н. Дмитриев, В. К. Журавлев

ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ ТУНГУССКОГО ФЕНОМЕНА 1908 г.

Грандиозное событие, известное в мировой литературе как «падение Тунгусского метеорита», до сих пор не получило однозначной интерпретации. Многоаспектность, комплексный характер проявления делают актуальным анализ информационной структуры всей совокупности фактических данных. В предлагаемой работе ряд фундаментальных аспектов проблемы рассматривается применительно к одному из видов информации о феномене — показаниям свидетелей пролета и падения Тунгусского космического тела.

В нашем распоряжении имеются практически все показания, полученные несколькими поколениями исследователей. Большая часть данных систематизирована в виде каталога «Показания очевидцев Тунгусского метеорита» [9], что позволяет использовать этот материал для реконструкции событий, происходивших над Восточной Сибирью 30 июня 1908 г.

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО МАССИВА

На основе генерального каталога была составлена картотека, включающая 708 показаний. Формализация сообщений, представленных в повествовательной форме, потребовала разработки специального классификатора, идентифицирующего каждое показание с элементом множества xM^h , где M^h — множество значений h -го признака, включающее и нулевой элемент, т. е. отсутствие информации*.

Подразделение исходной информации о Тунгусском метеорите (рис. 1) подчинено требованиям учета особенностей феномена, при этом были выделены группы: наблюдаемая форма («портрет»), пространственно-временные характеристики («динамика существования»), сопутствующие явления («реакция среды»). В дальнейшем в связи с характером наличных данных и способами их обработки это подразделение было видоизменено и детализировано. В табл. 1 представлена количественная информация о различных признаках явления.

Следует отметить высокий уровень статистической обеспеченности данных практически по всем группам признаков, особенно по признакам 1.1, 2.1, 2.2, 4.1.

1.1. Данные о форме тела. Показания, содержащие данные о различных геометрических формах объекта, приведены в табл. 2.

Таким образом, очевидцы выделяют три группы форм объекта: компактные формы с четкими границами (шар, цилиндр, звезда),

* Указанная трудоемкая работа была выполнена сотрудником ВЦ СО АН СССР А. Крыловой.

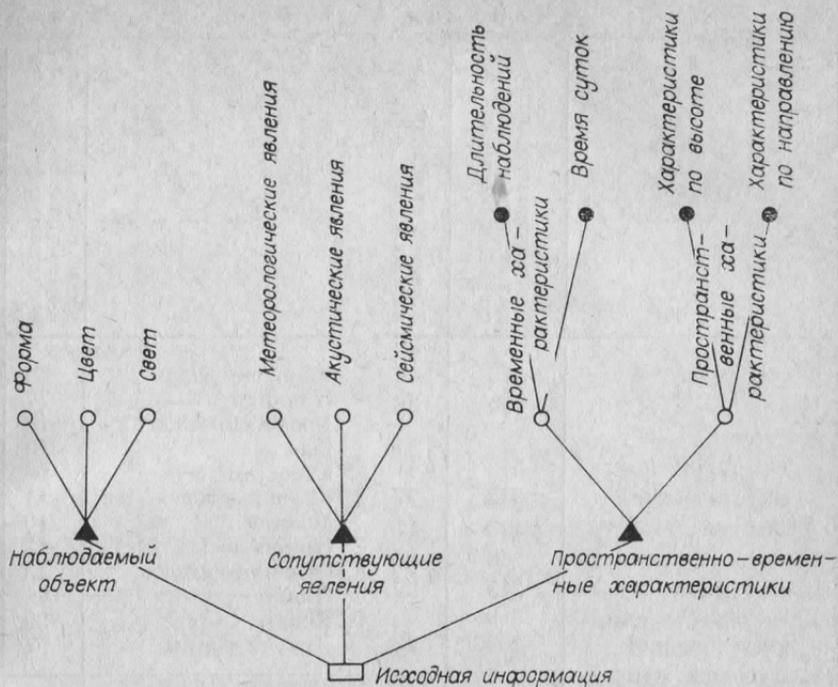


Рис. 1. Информационный граф Тунгусского феномена.

протяженные формы со значительными угловыми размерами и четкими границами (молнии, «змееподобные» образования, «хвостатые» объекты), сложные формы с нерезкими границами (огненные полосы, пламена, столбы, искры), что свидетельствует о гетерогенности массива наблюдений. Характерно, что формы объекта, выделяемые очевидцами Тунгусского феномена, в целом соответствуют известным классификаторам форм необычных явлений.

1.2. Данные о цвете. Весьма разнообразна также цветовая гамма явления. Как само тело, так и сопутствующие его пролету образования имели, согласно показаниям очевидцев, широкий спектр цветовых характеристик — от насыщенных горячих и теплых тонов (красный, оранжевый, желтый) до холодных (голубой, синий). Для цветовой гаммы Тунгусского феномена характерно практически полное отсутствие зеленого и фиолетового участков спектра. В целом отмечается преобладание длинноволновой компоненты оптического диапазона (табл. 3).

При разработке классификатора форм нами учитывался как опыт наблюдений за классическими явлениями, так и современные методы регистрации необычных явлений в атмосфере Земли и ближнем космосе [13, 35].

Статистические данные о цветовой гамме Тунгусского феномена свидетельствуют о наличии, по крайней мере, двух комплексов явлений, различающихся по своим спектральным характеристикам, что

Таблица 1

№ признака	Признак	Число показаний, содержащих данные о соответствующем признаке	То же, % от общего числа показаний
1.1	Форма тела	473	68
1.2	Цвет »	199	28
2.	Явления:		
2.1	сейсмические	340	48
2.2	акустические	542	77
2.3	оптические	123	17
2.4	метеорологические	86	12
3.1	Время суток	215	30
3.2	Длительность комплекса явлений	159	22
4.1	Кажущееся направление	331	47

Таблица 2

Форма	Число наблюдений, содержащих указание на соответствующую форму объекта	То же, % от общего числа показаний, содержащих данные о форме
Шар, округлая	89	18,8
Цилиндр	77	16,3
Конусообразная	10	2,1
Звезда	16	3,4
«Хвостатая»	66	14,0
«Змееподобная»	11	2,3
Молния	10	2,1
Светополосы	12	2,5
Огненные столбы	23	4,9
Пламя	49	10,3
Искры	53	11,2
Другие формы	57	12,1
Всего	473	100,0

подтверждает высказанное выше предположение о гетерогенности массива наблюдений.

2.1. Сейсмические явления. Известно, что пролет и разрушение Тунгусского космического тела сопровождалось сейсмическими явлениями большой интенсивности [9]. Дрожание почвы, раскачивание предметов, колыхание воды и другие подобные явления отмечают многие очевидцы (табл. 4).

Таблица 3

Цвет	Число наблюдений, содержащих указание на соответствующий цвет	То же, % от общего числа показаний, содержащих данные о цвете
Красный	74	37,2
Оранжевый	26	13,1
Желтый	36	18,1
Зеленый	1	0,5
Синий	15	7,5
Голубой	6	3,0
Фиолетовый	0	0
Белый	24	12,1
Черный	13	6,5
Дымчатый	4	2,0
Всего . . .	199	100,0

Таблица 4

Сейсмические явления	Число наблюдений, содержащих указание на соответствующие сейсмические явления	То же, % от общего числа показаний, содержащих данные о сейсмических явлениях
Землетрясения	62	18,2
Сотрясение почвы, воды	64	18,8
Дрожание почвы, воды, воздуха	54	15,9
Качание, колыхание	24	7,1
Удары, толчки, взрывы	136	40,0
Всего	340	100,0

Таблица 5

Характер звука	Число наблюдений, содержащих указания на соответствующие акустические явления	То же, % от общего числа показаний, содержащих данные об акустических явлениях
Гул	41	7,9
Шум	45	8,7
Шипение, вой	6	1,1
Уханье, жужжанье	14	2,7
Гром	173	33,3
Грохот	40	7,7
Канонада	24	4,6
Стрельба, выстрелы	102	19,6
Стук, удары	60	11,6
Треск	14	2,7
Всего	519	100,0

Таблица 6

Оптические явления	Число наблюдений, содержащих указания на соответствующие оптические явления	То же, % от общего числа показаний, содержащих данные об оптических явлениях
Полосы огненные	9	7,7
Полосы цветные	23	19,6
Ленты светлые	4	3,4
Радуга	3	2,5
Сильный блеск	5	4,3
Пламя	15	12,8
Зарево	7	6,0
Светлые ночи	3	2,5
Заря	4	3,4
«Потемнело», «зашло солнце»	19	16,2
«Осветило»	25	21,5
Всего	117	100,0

2.2. Акустические явления. Анализ звукового сопровождения Тунгусского феномена свидетельствует о наличии нескольких типов звуков (табл. 5). Чаще всего регистрировались звуки дискретного характера (грохот, стрельба, стуки, треск), однако отмечались также и непрерывные звуки типа гула. В ряде случаев зафиксированы звуки типично электрофонной природы (вой, жужжание). Характер и пространственная локализация акустических явлений представляются одним из наиболее информативных источников данных о траектории Тунгусского космического тела.

2.3. Оптические явления. Информация, относящаяся к атмосферно-оптической характеристике феномена, приведена в табл. 6. Отметим, что признаки «потемнело», «закрыло солнце» встречаются почти так же часто, как «осветило». Характерно наличие протяженных структур — полос, линий, радуг; отмечаются явления «пламени», «зарева», «сильного блеска».

2.4. Метеорологические явления. Тунгусский феномен, как свидетельствуют очевидцы, сопровождался разнообразными явлениями метеорологического характера (табл. 7). Наиболее часто отмечался «сильный ветер», а также «дымка, туман, морок». О сложности атмосферных процессов свидетельствуют резкие перепады температуры воздуха, зафиксированные в ряде показаний, отмечаются грозы, отдельные грозовые разряды, локальное развитие бурь, ураганов и вихрей.

3.1. Время суток. Специальный интерес представляют данные о времени пролета тела. Временные характеристики феномена разнообразны. Наличие значительного количества показаний, содержащих указание на время суток, позволяет построить представи-

Таблица 7

Метеорологические явления	Число наблюдений, содержащих указания на соответствующие метеорологические явления	То же, % от общего числа показаний, содержащих данные о метеорологических явлениях
Ветер слабый	6	6,9
» сильный	32	37,2
Буря	4	4,6
Ураган	4	4,6
Вихрь	9	10,5
Гроза	3	3,5
Дымка, морок, туман	17	19,7
Дождь, град	3	3,5
Падение температуры	1	1,2
Повышение »	7	8,1
Всего	86	100,0

Таблица 8

Время суток	Число наблюдений, содержащих указания на соответствующее время суток	То же, % от общего числа наблюдений с указанием времени суток
Рано утром	29	14,4
Утро	71	35,1
До обеда	26	12,9
Обед	23	11,4
День	29	14,4
Вечер	24	11,9
Всего	202	100,0

тельные статистические распределения, недвусмысленно свидетельствующие о сугубой неоднородности материала (табл. 8).

Более детальные данные содержатся в табл. 9, где время наблюдения указано с точностью до 1 ч. Таблица свидетельствует о бимодальности распределения значений признака: максимум в интервале 6—8 ч утра (что соответствует общепринятой, объективно зарегистрированной версии) сопровождается соизмеримым с ним пиком распределения показаний в интервале 11—12 ч дня. Отметим, что в табл. 8, 9 зафиксировано значительное количество послеполуденных, дневных, а также вечерних (!) наблюдений.

Отметим, что наиболее достоверные «утренние» показания относятся к опросам, проводившимся либо непосредственно после Тунгусской катастрофы, либо не позже, чем через 15—20 лет после нее. Однако массовый характер наблюдений, приуроченных к местному полудню и более позднему времени суток, свидетельствует, скорее всего, об объективном характере «дневных» показаний.

3.2. Длительность комплекса явлений. Важным временным параметром Тунгусского феномена является длительность наблюдения, распределение значений которой приведено в табл. 10. Обращает на себя внимание как значительная длительность комплекса явлений, так и исключительно широкий диапазон изменений—от 1 мин до 1 ч и более, что противоречит элементарным представлениям метеоритики.

4.1. Направление полета.

Несомненно, одним из фундаментальных параметров проблемы является направление или траектория полета. Какую информацию по этому вопросу мы можем извлечь из показаний очевидцев? На первый взгляд, значительная площадь, на которой наблюдался феномен, независимость показаний и их достаточно высокая плотность

Таблица 9

Время суток, ч	Число наблюдений, содержащих указание на соответствующий час суток	То же, % от общего числа наблюдений с указанием часа суток
4—5	2	1,2
5—6	7	4,0
6—7	24	13,8
7—8	38	21,8
8—9	26	14,9
9—10	15	8,6
10—11	14	8,0
11—12	22	12,6
12—13	4	2,3
13—14	4	2,3
14—15	4	2,3
15—16	10	5,8
16—17 и позже В том числе	Единичные наблюдения	—
19—20	4	2,3
Всего . . .	174	100,0

Таблица 10

Длительность явления, мин	Число наблюдений, содержащих указание на соответствующую длительность явления	То же, % от общего числа наблюдений с указанием длительности	
1	13	51	32,1
2	12		
3	11		
4	4		
5	11		
5—10	24	15,1	
10—15	10	6,3	
15—20	17	10,7	
20—25	3	1,8	
25—30	27	17,0	
30—60	15	9,4	
1 ч и более	12	7,5	
Всего . . .	159	100,0	

дают возможность с достаточной точностью реконструировать пространственную картину пролета тела. На практике, однако, мы сталкиваемся с более сложной ситуацией. Обратившись к табл. 11, где приведено распределение видимых направлений полета, мы вновь обнаруживаем широкий разброс значений показателя. Одной из возможных трактовок столь большого разнообразия видимых направлений полета может явиться разная удаленность наблюдателей от «коридора» пролета тела и эпицентра взрыва. Общая картина направлений полета, зарегистрированных показаниями очевидцев, дает преобладание северных и западных румбов, что отчасти можно

Таблица 11

Направление полета	Число наблюдений с указанием на соответствующее направление полета	То же, % от общего числа наблюдений, содержащих данные о направлении полета	Направление полета	Число наблюдений с указанием на соответствующее направление полета	То же, % от общего числа наблюдений, содержащих данные о направлении полета
На север	59	76	На юг	7	43
С юга	17		С севера	36	
На северо-восток	15	23	На юго-запад	5	15
С юго-запада	8		С северо-востока	10	
На восток	4	19	На запад	45	69
С запада	15		С востока	24	
На юго-восток	3	18	На северо-запад	44	68
С северо-запада	15		С юго-востока	24	
Всего			Всего	331	100,0

объяснить географическим расположением пунктов наблюдения относительно траектории тела.

Резюмируя, необходимо подчеркнуть исключительно высокую дисперсию значений практически всех рассматриваемых признаков. Для ряда показателей характерна бимодальная картина распределения, что, скорее всего, свидетельствует о суперпозиции нескольких физически разнородных событий.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПОКАЗАНИЙ ОЧЕВИДЦЕВ ТУНГУССКОГО ПАДЕНИЯ

Высокий разброс значений изучаемых признаков феномена, скорее всего, свидетельствует не только о «шуме» в информационном канале, но и о полиморфности, гетерогенности явления. С целью выявления территориальных признаков наблюдаемых эффектов таблица показаний была разделена на следующие группы:

1. Пос. Ванавара и ближайшие поселения (44 сообщения);
2. Верховья Нижней Тунгуски и бассейн Вилюя (152 сообщения);
3. Верхнее и среднее течение р. Лены (83 сообщения);
4. Прибайкалье (22 сообщения);
5. Бассейн Ангары (306 сообщений);
6. Южные районы Красноярского края (34 сообщения);
7. Алтайский край (5 показаний);
8. Среднее течение Енисея (19 сообщений);
9. Подкаменная Тунгуска от пос. Оскоба до устья (7 сообщений);
10. Бассейн Нижней Тунгуски в среднем и нижнем течении (13 сообщений).

Показания с верховьев Нижней Тунгуски, верховьев и среднего течения Лены, из бассейна Вилюя (пп. 2 и 3) были объединены как «восточная» группа наблюдений, показания из бассейна Ангары, южных районов Красноярского края (пп. 5 и 6) — как «южная» группа наблюдений. Мы исходили из гипотезы, что гетерогенность показаний имеет территориальную природу, иными словами, восточная и южная группы наблюдений фиксируют различные «образы» явления, что и определяет бимодальность объединенного распределения. Для проверки данной гипотезы были построены четырехпольные матрицы сопряженности (табл. 12). Левые столбцы матриц относятся к восточной, правые — к южной группе наблюдений, соответственно, верхние и нижние строки таблиц — к различным, альтернативным группам значений признаков. Коэффициент сопряженности характеризует асимметрию матрицы или степень территориального градиента признаков. Практически все рассматриваемые признаки имеют высокий, статистически достоверный уровень сопряженности с географическим расположением наблюдателя, что позволяет рассматривать восточную и южную группы наблюдений как объективно разные «образы» (табл. 13).

Таблица 12

Дифференцируемые признаки	Число наблюдений		Коэффициент сопряженности
	Восточная группа	Южная группа	
Время суток			
4—9ч	12	78	29,12
10—17ч	30	24	
Шкала суток			
рано утром, утром, до обеда	29	74	16,69
обед, день, вечер	47	34	
Длительность наблюдения			
менее 5 мин	16	29	6,40
более 5 мин	14	73	
Форма тела			
звезда	5	7	6,90
округлые формы	42	11	
Направление движения			
на север	18	33	18,96
на запад	29	6	
Цвет			
красный, желтый, оранжевый	64	46	4,49
синий, голубой, белый	15	24	
Сопутствующие световые явления			
цветные полосы	6	15	7,03
пламя	11	4	

Таким образом, наблюдения в южном и восточном секторах существенно образом отличаются: если южные очевидцы наблюдали явление преимущественно утром, само явление продолжалось более 5 мин, причем тело звездообразной формы и «холодной» цветовой гаммы пролетело в северном направлении, то восточные очевидцы наблюдали явление преимущественно днем, явление регистрировалось в течение более короткого времени, тело пролетало на запад, имело округлые формы и окраску «горячей» тональности. На юге пролет ассоциируется с цветными полосами, а на востоке — с наблюдениями пламени. Данные табл. 13 интерпретируются как свиде-

Таблица 13

Признаки	Восточные наблюдения	Южные наблюдения
Время суток	10—17 ч	4—9 ч
Шкала суток	Обед, после обеда	Раннее утро, утро, до обеда
Длительность наблюдения	Менее 5 мин	Более 5 мин
Форма	Округлая	«Звезды»
Направления движения	На запад	На север
Цвет	Красный, желтый, оранжевый	Синий, голубой, белый
Сопутствующие световые явления	Пламя	Цветные полосы

тельство неидентичности восточных и южных комплексов явлений.

Отметим, что в качестве временной привязки в «восточных» показаниях часто фигурирует слово «обед». Было высказано предположение, что данное слово в конкретном регионе могло иметь диалектное значение и обозначать просто прием пищи в любое, в том числе утреннее время суток. Такая ситуация могла бы разрешить хотя бы часть противоречий в показаниях очевидцев. Для проверки этого предположения летом 1981 г. экспедиционная группа филологов Томского университета под руководством И. В. Журавлевой провела соответствующую опросную работу, в результате которой было установлено, что словом «обед» местные жители обозначают (и обозначали) время суток близкое к полудню, т. е. максимальной высоты солнца.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРНОЙ ТРАЕКТОРИИ

Первые сообщения о необычных явлениях, имевших место над Восточной Сибирью 30 июня 1908 г., начали поступать в Иркутскую обсерваторию непосредственно после события. Поток ценнейшей информации не иссякал и в последующие годы. Эти сообщения, а также данные опросов, проведенных Л. А. Куликом, Е. Л. Криновым и другими исследователями, послужили основой для первых попыток расчета атмосферной траектории предполагаемого метеорного тела [18].

Обработка данных о звуковых и сейсмических явлениях, сопровождавших пролет Тунгусского космического тела, привела А. В. Вознесенского [10] к выводу, что траектория тела имела азимут около 180° . Указанное направление подтверждено расчетами И. С. Астаповича: азимут траектории $180-190^\circ$, угол наклона траектории к горизонту $7-10^\circ$ [1-3]. Б. Ю. Левин [22], возражая против отдельных выводов И. С. Астаповича, не ставил под сомнение предложенную им ориентацию траектории. Е. Л. Кринов, подводя итоги довоенных исследований Тунгусского метеорита, предложил на основе собственного анализа показаний очевидцев другой вариант траектории: азимут 137° , угол наклона к горизонту 17° [21].

Причины столь существенного расхождения были проанализированы Н. Н. Сытинской [28], которая пришла к выводу, что имеющийся материал не позволяет сделать выбора между двумя вариантами траектории, различающимися на $40-50^\circ$ и проходящими над территориями, отстоящими на расстоянии 500—1000 км.

Вывод Н. Н. Сытинской, хотя и явился неожиданным и парадоксальным, но при учете многочисленности показаний, их более чем достаточной геометрической базы, наличии в ряде показаний недвусмысленных количественных данных видимой траектории в целом отражал объективную ситуацию, сложившуюся в исследованиях Тунгусского феномена. Необходимо было проводить дополнительные опросы, в частности, с целью выявления пунктов, над которыми тело прошло в зените. Однако в 50-х гг. сложилось убеждение, что

опросы очевидцев события полувековой давности бесперспективны. Ошибочность этого мнения была убедительно показана В. Г. Коненкиным, который в 1962 г. провел опросы во многих населенных пунктах, расположенных в верхнем течении Нижней Тунгуски [20]. По данным В. Г. Коненкина, проекция траектории космического тела пересекла Нижнюю Тунгуску между селами Преображенка и Верх-Калинино, что определяет направление полета, составляющее около 300° . Опросы, проведенные экспедиционными группами Томского отделения ВАГО в 60-х гг. [18, 32, 33], в целом подтвердили результаты В. Г. Коненкина. По оценке Л. Е. Эпиктетовой, направление полета тела заключено в интервале $300-305^\circ$ [34].

Данный вариант траектории, существенно отличающийся от вариантов Астаповича — Вознесенского и Е. Л. Кримова, был подтвержден независимыми данными — обширными материалами полевых исследований, проведенных Томским отделением ВАГО, Томским университетом и Комиссией по метеоритам и космической пыли СО АН СССР. Картирование зон разрушений (вывал леса) и иных эффектов, обнаруженных в окрестности эпицентра взрыва Тунгусского космического тела, показало, что многие из них обладают осевой симметрией. Так, ось симметрии вывала леса, рассчитанная В. Г. Фастом по кривизне линий равного отклонения от радиальности, оказалась ориентированной по направлению 275° относительно географического меридиана, близкие значения направлений осей симметрии имеют области ожоговых повреждений ветвей деревьев, зоны биологических аномалий сосен послекатастрофных поколений, распределение проб торфа, обогащенного в слое 1908 г. минеральными частицами, и т. д. [4—8, 10, 11, 13, 14, 25].

Общепризнано, что наличие осевой симметрии зон поражений и следов, связанных с взрывом Тунгусского метеорита, естественно интерпретировать как след траектории разрушившегося тела на конечном участке траектории полета. Совпадение направления траектории по данным восточной группы наблюдений и по данным исследования наземных следов катастрофы сформировало мнение, что предположение о южном направлении траектории ошибочно. Принципиально иная интерпретация обнаруженного противоречия содержится в работах Ф. Ю. Зигеля [16, 17].

Нами предпринят анализ на ЭВМ всей совокупности показаний (как содержащих данные о факте визуального наблюдения полета, так и не содержащих таких данных), включенных в каталог [9]. Некоторые предварительные результаты по оценке параметров атмосферной траектории тела на основании показаний очевидцев приводятся в данной статье.

Сообщения, содержащиеся в каталоге, неравноценны по степени достоверности, полноте, точности. Однако большое число независимых наблюдений, размер территории, на которой проводилось визирование и звуколокация полета, позволяют рассматривать поле показаний как сигнал на фоне случайного шума. Таким образом, для реконструкции траектории могут быть использованы методы математической статистики и теории информации, а также спе-

Азимут, град	Расстояние от					
	0—100	100—200	200—300	300—400	400—500	500—600
10—20						0/1
20—30		0/3		0/1		
30—40						
40—50		0/1				
50—60						
60—70				0/2	0/2	1/1
70—80				2/3		
80—90		0/1	0/1	12/19		
90—100	0/1		8/14	4/9		
100—110					40/57	
110—120				5/7	2/3	5/5
120—130	0/9	0/2	1/2	11/15	15/22	4/5
130—140					10/13	5/5
140—150				1/1		1/2
150—160				0/2		
160—170	0/8	0/1	0/6		13/22	1/1
170—180	0/4		0/5	0/18	1/4	1/3
180—190			5/14		0/2	0/2
190—200			17/40		1/21	
200—210	0/1		2/8	1/8	1/1	2/6
210—220			11/38	3/31		0/2
220—230				2/22		3/10
230—240				0/1	1/1	4/14
240—250		1/1	0/1	0/1		6/9
250—260						
260—270						0/1
270—280	0/2		0/1			
280—290			1/8	0/1		
290—300						
300—310	0/2					
310—320				0/4		
320—330			0/2			
Всего	1/26	0/9	45/140	42/166	83/127	33/67
R	0,04	0,00	0,32	0,25	0,65	0,49

Примечание. R — отношение числа наблюдателей пролета к общему числу

циальные алгоритмы, разработанные применительно к задачам геологического прогноза полезных ископаемых [23, 24].

Можно надеяться, что анализ обширного материала показаний очевидцев позволит уточнить параметры траектории как в локальном, так и планетарном масштабе, оценить скорость тела, угол наклона к горизонту и другие важные характеристики явления.

Географическое распределение визуальных наблюдений объекта. С целью выявления географических эффектов наблюдаемости пролета тела территория вокруг эпицентра взрыва, взятого за центр полярных координат, была разделена на области с шагом 10° по углу и 100 км по радиусу. Для каждой области было определено общее число наблюдений (знаменатель) и отдельно — число наблюдений,

эпицентра, км					Всего	R
600—700	700—800	800—900	900—1000	1000		
					0/1	0,00
					0/4	0,00
					0/0	
					0/1	0,00
					0/0	
		2/2			3/7	0,43
		1/3			3/6	0,50
0/1			1/1		13/22	0,59
0/1					13/25	0,52
1/1					41/58	0,71
	1/1				13/15	0,87
					31/55	0,56
					15/18	0,83
	1/1		1/1		4/5	0,80
1/1	1/1	1/2	5/5	1/1	8/14	0,57
1/2	2/5	6/9	3/4		26/48	0,45
	4/11	1/2	0/1	3/7	10/55	0,18
1/2	0/1		0/1	0/1	6/23	0,26
	0/3		0/1		18/65	0,28
0/2					6/26	0,23
2/17			1/1		17/89	0,19
	1/2	1/1	1/2	0/1	8/38	0,21
0/2	0/1			4/4	9/23	0,39
1/6				1/1	9/19	0,47
					0/0	
					0/1	0,00
					0/3	0,00
1/2					2/11	0,18
	1/1	1/1			2/2	1,00
		0/1			0/3	0,00
		0/1			0/5	0,00
					0/2	0,00
9/40	11/25	13/22	12/16	9/15	258/653	
0,22	0,44	0,59	0,75	0,60	0,40	

наблюдателей.

содержащих указание на визуально наблюдаемый эффект (числитель). Результаты представлены в табл. 14.

Полярная диаграмма доли визуальных наблюдений объекта весьма широка и на уровне 0,40 (средняя по всему массиву) заключена в интервале 60—170° и содержит, по-видимому, два максимума, соответствующих траекториям Коненкина (110—120°) и Кринова (130—140°). Между указанными максимумами, в интервале 120—130° отмечается небольшое, но статистически значимое снижение величины, что служит подтверждением бимодальности (двулепестковости) полярной диаграммы.

Следует обратить также внимание на третий, менее выраженный максимум — в интервале 250—270°. Таким образом, на большом

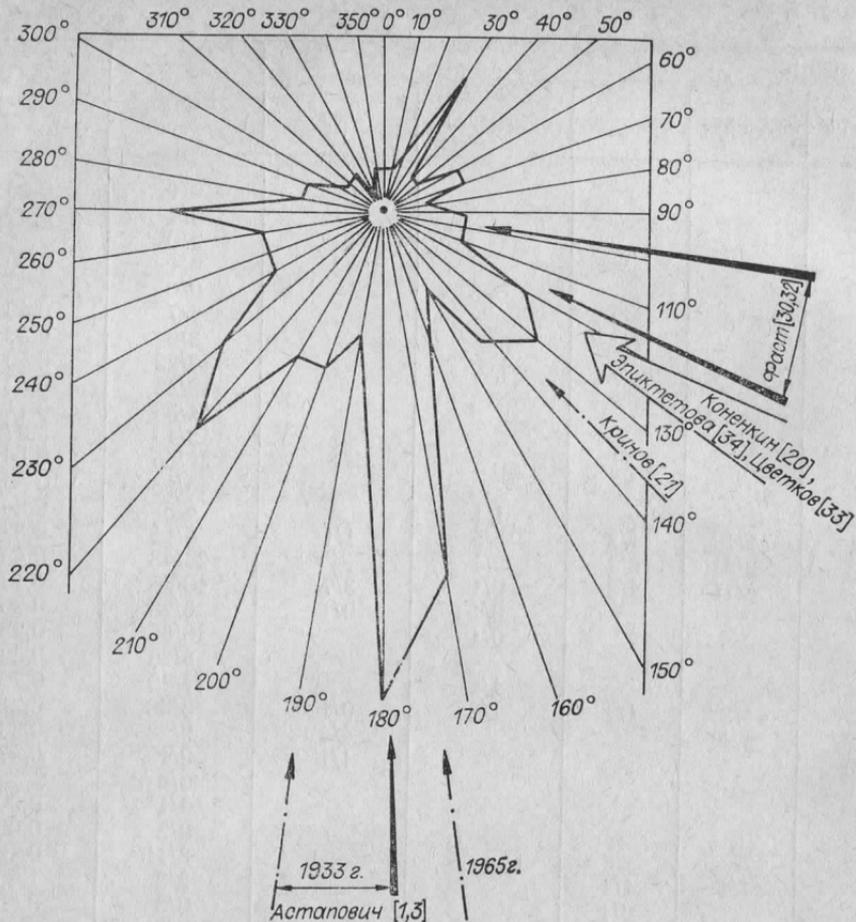


Рис. 2. Диаграмма распределения наблюдений по угловым интервалам и направления траектории на основе разных источников.

материале подтверждается высказанное еще Н. Н. Сытинской предположение о существовании, по крайней мере, двух независимых траекторий с азимутами 115 и 135°. Отметим, что в диаграмме отсутствуют пики по азимуту 360°.

Достаточно интересным представляется также относительная частота визуальных наблюдений в функции расстояния от эпицентра. Большинство наблюдений группируется на расстояниях 400—500 и 800—1000 км, а в круге радиусом 200 км при наличии 35 показаний, относящихся к другим аспектам явления, практически отсутствуют визуальные наблюдения пролета.

Аналогичные факты обнаруживаются также на рис. 2 и 3, характеризующих абсолютную численность показаний в зависимости от полярных координат пункта наблюдения относительно эпицентра.

Рис. 2. иллюстрирует важные аспекты проблемы траектории Тунгусского космического тела. Факт совпадения основных лепест-

ков полярной диаграммы с тремя группами выделенных направлений вряд ли случаен. Восточный лепесток совпадает с направлением, выделенным оценками В. Г. Фаста, В. Г. Коненкина, Л. Е. Эпиктетовой, В. И. Цветкова, Е. Л. Кринова. Южное направление ассоциируется с оценками И. С. Астаповича, а также аномалиями южного крыла Куликовского вывала. Западная ветвь фиксирована в оценках И. М. Суслова [27].

Пеленгационные расчеты. Важную самостоятельную задачу составляет обработка сообщений, содержащих непосредственные измерения геометрических характеристик явления. К таким характеристикам относятся угловые координаты точки обнаружения наблюдаемого объекта, угловые координаты точки исчезновения наблюдаемого объекта, азимуты на зарегистрированные визуально столбы света, дыма, пламени и т. п.

Указанные данные позволяют верифицировать весь комплекс показаний, полученных различными исследовательскими группами: пересечение в окрестности эписцентра визиров, проведенных из различных пунктов, несомненно свидетельствует о достоверности показаний и их пригодности для решения других задач. В ряде работ [20, 33, 34] содержатся показания с информацией подобного рода. Они систематизированы в табл. 15.

Нами были рассчитаны координаты (долгота) пересечений линий визиров с географическим меридианом, проходящим через эпи-

Таблица 15

Координаты пункта наблюдения		Азимут на выделенную точку на горизонте, град	Координаты пункта наблюдения		Азимут на выделенную точку на горизонте, град
Северная широта, град	Восточная долгота, град		Северная широта, град	Восточная долгота, град	
<i>В. Г. Коненкин [20]</i>					
61,27	108,00	270	59,88	108,13	285
60,03	108,00	285	59,88	108,13	300
60,08	108,00	270	60,03	108,00	300
60,08	108,00	270	60,08	108,00	285
59,23	106,18	330	<i>В. И. Цветков, А. П. Бояркина [33]</i>		
60,40	107,15	295	58,25	108,45	300
62,63	108,37	195	59,23	106,18	300
62,63	108,37	200	59,23	106,18	300
61,27	108,00	270	60,03	108,00	305
59,20	107,73	320	60,40	107,15	315
59,80	108,07	335	60,82	108,00	300
60,03	108,00	300	59,48	108,00	310
60,03	108,00	300	59,88	108,13	270
60,08	108,00	320	60,03	108,00	300
60,08	108,00	340	<i>Л. Е. Эпиктетова [34]</i>		
60,08	108,00	270	58,27	108,97	345
60,08	108,00	270	58,62	110,18	320
60,03	108,00	285	59,40	112,50	350
60,40	107,15	270	59,40	112,50	355
60,32	107,87	320	57,78	114,18	250

центр, и построены их статистические распределения. Среднее значение географической долготы пересечения практически совпадает с долготой эпицентра, что свидетельствует о весьма высокой точности пеленга эпицентра наблюдателями, расположенными на расстояниях 300 км и более от района взрыва (табл. 16).

Указанный факт свидетельствует о том, что восточная группа наблюдений подтверждает объективность восточного варианта траектории.

Оценки с использованием угловых координат Солнца. Особую категорию показаний образуют описания, в которых содержатся данные о видимой траектории с указанием положения Солнца и местного времени. Классическим в этом отношении является известное показание Т. Н. Науменко из с. Кежмы о том, что пролетающий объект «оторвался от Солнца». Исходя из предположения, что указанное выражение означает факт пересечения видимой траекторией диска Солнца (азимут 95° , угловая высота 27°), можно рассчитать расположение точки пересечения плоскости большого круга, проходящей через эпицентр, с прямой линией Солнце — Кежма. Высота указанной точки над Землей и ее расстояния до эпицентра для различных вариантов траектории указаны в табл. 17. Нетрудно видеть, что для восточных румбов траектории $100-125^\circ$ высота точки замечания составляет 200 км и более, что противоречит представлениям о светимости метеорных тел в атмосфере. Таким образом, по-

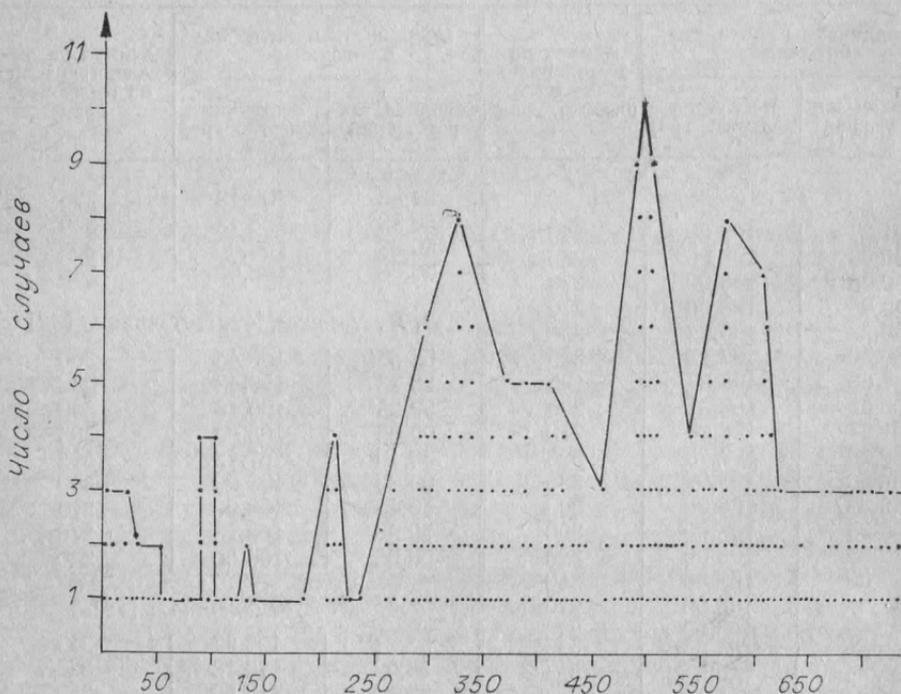


Рис. 3. Распределение расстояний

казания Т. Н. Науменко несовместимы с траекториями, по азимуту меньшими 125° .

Предположим, что выражение «оторвался от Солнца» не означает буквального факта совмещения тела и диска Солнца. Примем более низкие значения угловой высоты Солнца относительно наблюдателя в с. Кежме. Результаты соответствующего расчета для угловой высоты тела (км) при угловой высоте Солнца 25 , 20 и 15° приведены в табл. 18. Очевидно, что картина не изменилась радикальным образом, и траектория с азимутом 120° , как и ранее, является наиболее «восточной», в какой-то мере совместимой с геометрией феномена.

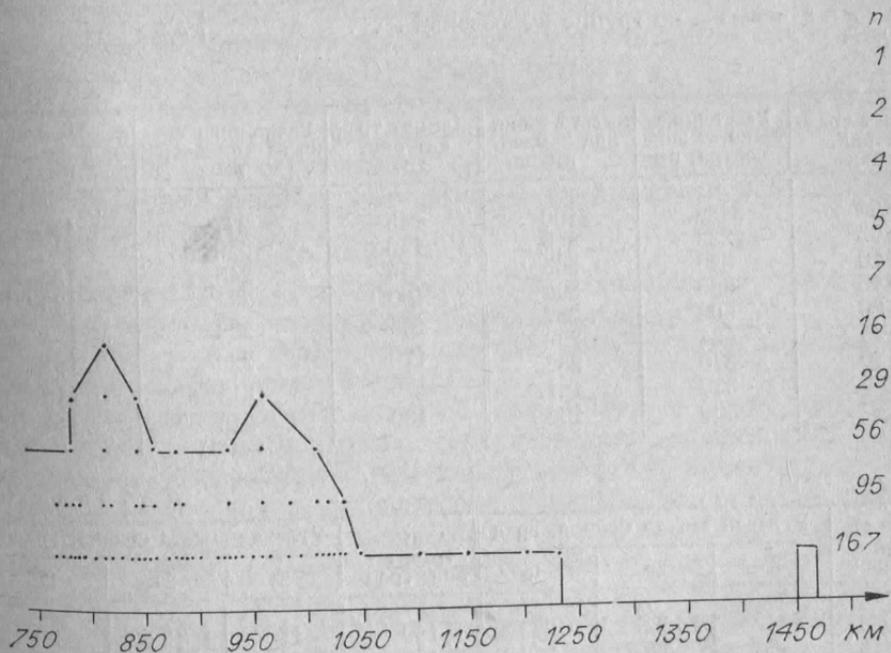
Таким образом, направление траектории, показания Т. Н. Науменко и условия возгорания (или выявление объекта в оптическом диапазоне) совместимы только при следующем сочетании условий:

— азимут траектории не менее 120° ;

— выражение «оторвался от Солнца» необходимо трактовать не как указание на факт пересечения световым образованием диска Солнца, а только как свидетельство, что наблюдаемый объект прошел в створе Солнца и, вполне вероятно, гораздо ниже (на высоте 15° при высоте Солнца 27°);

— высота замеченного образования не менее 200 км.

Некоторые противоречия в определении времени пролета. Как уже отмечалось, показания очевидцев о времени пролета космического тела распределены в широком диапазоне. Ряд необъяснимых пока противоречий содержится в наблюдениях, содержащих прямые указания на местное время. Приведем некоторые сведения, из



точек наблюдения от эпицентра.

Пункт (село)	Направление на эпицентр, град	Направление, указанное очевидцами, град	Невязка, град
<i>В. Е. Коенки [20]</i>			
Доткон	303	320	17
Непа	310	330	20
Боковиково	292	335	43
Верх-Калинино	291	300	9
Федорово	289	285	-4
Преображенка	289	285, 300, 300, 300, 285, 285	-4, 11, 11, 11, -4, -4
Мога	288	270, 270, 300, 270, 270, 270	-18, -18, 12, -18, -18, -18
Жданово	283	320	37
Ерема	283	270, 270	-13, -13
Лужки	280	270	-10
Сименга	243	195-200	-48
Средняя невязка по группе наблюдений			-1, 4

В. И. Цветков, А. П. Бояркина [53]

Непа	310	300, 300	-10, -10
Подволошино	312	300	-12
Данилово	298	310	12
Верх-Калинино	291	270	-21
Преображенка	289	300, 305	11, 16
Ерема	283	315	32
Оськино	274	300	26
Средняя невязка по группе наблюдений			4,9

Таблица 17

Азимут траектории, град	Расстояние точки от эпицентра, км	Высота точки над Землей, км	Азимут траектории, град	Расстояние точки от эпицентра, км	Высота точки над Землей, км
105	1222	819	150	259	140
110	820	565	155	245	132
115	620	364	160	234	126
120	502	287	165	226	121
125	424	238	170	220	181
130	370	205	175	215	115
135	330	181	180	213	114
140	300	164			

Таблица 18

Азимут траектории, град	Угловая высота Солнца, град			Азимут траектории, град	Угловая высота Солнца, град		
	25	20	15		25	20	15
100	1932	1560	1229	140	150	123	90
110	464	370	256	150	130	103	77
120	263	217	163	160	117	90	71
130	183	156	117	170	103	82	64

которых следует, что ряд неясностей сохраняется в группе утренних наблюдений (в скобках указаны географические координаты пункта наблюдения и местное время взрыва и разрушения объекта):

с. Каменское на Енисее (58° с. ш., 92° в. д., 6 ч 27 мин) А. Голощекин: «В 7 часов утра в селе Каменском... видели как бы оторвавшееся от Солнца тело..., продолговатой формы и суживающееся к одному концу. Голова у него светлая, как Солнце, а остальная часть более туманного цвета. Тело это, пролетев пространство, упало на северо-востоке» [9, с. 42];

г. Канск (56° с. ш., 95° в. д., 6 ч 40 мин) Е. Е. Сарычев: «Летом, ближе к весне, часов около 8-ми (до обеда)... в воздухе появилось как бы сияние круговидной формы, размерами около половины Луны с синеватым оттенком, быстро летящее от Филимоново к Иркутску. За сиянием оставался след в виде голубоватой полосы, растянувшейся по всему пути, и потом постепенно исчезающий с конца» [9, с. 14];

с. Малышевка (53° с. ш., 103° в. д., 7 ч 10 мин) И. В. Никольский: «В 8 часов 15 минут утра работавший на волостном дворе мальчик увидел упавший в виде обрубка или в виде ведра огонь, по направлению к северо-востоку; то же и в том же направлении видели рабочие, работавшие в лесу верст за 20 от Малышевки» [9, с. 37];

с. Киренск (57° с. ш., 108° в. д., 7 ч 20 мин) Г. К. Кулеш: «По рассказам очевидцев, в 7 ч 15 мин утра на северо-западе появился огненный столб... Огненный столб был виден многими» [9, с. 34].

Из приведенных типичных сообщений только показания Г. К. Кулеша соответствуют классической картине, совпадая по времени и геометрическим характеристикам.

Опыт обработки совокупности наблюдений Тунгусского феномена оказался плодотворным в плане детализации общего «сценария» явления. Ряд особенностей феномена, фиксированных показаниями очевидцев, может, по-видимому, служить основой для количественных оценок.

В результате предварительной обработки данных генерального каталога выявлены следующие обстоятельства.

1. Обнаружена неоднородность феномена по всей совокупности признаков, отмеченных очевидцами.

2. Зарегистрировано широкое разнообразие форм, скоростей, светимости, звуков и других характеристик явления, многие из которых не вписываются в классическую картину пролета метеорита.

3. Отмечается территориальная дифференциация основных характеристик феномена, в частности, выделяются «восточный» и «южный» комплексы явлений, достоверно отличающиеся по основным параметрам.

4. Имеются основания для предположения, что 30 июня 1908 г. наблюдалось несколько объектов со своими особенностями и пространственно-временными характеристиками.

Совокупность наблюдений свидетельствует о сложной, гетеро-

генной природе явления, многие черты которого могут рассматриваться как основание для гипотезы о существовании в околосолнечном пространстве специфических объектов с неустойчивой структурой. Подобные «квазитела» могут представлять собой локализованные электромагнитные поля, например, солнечного происхождения. Такое предположение объединяет многие кажущиеся изолированными свойства Тунгусского феномена, дает определенный материал для теоретических обобщений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астапович И. С. Новые материалы по полету большого метеорита 30 июня 1908 г. в Центральной Сибири.— *Астроном. журнал.*, 1933, т. 10, № 4, с. 465—468.
2. Астапович И. С. Большой Тунгусский метеорит.— *Природа*, 1951, № 2, с. 23—32; № 3, с. 13—23.
3. Астапович И. С. К вопросу о траектории и орбите Тунгусской кометы.— В кн.: *Физика комет и метеоров*. Киев: Наукова думка, 1965, с. 105—112.
4. Болыкина А. П., Демин Д. В., Зоткин И. Т., Фаст В. Г. Изучение ударной волны Тунгусского метеорита по вызванным ею разрушениям леса.— *Метеоритика*, 1964, вып. 24, с. 112—128.
5. Василенко В. Б., Демин Д. В., Журавлев В. К. Термолюминесцентный анализ пород из района Тунгусского падения.— В кн.: *Проблема Тунгусского метеорита*. Вып. 2. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967, с. 227—231.
6. Васильев Н. В., Батищева А. Г. О связи ускоренного возобновления леса с траекторией падения Тунгусского метеорита.— В кн.: *Вопросы метеоритики*. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 149—160.
7. Васильев Н. В., Демин Д. В., Журавлев В. К. и др. Современное состояние исследований Тунгусского метеорита.— В кн.: *Вопросы метеоритики*. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 4—14.
8. Васильев Н. В., Журавлев В. К., Демин Д. В. и др. О некоторых аномальных эффектах, связанных с падением Тунгусского метеорита.— В кн.: *Космическое вещество на Земле*. Новосибирск: Наука, 1976, с. 71—87.
9. Васильев Н. В., Ковалевский А. Ф., Разин С. А., Эпиктетова Л. Е. Показания очевидцев Тунгусского метеорита.— *Деп. в ВИНТИ 24 ноября 1981*, № Б350—81д.
10. Вознесенский А. В. Падение метеорита 30 июня 1908 г. в верховьях реки Хатанги.— *Мироведение*, 1925, т. 14, № 1, с. 25—38.
11. Воробьев В. А., Демин Д. В. Новые результаты исследования термических поражений лиственниц в районе падения Тунгусского метеорита.— В кн.: *Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита*. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1971, с. 13—15.
12. Воробьев В. А., Демин Д. В. Новые результаты исследований термических поражений лиственниц в районе падения Тунгусского метеорита.— В кн.: *Вопросы метеоритики*. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 58—63.
13. Гиндилис Л. М., Меньков Д. А., Петровская И. Г. Наблюдения аномальных атмосферных явлений в СССР. Статистический анализ. М.: изд. ИКИ АН СССР, 1979. 74 с.
14. Емельянов Ю. М., Лукьянов В. Б., Шаповалова Р. Д., Шмырев И. К. О расположении зоны с увеличенным после 1908 г. приростом старых деревьев в северо-западном секторе района падения Тунгусского метеорита.— В кн.: *Вопросы метеоритики*. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 161—165.
15. Журавлев В. К., Демин Д. В., Вронский Б. И. и др. Результаты шлизового опробования и спектрального анализа почв из района падения Тунгусского метеорита.— В кн.: *Вопросы метеоритики*. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 99—111.
16. Зигель Ф. Ю. Об атмосферной траектории Тунгусского тела.— В кн.: *Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита*. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1971, с. 16—18.

17. Зигель Ф. Ю. К вопросу о природе Тунгусского тела. — В кн.: Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск: Наука, 1983, с. 151—161.
18. Зоткин И. Т. Траектория и орбита Тунгусского метеорита. — Метеоритика, 1966, вып. 27, с. 109—118.
19. Иванова Г. М., Львов Ю. А., Ковалевский А. Ф. Новые опросные данные о падении Тунгусского метеорита, полученные в 1964 г. — В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967, с. 36—39.
20. Коенкин В. Г. Сообщения очевидцев о Тунгусском метеорите 1908 года. — В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967, с. 31—35.
21. Кринов Е. Л. Тунгусский метеорит. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1949, 196 с.
22. Левин Б. Ю. К вопросу о скорости и орбите Тунгусского метеорита. — Метеоритика, 1954, вып. 11, с. 132—136.
23. Логико-информационные исследования в геологии. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1977. 146 с.
24. Логико-математическая обработка геологической информации. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1976. 163 с.
25. Львов Ю. А., Васильев Н. В. Лучистый ожог деревьев в районе падения Тунгусского метеорита. — В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 53—57.
26. Науменко Т. Н. Наблюдение полета Тунгусского метеорита. — Метеоритика, 1941, вып. 2, с. 119—120.
27. Суслов И. М. Опрос очевидцев Тунгусской катастрофы в 1926 г. — В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967, с. 21—30.
28. Сытинская Н. Н. К вопросу о траектории Тунгусского метеорита. — Метеоритика, 1955, вып. 13, с. 86—91.
29. Фаст В. Г. К определению эпицентра взрыва Тунгусского метеорита по характеру вывала леса. — В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963, с. 97—104.
30. Фаст В. Г. Статистический анализ параметров Тунгусского вывала. — В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967, с. 40—61.
31. Фаст В. Г. Вывал леса, произведенный Тунгусским метеоритом. — В кн.: Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1971, с. 41—42.
32. Фаст В. Г., Баранник А. П., Разин С. А. О поле направлений повала деревьев в районе падения Тунгусского метеорита. — В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 39—52.
33. Цветков В. П., Бояркина А. П. Результаты опроса новых очевидцев падения Тунгусского метеорита 1908 г. — В кн.: Метеорная материя в атмосфере Земли. М.: Наука, 1966, с. 81—92.
34. Эпиктетова Л. Е. Новые показания очевидцев падения Тунгусского метеорита. — В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1976, с. 20—34.
35. Persinger M. A., Lafreniere G. F. Space-Time Transients and Unusual Events. Chicago: Nelson-Hall, 1977. 327 p.

Е. М. Колесников

ИЗОТОПНЫЕ АНОМАЛИИ В ТОРФЕ С МЕСТА ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Наши предыдущие исследования содержания элементов в силикатных микросферулах из «катастрофного» слоя торфа, отобранного в районе падения Тунгусского метеорита [7], и послыйный химический анализ торфа [4], как и работы других авторов [1], показали