

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

А.Н. Дмитриев, В.К. Журавлев

**ТУНГУССКИЙ ФЕНОМЕН  
1908 ГОДА—  
ВИД СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ  
ВЗАИМОСВЯЗЕЙ**

НОВОСИБИРСК 1984

А.Н.Дмитриев, В.К.Журавлев. Тунгусский феномен 1908 года - вид солнечно-земных взаимосвязей. - Новосибирск: Изд. ИГиГ, 1984, 144 с.

В монографии предлагается новый подход к изучению Тунгусского падения 1908 г. Феномен рассматривается в рамках проблемы солнечно-земных связей. Приведены результаты детального информационного анализа сообщений очевидцев феномена с геолого-геофизической обстановкой района наблюдения Тунгусского феномена. Рассмотрена плазмодная модель Тунгусского болида и возможность интерпретации явления как популяции плазменных образований солярного происхождения.

Монография предназначена для научных работников, студентов и широкого круга читателей.

Ответственный редактор д.г.-м.н. Ю.А.Долгов

Рецензенты:

член-кор. АН СССР Н.А.Желтухин (ИГиГ СО АН СССР),  
д.г.-м.н. В.А.Николаев (ИГиГ СО АН СССР)

© Институт геологии  
и геофизики СО АН СССР,  
1984г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Феномен Тунгусского метеорита, история исследования которого измеряется уже рядом десятилетий, принадлежит, несомненно, к числу наиболее волнующих загадок природы, ключ к решению которых до сих пор не найден.

Накопленный за последние годы громадный фактический материал не оставляет сомнений в сложности и нетривиальности этого явления, которое можно назвать "падением метеорита" только в силу исторически сложившихся традиций. Масштаб события, многообразие эффектов им порожденных, явная несводимость их к традиционным для метеоритики представлениям, наличие ряда парадоксов, отражающих его яркое своеобразие, порождало и порождает непрекращающиеся попытки объяснить его с нетривиальных позиций.

Предлагаемая вниманию читателя книга написана именно в таком ключе. Она дискуссионна и в этом состоит ее основное достоинство - ибо, если даже основные позиции авторов спорны, концепция, развиваемая ими, с полным правом может служить основой для широкого обсуждения природы Тунгусского феномена.

Несомненной заслугой авторов является углубленный анализ всего массива свидетельских показаний, относящихся к Тунгусскому падению. Читателю, незнакомому с долгой и богатой неожиданными поворотами историей изучения этого явления, утверждение такого рода может показаться гиперолой. Между тем, это полностью соответствует действительности: исследователи Тунгусской проблемы оперировали до сих пор, как правило, отдельными группами показаний в той или иной степени соответствующих их личным представлениям, не сосредотачивая свое внимание на многочисленных противоречиях, отражающих объективно существующую ситуацию. Вывод авторов о том, что опубликованные свидетельские показания относятся не к одному, а как минимум к двум космическим объектам, вполне обоснован и убедителен, хотя заключения, которые они делают на этой основе, не бесспорны.

Основная идея книги о плазменной природе Тунгусского метеорита вызовет, наверное, немало критических замечаний. Само существование в Солнечной системе такого рода образований пока не доказано, хотя вряд ли можно отрицать его *a priori*. Проблематична и возможность глубокого их проникновения в атмосферу планет, учитывая тем более постулируемую авторами космическую скорость плазмойдов. В то же время нельзя игнорировать и то обстоятельство, что предлагаемая авторами гипотеза снимает ряд необъясненных до настоящего времени парадоксов, в том числе парадокс отсутствия в районе падения Тунгусского космического тела космического вещества, которое можно было бы уверенно отождествить с остатками взорвавшегося метеорита.

Вне зависимости от принятия или непринятия основных посылок, изложенных в монографии, понятной представляется попытка пересмотра существующих представлений о геомагнитном эффекте, вызванном Тунгусской катастрофой. Соображения, представленные авторами, ставят под сомнение укоренившийся в литературе взгляд, согласно которому этот геофизический эффект объясняется приходом ударной волны в ионосферу. Хотя предлагаемый ими альтернативный механизм не бесспорен, поскольку он замкнут на идею о плазменной природе "метеорита", такая ревизия может сыграть независимо важную роль в дальнейшем развитии учения о Тунгусском метеорите, ибо геомагнитный эффект безусловно таит в себе фундаментальной важности информацию о природе космических событий лета 1908 г.

Научные монографии, посвященные той или иной проблеме, могут быть обращены в ее прошлое, подводя итоги очередного этапа научного поиска, и в ее будущее, намечая пути дальнейшей работы, иногда пунктирные, не всегда бесспорные, но непременно требующие раздумий. Именно так мы и расцениваем данную книгу. Выход ее означает начало следующего круга научной дискуссии, а, следовательно, и новый шаг вперед на пути к познанию природы Тунгусского феномена — явления, фундаментальное значение которого далеко еще не полностью оценено современной наукой о Космосе и Земле.

Заместитель председателя Комиссии  
по метеоритам и космической пыли  
СО АН СССР, академик АМН СССР  
Н.В.Васильев

## ВВЕДЕНИЕ

Необходимость, масштаб и комплексность Тунгусского феномена расширили область его изучения от эпизода локального взрыва через глобальную геофизическую реакцию Земли к солнечно-земным взаимосвязям. Именно поэтому потребовалось в данной работе прибегнуть к разделам по геомагнетизму и солнечно-земным взаимосвязям. Это тем более полезно, что вопросы геоэффективности Тунгусского явления прямо связаны с сейсмическими, барическими и электромагнитными процессами.

Изложение разнообразного материала, по необходимости, многоуровневое — от общего анализа фактических сведений очевидцев, специальных вопросов геофизического портрета Земли, новых материалов по солнечно-земным связям, до физических вопросов возникновения и существования плазмойдов. Чтобы избежать изложения "букварных истин" и аналитической сложности некоторых вопросов, требующих комплексации научных направлений, авторы избрали неформализованный уровень изложения проблемы в качестве основного. Формулы приводятся только там, где они работают в роли необходимых доводов, или являются иллюстрацией расчетных возможностей разрабатываемой модели.

Современные исследования, развивающиеся в направлении обнаружения региональных, общепланетарных взаимосвязей Земли с Солнцем значительно выросли и углубились. Несмотря на сравнительно короткий срок своего развития, солнечно-земная физика применяет весьма широкий спектр исследований и технических разработок в наземном и космическом (вернее близкосолнечном) исполнении. Возникают новые теоретические направления, высказываются значительные предположения, гипотезы и даже технические проекты. Характерно то, что приток информации по данному направлению модифицирует имеющуюся общую картину Солнечной системы. Поток неожиданных сведений, поступающих со стационарных орбит и зондов, дополняется наземными исследованиями и экспериментами.

Изложение гипотезы о солярном происхождении основного момента Тунгусского феномена, где это уместно, будет соответствовать терминологическому списку, представленному в данной работе. Надо подчеркнуть, что результаты многолетних и разнообразных исследований лишь удлинители списка вопросов, подлежащих решению.

Не говоря уже о проблеме в целом, оказались неуточненными, или неясными вообще вопросы точного значения тротилового эквивалента, доли световой энергии; электровозмущений Северного полушария и локальной быстропротекающей магнитной бури; количества вещества; высоты начала энерговыделения; интенсивности и геометрии теплового излучения; траектории; деталей сейсмического возмущения; оптических предвестников взрыва; метеоаномалий в день взрыва, предшествующих и последующих изменений в биосфере и др.

Очевидно, что сам перечень вопросов выводит проблему в область, отстоящую от возможностей метеорно-балидных моделей. Именно поэтому мы считаем уместным для анализа данного феномена прибегнуть к ряду новых предположений и прежде всего к предположению о наличии в Солнечной системе нового класса космических тел. Косвенная и частично прямая информация, лежащая в основе данного предположения, имеется. Однако фактические данные о структуре, составе, энерго-информационном значении таких образований в процессе солнечно-земных взаимосвязей еще требуют своего накопления и интерпретации.

Мы не имеем оснований отвергать красочную и масштабную картину развертывания Тунгусского феномена во времени и пространстве, нарисованную очевидцами. Более того, ряд сообщений того времени, в совокупности с новыми данными по регистрации необычных явлений в атмосфере и ближнем космосе /25/, учтены нами при конструировании гипотезы. Переход от гипотез в рамках метеоритики к гипотезе гелиогеофизического характера, на наш взгляд, способствует выводу проблемы из теоретической и исследовательской неопределенности.

По мере развертывания количества и разнообразия исходных данных, а также учета основных представлений и предположений по поводу природы Тунгусского явления возникла необходимость в некоторых критических замечаниях и уточнениях. Избыточная раскрепощенность от конкретных фактов даже в новейших публикациях позволяет проводить весьма облегченные трактовки проблемы. Так, например, Э.Р.Майлз высказывает (ИМПАКТ, № 3, 1983, с.116) следующее: "Однако у нас есть все основания утверждать ...: Тунгусский метеорит, упавший в Сибири в 1908 г., предположительно весил 1 млн. т, а объем породы, грунта и воды, которые были выброшены в результате его падения, в 400 раз превышали массу самого

метеорита". Эта выдержка представляет собой своеобразную сумму от впечатлений и психологических реакций на исследуемый феномен. Подобные высказывания не единичны, однако во избежание полемических круговоротов мы отклонили предложение о наложении логической структуры на эпистолярное наследие "Тунгусского метеорита". Видимо, эта работа может оказаться полезной и даже неизбежной в будущем. Но в этом будущем развернется полигон задач для новых авторов. Основной целью, как и оперяющими ее подцелями, данной работы является введение и обоснование нового взгляда на Тунгусский феномен, как на звено солнечно-земных взаимосвязей. Но в нашу задачу не входит установление меры удачи и соответствия в осуществленной попытке. Время возьмет на себя бремя реферирования и коррекции высказанных суждений и доводов.

Авторы благодарны всем, кто оказал содействие в этой трудоемкой и сложной работе.

Научная литература о Тунгусском феномене 1908 г. множится. Все чаще первоначальный термин "Тунгусский метеорит" заменяется новыми названиями: "Тунгусское падение", "Тунгусская катастрофа", "Тунгусский взрыв", "Тунгусское космическое тело" ("ТКТ"), "Тунгусское явление", "Тунгусский феномен". Термин Тунгусский метеорит оправдан только как исторически сложившееся название, и реального смысла он, по существу, не имеет. Термины "явление" или "феномен" подчеркивают комплексный характер события 1908 г., его сложную природу, тогда как "ТКТ", "Тунгусское падение" подразумевают в качестве основного эффекта - разрушение болида.

По-прежнему, как и в начале послевоенного периода исследования феномена, могут быть выделены два противоположных методологических подхода научного анализа проблемы. Первый из них исходит из постулата о том, что Тунгусское явление представляет собой событие, в принципе известное метеоритике и астрономии, но отличающееся масштабом энерговыделения. Второй подход базируется на убеждении о качественном отличии Тунгусского явления от известных геокосмических событий.

Авторы настоящей работы стоят на второй точке зрения. По их мнению, история изучения проблемы, которой в 1983 г. исполнилось 75 лет, убедительно демонстрирует научную несостоятельность первого пути. Все наиболее интересные и принципиально новые эффекты, обнаруженные в ходе детального исследования проблемы, не были - да и не могли быть - предсказаны с позиций метеоритно-кометной парадигмы.

В дальнейшем будет применяться преимущественно термин Тунгусский феномен.<sup>I</sup> Изредка используются остальные общепринятые названия события 1908 г.

<sup>I</sup> Одним из первых рекомендовал авторам этот термин проф. Ю.А. Долгов.

Известные на сегодня основные компоненты комплексного события, называемого Тунгусским явлением или Тунгусским феноменом можно подразделить на: 1) предвестники, 2) болидный этап (пролёт), 3) взрыв и его последствия, 4) длительные комплексные постэффекты. Вкратце рассмотрим эти компоненты и явления.

1) Предвестники. Н.В. Васильев /79/ был первым исследователем, поставившим вопрос о том, что Тунгусское падение 30 июня 1908 г. имело "предвестник" в виде комплекса оптических аномалий, начавшихся 21 июня 1908 г. и постепенно нарастая, достигших своей кульминации в ночь после взрыва на Подкаменной Тунгуске 30 июня 1908 г. Основные черты этого комплекса: усиление собственного свечения ночного неба, появление необычно ярких зорь, мощное развитие серебристых облаков, изменение поляризационных характеристик дневного неба. Как подчеркивается в монографии /79/, названные "аномалии лета 1908 года представляют собой единое целое, единый комплекс, предполагающий наличие одной причины".

Против этой точки зрения высказывались возражения. Так, В.Г. Фесенков /115/ считал, что запыление нижних слоев атмосферы несовместимо с кометной гипотезой и рассматривал предшествующие падению геофизические явления как не связанные с ним, но совпавшие случайно во времени. Авторы монографии /79/, однако, считали, что высказываемая концепция может быть согласована с кометной гипотезой в случае "дальнейшего расширения и углубления наших представлений о природе комет".

Геофизические предвестники Тунгусского взрыва задокументированы в виде научных сообщений в геофизических, астрономических, метеорологических журналах, сообщениях газет, публиковавших письма очевидцев, данных приборных регистраций и ночных фотографий.

2) Болидный этап. Пролет гигантского болида был отмечен многочисленными очевидцами на территории от Енисея до Лены. Кроме визуальных наблюдений, были сообщения о громоподобных звуках, "выстрелах" и т.п.

Приборная информация об этом этапе явления полностью отсутствует. Не отметили возмущений сейсмографы, барографы и магнитометры Иркутской и Екатеринбургской обсерваторий.

Несмотря на обилие информации, поступившей от большого числа независимых наблюдателей, размещенных на обширной площади Восточной Сибири, оказалось, что однозначно определить направление пролета болида невозможно. Этот парадокс, установленный еще в 1959г. Н.Н.Сытинской /108/, получил два толкования: тривиальное, как результат наложения фона других болидов /5/, и нетривиальное - в виде гипотезы Ф.Ю.Зигеля /41/ о маневре Тунгусского болида. Авторы настоящей работы предлагают третий вариант решения парадокса Сытинской: в 1908г. к Куликовскому палеовулкану двигалось не менее двух болидов с южного и восточного азимутов. Оно не противоречит эмпирическому материалу, собранному Д.Ф.Анфиногеновым /5/ и основано на информационно-статистическом анализе данных полного каталога очевидцев /22/.

3) В з р ы в над Куликовским палеовулканом (Великой Котловиной). Этот этап явления имеет наиболее надежную фактическую базу, опирающуюся на приборные регистрации и инструментальные замеры многолетних полевых исследований.

Прежде всего это записи самописцев Иркутской обсерватории: сейсмографов, магнитометров, барографов, а также регистрации возмущений на российских и европейских барографах и сейсмографах.

Картина разрушения ударной волной лесного массива зафиксирована в каталогах, составленных под руководством В.Г.Фаста /110,111,114/. На основе этой информации В.Г.Фастом получены, с помощью машинного анализа, карты полей аэродинамических сил, вызвавших разрушения в тайге.

Другими важнейшими следами, оставленными на местности взрывом, являются местный магнитный эффект (нарушение палеомагнитного поля) /11/, термолуминесцентный след ударной волны, а также термические повреждения живых веток лиственниц, переживших катастрофу /24,40,70/. Кроме того, в тайге хорошо сохранились следы пожара, последовавшего сразу за взрывом и частично собитого ударной волной; различные виды термических поражений живых и погибших деревьев /106,118/. Обнаружены также симметричные зоны загрязнения слоя торфа минеральными компонентами, зафиксировавшие термическое воздействие системы ударных волн /71/.

Материальные остатки взорвавшегося тела не обнаружены, что связывают с большой мощностью взрыва - от 20 до 40 Мт (до

4.10<sup>17</sup> Дж) по разным оценкам. Максимумы концентрации сферических силикатных частиц и пики содержаний химических элементов (Se, Hg, Zn, Ag, Pb, Br, Ca, Bi, Na, Mn, Sn, S, Cs, Tl, Yb) в некоторых пробах торфа, а также изотопные аномалии (Pb<sup>204</sup>, Pb<sup>208</sup>, C<sup>14</sup>) могут быть следствием распыления космического тела, нехарактерного для состава метеоритов /27/. Однако убедительных доказательств связи упомянутых геохимических аномалий с объектом, взорвавшимся 30 июня 1908г., нет.

Важной особенностью взрыва Тунгусского космического тела является его высотный характер - болид взорвался на высоте не менее 5 и не более 7 км над поверхностью Земли в точке с географическими координатами 101,5° в.д., 60,5° с.ш. Эта точка расположена над штокообразным телом примерно в 1,5-2,0 км к югу от центрального нека главного выводного канала палеовулкана, изученного в 1972г. Н.Л.Сапроновым и В.М.Соболенко /100/.

4) П о с т э ф ф е к т ы. Резкое усиление иллюминации ночного неба, развитие ночных светящихся облаков, необычная поляриметрическая аномалия и другие оптико-атмосферные эффекты, появившиеся в ночь после взрыва Тунгусского тела на территории Евразии и к западу от Енисея, до сих пор не имеют ясного истолкования. Неясна их связь со взрывом в районе Подкаменной Тунгуски. С одной стороны, меридиан взрыва отделяет районы Азии, восточнее которых оптические аномалии в атмосфере не наблюдались, что можно считать указанием на связь этих эффектов с взорвавшимся телом. С другой стороны, неоднократно отмечалось, что перенос вещества из района взрыва (Средне-Сибирской платформы) в Европу за 12-15 часов после взрыва представляется невероятным /79,115/. Обычно считается, что пылевая материя, с которой связываются указанные аномалии, проникла в атмосферу Северного полушария одновременно на всей территории от Средней Сибири до побережья Атлантического океана. Таким образом, комплекс атмосферно-оптических аномалий следует считать постэффектом взрыва лишь на основании временной последовательности событий, более осторожным было бы заключение о их пространственно-временной взаимосвязи, а не причинной зависимости.

Анализ большого синоптического материала по мировым данным позволил Н.П.Фаст и В.Г.Фасту /113/ сделать вывод о вероятности дополнительного внесения в атмосферу Северного полушария мелко-

дисперсного вещества, отличного от вещества метеорных потоков, что привело к увеличению дождливости в Европе через две и три недели после взрыва Тунгусского тела.

Оптико-атмосферные аномалии, достигнув максимума в ночь с 30 июня на 1 июля, сохраняли высокий уровень интенсивности с 1 по 2 июля и резко ослабли 3-4 июля. Однако их слабые следы сохранились, по-видимому, вплоть до конца июля /79/. Имеющиеся довольно скудные актинометрические данные указывают на слабое усиление мутности атмосферы в Париже в течение дня 29 июня, небольшой пик этого эффекта в местный полдень 30 июня, спад пика 1 июля и заметное увеличение мутности 4 и 6 июля; 7 июля уже наблюдалось возвращение к исходному уровню. Слабый максимум фактора мутности в Париже имел место 23-27 июля 1908г. К постэффектам Тунгусского метеорита В.Г.Фесенков относил и повышение запыленности атмосферы в августе 1908г., отмеченное Смитсоновским институтом в Калифорнии. В Вашингтоне была зафиксирована контрастная поляриметрическая аномалия среднемесячных отклонений степени поляризации неба, которая формально могла бы быть истолкована, как резкое повышение прозрачности атмосферы в июле 1908г., полностью исчезнувшее уже в августе. По мнению авторов /145/, похолодание воздуха в течение 10 лет после Тунгусского падения в Северном полушарии на  $0,3^{\circ}$  по сравнению с Южным полушарием может быть связано с веществом Тунгусского тела, рассеянным в атмосфере.

Можно отметить довольно резкий спад геомагнитных возмущений, хорошо выявленный для июля 1908г. по значениям коэффициента  $C_{int}$  (гл.3). Обращает на себя внимание и аномально высокая интенсивность геомагнитных возмущений, приходящихся на месяцы равноденствий (март, сентябрь). Эти факты косвенно свидетельствуют о нетривиальных геофизических обстановках, присущих в целом 1908 г.

Другой класс долговременных постэффектов, несомненно связанных с Тунгусским феноменом, был обнаружен В.И.Некрасовым и Ю.М.Емельяновым /77/, а также Г.Ф.Плехановым в биосфере района катастрофы. Сюда относятся явления ускоренного возобновления тайги на месте уничтоженной взрывом и ряд морфологических изменений деревьев послекатастрофного поколения. Исследования, проведенные под руководством В.М.Драгавцева /37/, привели к заключению о

генетической природе этих изменений. Процесс появления и расщепления новых признаков продолжается и в настоящее время. Согласно подходу, развиваемому в данной работе, подразумевается возможность обнаружения новых постэффектов.

## 1.2. Актуальность поиска новой модели

Ежегодные экспедиции в район взрыва космического объекта на Подкаменной Тунгуске (1958-1984гг.) сопровождались мобилизацией и обработкой обширной и разнообразной информации. Собранные материалы характеризуют различные стороны феномена, следы и эффекты, сопутствовавшие катастрофе 1908г.

Исходный информационный материал был сведен в каталоги. В них зафиксированы данные различной природы: количественные характеристики вывала, ожога, пожара; геохимические аномалии; магнитные эффекты; термолюминесцентные анализы; сведения о биологических и биосферных аномалиях; метеоданные того времени по Северному полушарию; астрономические наблюдения обсерваторий и, наконец, широкий перечень наблюдений очевидцев.

Первичная физико-математическая обработка этого материала, включая и аппаратные регистрации 1908г., позволила осуществить описание феноменологии, а также построить карты, схемы и диаграммы, отображающие те или иные стороны явления.

Совокупность столь обширных данных, детализировавших характеристику Тунгусской катастрофы, казалось бы была бы достаточной для построения удовлетворительной физической модели. Однако попытки построения такой модели для феномена в целом натолкнулись на значительные трудности. Одна из них в том, что как свидетельствуют многочисленные показания очевидцев, феномен обладает большим разнообразием наблюдавшихся форм, динамики, цвета, акустики. Ряд явлений, зарегистрированных очевидцами в июне 1908г., совпадают с позднейшими наблюдениями /25, 26, 130, 140/ и в частности с процессом в сентябре 1977г. на северо-западе нашей страны (Петрозаводский феномен). Отметим, что моменту взрыва 30 июня предшествовала длительная "подготовка" всего Северного полушария (рис.1).

Следует подчеркнуть уникальность Тунгусского явления в це-

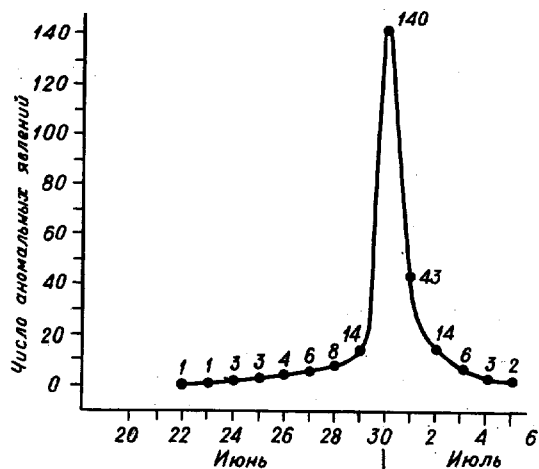


Рис. I. Распределение частот аномальных явлений по Северному полушарию (серебристые облака, низкоширотные свечения, полярные зори и др.), 1908г.

лом, отсутствие сведений о близких аналогах. Тем не менее, эти обстоятельства сами по себе не редкость для научного объяснения уникальных природных явлений. В случае с Тунгусским феноменом исследователи столкнулись с необычным разнообразием и разноплановостью данных. Синтез их в рамках специализированных научных дисциплин оказался невыполнимым.

Несколько независимо выполненных серьезных этапов расчетных работ, охвативших как теоретический анализ аэродинамики явления, так и машинные, и натурные эксперименты, не дали более или менее согласованной модели феномена /10,13,14,62,63/. Проведенный детальный анализ совокупной информации на современном уровне алгоритмических разработок и применения компьютерной техники не намного позволил уточнить фундаментальные параметры явления (тройной эквивалент взрыва, концентрация энергии, доля световой энергии, высота взрыва, наклон траектории, масса предполагаемого тела).

Известные варианты аэродинамических моделей явления смогли

лишь приблизительно воспроизвести схему наземных разрушений, оставив в стороне важнейшие вопросы о характере ударных волн и их действиях. В этих моделях не содержится естественным образом вытекающих других эффектов и следов катастрофы, а именно: светового излучения, термического действия, глобального и локального магнитных эффектов, биосферных аномалий. Напрашивается вывод, что интерпретация совокупно взятых эффектов нуждается в создании новых емких моделей, так как прогностическая сила аэродинамических моделей оказалась весьма узкой. Можно полагать, что главной причиной возникновения известного теоретического тупика по Тунгусской проблеме является сложный характер самой природы феномена и неадекватность традиционных моделей.

### 1.3. Проблемы общей модели

К настоящему времени созрели информационные условия к тому, чтобы осуществить попытки построения общей теории Тунгусского явления, охватывающей наличный фактический материал и профилирующей дальнейшие экспедиционные работы. Новые подходы тем более уместны, чем успешнее они могут логически упорядочить и согласовать разнородные и противоречивые данные, ведущие к выяснению действительной природы феномена. Кроме того, как следует из логики научного исследования, новая модель должна обладать прогностической силой, т.е. ориентировать поиск новых фактов и возможных последствий общего процесса.

Является ли пролет и взрыв космического тела началом аномальных атмосферно-оптических процессов или их кульминацией? Связано ли с этими процессами понижение среднегодовой температуры Северного полушария и появление пиков дождливости в Европе в июле 1908г.? Случайно ли совпадение азимута пролета тела, рассчитанного по оси симметрии вывала леса с направлением оси, соединяющей две глобальные магнитные точки (Хабаровск - Салехард)? Случайна ли близость морфологии и интенсивности геомагнитного возмущения после взрыва с соответствующими особенностями стратосферных взрывов ядерных бомб? Имеет ли геофизический смысл совпадение эпицентра с центром кратера палеовулкана? Случайно ли, что описания световых явлений при пролете тела очевидцами совпа-



дают с набором форм электромагнитных предвестников землетрясений в оптическом диапазоне?

Этот далеко не полный перечень вопросов подразумевает активное взаимодействие Тунгусского космического тела с геофизическими процессами, в том числе планетарного масштаба.

Накопление, обработка и обобщение эмпирического материала, необходимого для анализа этих вопросов, в послевоенный период изучения проблемы велось весьма активно /7, 18, 20, 21, 35, 41, 79/. Однако при моделировании и расчетах Тунгусского явления геофизические данные использовались недостаточно широко. Естественно, что включение данных потребовало бы существенного усложнения как теории феномена в целом, так и модели взорвавшегося объекта.

Образцы "автопортрета" Тунгусского космического тела, запечатлевшего свои особенности в последний момент существования "запоминающим устройством" биосферы отображены на рис.2. Диаграммы 2а-2г представляют собой "снимки" поля действовавших сил на разных этапах их эволюции. Наличие жесткой компоненты радиации выявляется термолуминесцентным эффектом на площади, подвергшейся термическому лучевому удару /21, рис.3/. Для всех этих эффектов характерна "двухкрылая" структура ("бабочка"). А.В.Золотов /44/ и М.А.Цикулин /123/ предложили рассматривать двухлепестковую форму зоны разрушений как результат сложения сферической и цилиндрической ударной волн. Это предположение было применено и при натурном моделировании Тунгусского взрыва /46/.

Тем не менее, ни одна из рассмотренных аэродинамических моделей не обращает внимания на такие важные особенности тунгусских "бабочек", как симметричные "провалы" изодинам на западе (рис.2в)<sup>1</sup>, отсутствие разрушений в области головной части ударной волны ("внемки" западного фронта волны). Разнообразно проявившаяся на диаграмме 2в и 2г картина сочетания строгой радиальности повала по всей площади разрушений с резкой азимутальной неравномерностью выделения механической энергии, а также наличие точечного эпицентра ( $\pm 300$  м), сложный характер распределения стоячего леса – все это в совокупности свидетельствует о целом ряде важных, подлежащих решению вопросов.

<sup>1</sup> В некоторых вариантах модели ударной волны, рассчитанные на ЭВМ, получаются симметричные выступы изодинам, напоминающие аномалии, о которых идет речь /62/.

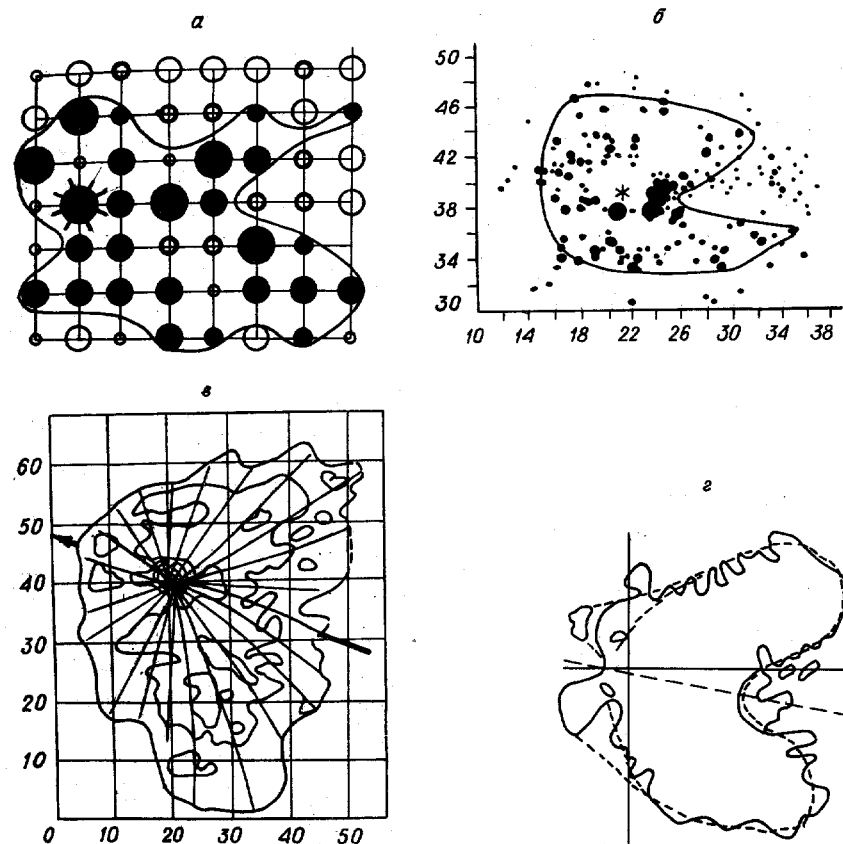


Рис.2. Следы Тунгусского взрыва на поверхности Земли, имеющие форму крыловидных диаграмм: а – зона биологических (мутантных) аномалий /21/, б – граница лучистого термического ожога ветвей деревьев, по А.Г.Ильину /40/, в – изодинамы ударной волны, восстановленные по вывалу леса /10/, г – зона массового вывала леса, восстановленная по аэрофотоснимкам тайги Д.Ф.Анфиногеновым /4/

Задача об адекватности простой геометрической формы источнику генерации ударной волны была поставлена Н.В.Васильевым

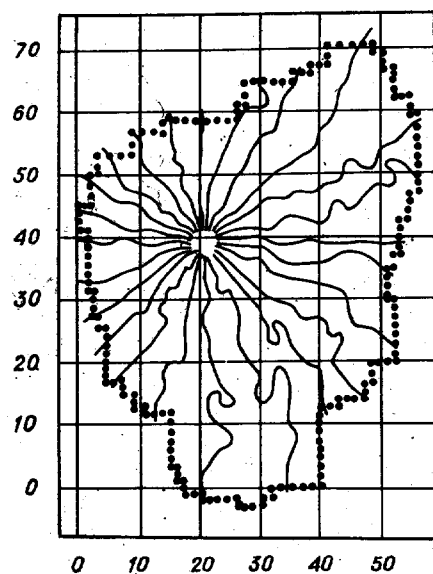


Рис.3. Поле средних направлений повала деревьев /110/

/18/. Позже анализ аномальных явлений Тунгусского феномена, выполненный под руководством Н.В.Васильева, привел авторов к заключению, что "... симметричная двухлепестковая форма как механических разрушений, так и эффектов, вызванных излучением в различных участках электромагнитного спектра, могла возникнуть в результате анизотропии выделения механической и электромагнитной энергии в зоне взрыва, связанной со структурой источника" /21, с.85-86/.

Естествен вывод, что характерной особенностью Тунгусского взрыва, вскрываемой анализом диаграмм (рис. 2 а-г, 3), является наличие мощных

кумулятивных эффектов в сочетании с наличием общего четко локализованного очага энерговыделения.

В связи со сделанным выводом, обнаруживается любопытное противоречие. Для моделирования полного списка существенных особенностей зоны разрушения Тунгусского феномена необходимо значительно усложнить источник возникновения ударной волны. Техническая реализация такой модели вполне возможна, например, заряд в оболочке, имеющий симметричные зоны усиления и ослабления механической прочности, или конусовидный заряд с кумулирующими внемками и детонатором в носовой части. Нетрудно рассчитать и сконструировать подобную модель предполагаемой "взрывчатки" Тунгусского феномена, однако здесь возникает трудность физической интерпретации природы самого явления (вернее, его модели).

Гетерогенно-симметричная структура источника наводит на мысль о его техногенном происхождении

и не удивительно, что такая гипотеза (правда по другим доводам) была высказана вполне однозначно Ф.Ю.Зигелем /41/. Нет повода и для нас считать этот вариант объяснения совершенно невероятным. Однако имеющаяся информация, а также упорядочение и анализ массива данных пока не обеспечивают необходимой степени строгости для предположения об искусственном характере Тунгусского объекта<sup>1</sup>. Для такого объекта трудно провести границу между возможным и невероятным как в области энергетики и структуры, так и в сфере динамики, химического состава и т.п.

Именно поэтому мы считаем более уместным в настоящее время создать модель естественного происхождения с достаточной емкостью посылок, расчетами и интерпретируемостью. Эта модель должна охватить основополагающие характеристики космобъекта, такие как анизотропию выделения электромагнитной энергии и особенности действия механической энергии. В заключительной главе будет рассмотрена модель такого гипотетического физического тела с вещественнополевой структурой, естественное возникновение которого (в свете новых результатов, полученных в термодинамике, магнитодинамике и геллофизике) представляется вероятным. Отметим, что подобная "конструкция" может быть реализована и наземной технологией, и близкой по типу инопланетной.

<sup>1</sup> Имеется в виду искусственность объекта в рамках наземных техногенных тенденций и целей, если эта "искусственность" намного превышает наш технический уровень, то объект автоматически переводится в ранг "природных".

Г Л А В А П  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СВИДЕТЕЛЬСТВ ОЧЕВИДЦЕВ  
ТУНГУССКОГО ФЕНОМЕНА

Обилие разнообразных сообщений, их разобщенность и противоречивость, сложная стратификация документированных и устных описаний (общих и частных аспектов Тунгусской катастрофы) делают информационный анализ свидетельств крайне необходимым. Цели такого анализа разнообразны, но прежде всего они связаны с задачами сбора, систематизации, обработки и хранения уникальной информации - от отдельных психологических реакций очевидцев, до свидетельств космофизического порядка. Следует отметить, что информационное разнообразие природы сообщений о феномене также подтверждает положение информационной работы в ряде самостоятельных проблем /54, 61, 64, 66/.

Эта проблема была замечена, сформулирована и частично решена коллективом авторов, руководимого Н.В. Васильевым. Еще недостаточный оцененный вклад в исследование феномена содержится в создании Генерального каталога "Показаний очевидцев Тунгусского падения", составленного в 1979г. и дополнительно отредактированного в 1981г. (ГК-81). Он включает 708 описаний /22/. Каждое, попавшее в каталог сообщение, отвечает перечню требований полноты описания; например, минимальная полнота устанавливается "узким списком признаков: указание формы, установление направления движения наблюдаемого объекта, регистрация времени и длительности наблюдения и др. По возможности каждое описание, особенно устные показания современников Тунгусского феномена, аттестовано по времени наблюдения. Ставились простейшие тесты по направлению движения, проверялось однозначное соответствие ряда выражений и слов разных диалектов далеко разнесенных пунктов наблюдения.

Естественно, что списочный состав описаний ГК-81 не лишен изъянов самого неожиданного характера, но выборочная проверка (по случайному принципу) материала показала вполне приемлемую надежность описательных данных, которые еще ревизовались и на этапах информационной обработки. Возражения, которые могут адресоваться составу ГК-81, уже в основном известны. Как правило, они формируются вокруг тезиса "людям верить нельзя, нужны приборные

регистрации". На наш взгляд этот тезис является иллюстрацией одного из видов "слабых утверждений". Действительно, ведь высказывающие этот тезис - тоже люди, а приборного подтверждения своей правдивости не представляют, следовательно, они попадают под фильтр первой части тезиса. Конечно, читатель понимает, что это слабое парирование, но мы сочли уместным привести его. Кроме того, авторы имеют большой опыт описаний сложнейших геологических процессов и объектов по "показаниям очевидцев".

Как показывает опыт, информация, получаемая от "наблюдательной" или описательной геологии, отличного качества и пригодна для решения тончайших общих и частных задач теоретической и производственной геологии. Кроме того, следует иметь в виду и психологические особенности восприятия необычных и редких явлений, которые составляют основу широко известного "импринтинга", т.е. впечатывания или фотографирования поразившего явления. Эти впечатления весьма устойчивы и почти не подвергаются эрозии со стороны появления "похожих" событий. Тунгусский феномен уникален, и видевшие его люди получили устойчивые картины наблюдения и пережитых мгновений.

Следует отметить, что проведенный анализ исходной информации (708 описаний) осуществлен без системы предпочтения к фактам и без коррекции материала наперед заданной гипотезой. Регистрировалась, по возможности, полная картина того, что наблюдалось без каких-либо инструментальных средств, т.е. воссоздавалась картина феномена по памяти многочисленных очевидцев. Поскольку событие не имело предвестников<sup>I</sup> и для многих развернулось внезапно, то "регистрирующим прибором" выступали сами очевидцы. Можно с уверенностью говорить, что информационный анализ данных натолкнул авторов на поиски гипотезы, отличающейся от метеоритной и болидной.

Одним из способов проверки достоверности общих результатов обработки авторы считают возможность сопоставления выводов, полученных на основе всей совокупности данных, с выводами, полу-

<sup>I</sup> Регистрация предвестников на Северном полушарии в виде обилия светлых зорь, серебристых облаков и др. могла стимулировать ожидание "чего-то" в наше время, но в 1908г. эти данные трактовались самостоятельно

ченными в результате анализа нескольких наиболее надежных и полных описаний. Такое сопоставление выводов по своему существу является внутренним экзаменом как обработки, так и информации.

## 2.1. Первичная обработка исходной информации

Структура информации. Сведения, полученные от очевидцев, подверглись изучению на выявление их информационного состава,

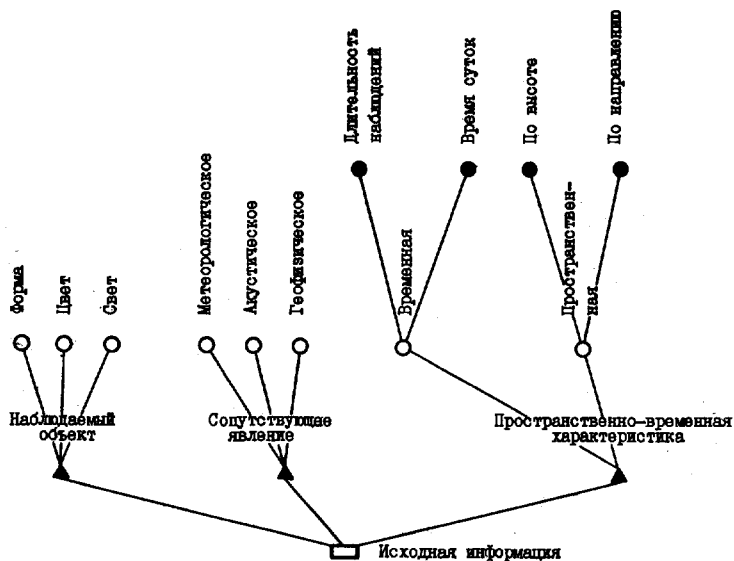


Рис.4. Схема групп признаков феномена

возможного сходства сообщений и логической структуры пространства характеристических признаков. Предварительная или доалгоритмическая обработка данных осуществлена в соответствии со схемами препарирования информации геолого-геофизического характера. Все разнообразие учтенных признаков феномена подразделено (рис.4) на три основные группы:

1. Характеристика наблюдаемого объекта (с регистрацией формы, цвета, светимости).

2. Характеристика сопутствующих явлений (с регистрацией сейсмопроявлений, метеорологии, акустики).

3. Пространственно-временная особенность (с регистрацией времени и пространства).

Это подразделение подчинено требованиям описаний необычных явлений в атмосфере, согласно которым должен освещаться характер развертывания и исчезновения наблюдаемого явления. Регистрируются три основных момента: "портрет" - наблюдаемая форма; "динамика существования" - пространственно-временная характеристика; "реакция среды" - сопутствующие явления. В дальнейшем, в связи с характером имеющихся данных и способами их обработки, это подразделение модифицировано.

Исходная информация (по 708 описаниям) явилась основой для составления таблицы. Таблица - прямоугольная, причем каждой строке соответствует описание, а каждому столбцу - признак описываемого явления. В ходе последующей обработки таблица исходных данных подверглась свертыванию по региональному принципу: каждой строке был сопоставлен определенный регион, а столбцу - признак (в числовом и процентном содержании, см. табл.13)<sup>I</sup>.

Выделение групп признаков обусловлено как самой природой данных и информационной задачей, так и требованиями методов последующей обработки. Помимо обычных статистических методов обработки применялись методы предварительной обработки информации, широко развитые в классе задач геологического прогноза и поиска полезных ископаемых (по описаниям известных месторождений /68/). Из таблицы следует прежде всего, что распределение частот регистрации той или иной из выделенных групп признаков довольно неравномерное. Вместе с тем следует отметить вполне удовлетворительную статистическую обеспеченность данных (особенно по № 3,4, 5,7, табл.1).

Кроме того, на каждое из учтенных описаний феномена была составлена регистрационная карточка (рис.5а -в), в которой закодировано содержание описания. Каждому описанию присвоен регистрационный номер. Эта форма представления описаний позволяет ши-

<sup>I</sup> Трудоемкий этап технической работы по составлению таблицы, а также по процедурам первичной систематизации материала выполнен сотрудницей ВЦ СО АН СССР А.Н.Крыловой.

Таблица I

Выделенные группы признаков

№ п/п	П а р а м е т р	С л у ч а й	
		число	процент*
1	Время наблюдения (ч)	215	30,4
2	Длительность всего комплекса явлений	159	22,4
3	Форма тела	479	67,6
4	Кажущееся направление	331	46,7
5	Звуковое явление	542	76,6
6	Цвет	199	28,1
7	Сейсмическое явление	340	48,0
8	Метеорологическое явление	86	12,1
9	Световое явление	123	17,3

\* Проценты взяты от общего числа сообщений (n = 708).

роко маневрировать данными в соответствии с той или иной целью обработки информационных массивов.

По мере работы над совокупностью данных, возникла необходимость в построении целого ряда таблиц, статистически выявляющих те или иные особенности исследуемого феномена. Помимо этого, массив данных готовился и к более трудоемким методам исследования информации по довольно широкому перечню целей. Помимо статистической обработки, на втором этапе обработки данных частично применялся алгоритмический комплекс логико-комбинаторного подхода /68/.

Не обсуждая вопроса о природе основного объекта, наблюдавшегося в 1908г. в районе Подкаменной Тунгуски, кратко охарактеризуем информацию по выделенным видам свойств феномена.

Форма наблюдаемого объекта. Снижение интенсивности функционирования наблюдательной астрономии и полный переход к приборной регистрации, во-первых, резко сузил разнообразие наблюдаемых явлений и, во-вторых, столь же резко сократил число реальных и потенциальных наблюдателей. Этот процесс своим прямым следствием имел потерю значительной информации.

а

<u>Наблюдатель</u> (ф. и. о., соц. положение)	
<u>Пункт наблюдения</u> (село, город, край, район и пр.)	
<u>Координаты пункта наблюдения</u> северная широта восточная долгота расстояние от эпицентра направление из эпицентра	
<u>Время</u>	дата наблюдения время наблюдения поясное время наблюдения мировое длительность наблюдения

б

<u>Наблюдатель:</u> Малышев И.П.	
<u>Пункт наблюдения:</u> с.Мироново Киренского р-на Ичерской вол.	
<u>Координаты</u> <u>пункта наблюдения:</u>	
<u>Время:</u>	17 или 18 июня 1908 г. поясное 19.00 или 20.00 длительность 3-4 мин.

в

<u>Направление движения:</u>	I 3
<u>Форма:</u>	II II
<u>Звук:</u>	III I, III 3

Рис. 5. Регистрационная карточка: а - форма карточки, б - пример заполненной карточки, в - пример закодированной карточки.

## Зарегистрированные формы Тунгусского феномена

№ п/п	Ф о р м а	С л у ч а й	
		число	процент
1	Шар	28	89
2	Округлая	61	
3	Цилиндр	77	16,3
4	Конусообразная	10	2,1
5	Звезда	16	3,4
6	"Хвостатая"	66	14,0
7	"Змееподобная"	11	2,3
8	Молния	10	2,1
9	Светополоса	12	2,5
10	Огненный столб	23	4,9
11	Пламя	49	10,3
12	Искра	53	11,2
13	Другая	57	12,1

По мере возрождения на новом современном уровне наблюдательной службы за необычными явлениями в атмосфере и ближнем космосе, накопились достаточный материал для первичной классификации зафиксированных форм объекта /25/. Существуют разные варианты классификации форм объектов, но для нас важен сам их перечень разнообразия, который характерен для Тунгусского феномена (табл.2). Названия форм сохранены, по возможности, в соответствии с исходными описаниями явлений. Эти названия применяются при описании необычных атмосферных явлений и в настоящее время. Сам факт терминологической преемственности подтверждает объективность наблюдателей и реальность наблюдаемых явлений.

Характерно, что разнообразие зарегистрированных форм подразделяется на три вида:

а) компактные - с четкими границами и линиями образа (шар, цилиндр, бочка, яркая звезда и прочее);

б) протяженные - со значительными угловыми размерами и хорошо выделенными границами (молния, змеевидное образование, хвостатая и др.);

в) неправильные - с нерезкими, смазанными границами образа (затухающая полоса, пламя, огненный столб, искра и др.).

Разнообразие зарегистрированных форм объектов свидетельствует о четкой гетерогенности явления. "Стягивание" в одну пространственно-временную единицу столь большого числа форм и масштабов наблюдений потребовало решения задачи о их территориальном распределении. Характерно, что почти все формы образов, зафиксированных в феномене 1908г. содержатся в позднейших классификациях необычных явлений /25/.

Цветовая гамма. Весьма богата также и цветовая гамма явления. Как само тело, так и сопутствующие ему образования имели, по указаниям очевидцев, различные цветовые характеристики. Разброс окрасок - от горячих насыщенных и теплых тонов (красный, оранжевый, желтый) до холодных пастельных тонов (голубые и синие расцветки). В регистрации цветовой гаммы характерен пропуск зеленой и фиолетовой окрасок. Распределение цветов характеризуется выраженной бимодальностью с преобладанием длинноволновой части оптического диапазона (табл.3).

Несомненно, что цвет - одна из важнейших физических характеристик явления. Кроме того, в отличие от геометрии, цвет не

должен зависеть от локализации наблюдателя и в этом отношении он инвариантен.

Как и ранее, рассматриваемые распределения, статистические данные о цвете свидетельствуют по крайней мере о двух комплексах явления. Эти комплексы выделяются различными физическими показателями по цветовой гамме. Следовательно, гетерогенность явления имеет устойчивость и подлежит самостоятельному исследованию.

Световое явление. Расцветка и характер светового явления во многом соответствуют перечню электромагнитных предвестников землетрясений /29/, причем разнообразие предвестников полностью вмещается в разнообразие световых явлений Тунгусского феномена. Информация, относящаяся к атмосферно-оптической характеристике феномена, сведена в отдельный перечень (табл.4). Введение этого подразделения сообщений обусловлено тем, что регистрация этих признаков часто интерпретируется то как сопутствующее явление, то в качестве основного. Согласно таблице, признаки "потемнело", "закрыло солнце" уравниваются признаком "осветило". Харак-

Таблица 3

## Цветовая гамма Тунгусского феномена

№ п/п	Цвет	С л у ч а й	
		число	процент
I	Красный	74	37,2
2	Оранжевый	26	13,1
3	Желтый	36	18,1
4	Зеленый	1	0,5
5	Синий	15	7,5
6	Голубой	6	3,0
7	Фиолетовый	-	-
8	Белый	24	12,1
9	Черный	13	6,5
10	Разноцветный	-	-
II	Дымчатый	4	2,0

терно также участие полосовых структур освещения (полосы и линии) подобных радуге. Широкое распространение отмечено для явлений "пламени", "зарева", "сильного блеска".

Метеорологическое явление. Тунгусский феномен, как свидетельствуют очевидцы, сопровождался разнообразными явлениями метеорологического характера (табл.5). Наиболее часто отмечался "сильный ветер", а также "дымка, туман, морок". Очень интересные сообщения имеются по поводу резких температурных скачков. Этот факт сам по себе является довольно необычным и значительным, так как свидетельствует о сложных процессах в атмосфере, ионосфере и магнитосфере. Имеются указания на узко локальное развитие бурь, ураганов и вихрей. В отдельных случаях описываются единичные грозные разряды в ясном небе, чаще же просто обычная гроза с дождем, возникшая внезапно.

Акустическое явление. Как следует из таблицы 6, звуковые явления Тунгусского феномена представляют собой группу наиболее часто регистрируемых признаков. Причем, при анализе совокупности акустических явлений, выделяется два типа данных, зарегистрированных очевидцами:

Таблица 4

## Атмосферно-оптическая характеристика

№ п/п	Световое явление	С л у ч а й	
		число	процент
I	Полосы огненные	9	7,7
2	Полосы цветные	23	19,6
3	Ленты светлые	4	3,4
4	Радуга	3	2,5
5	Сильный блеск	5	4,3
6	Пламя	15	12,8
7	Зареве	7	6,0
8	Светлая ночь	3	2,5
9	Заря	4	3,4
10	"Потемнело", "зашло солнце"	19	16,2
II	"Осветило"	25	21,5

Таблица 5

## Метеорологические явления

№ п/п	Характер явления	С л у ч а й	
		число	процент
I	Ветер слабый	6	6,9
2	Ветер сильный	32	37,2
3	Буря	4	4,6
4	Ураган	4	4,6
5	Вихрь	9	10,5
6	Гроза	3	3,5
7	Дымка, морок, туман	17	19,7
8	Дождь, град	3	3,5
9	Падение температуры	1	1,2
10	Повышение температуры	7	8,1

- а) непрерывные звуки значительной длительности и интенсивности;
- б) дискретные звуки, довольно своеобразного звучания.

Таблица 6

## Акустические явления

№ п/п	Характер звука	С л у ч а й	
		число	процент
1	Гул	41	7,9
2	Шум	45	8,7
3	Шипение, вой	66	1,1
4	Уханье, жужжание	14	2,7
5	Гром	173	33,3
6	Грохот	40	7,7
7	Канонада	24	4,6
8	Стрельба, выстрелы	102	19,6
9	Стук, удары	60	11,6
10	Треск	14	2,7

Зарегистрированные звуки свидетельствуют о наличии разнообразных акустических полей, существенно отличающихся по спектральным характеристикам. Наиболее часто регистрировались звуки дискретного характера (грохот, стрельба, стуки, треск и пр.). Отмечались часто и звуки непрерывного фона гулов и шумов. В ряде случаев зафиксированы звуки типично электрофонной природы (вой, жужжание). Это разнообразие звуков и их локализация в пространстве является очень важным показателем в плане уточнения траекторных вопросов Тунгусского феномена.

Сейсмическое явление. Широко известен тот факт (в том числе и по приборным регистрациям), что Тунгусская катастрофа сопровождалась сейсмическими явлениями. Интенсивность этих земле-, водо- и воздухотрясений была весьма значительной. Причем дрожание почвы, качание предметов, колыхание воды и другие факты подобного профиля отметили многие очевидцы (больше 300) (табл.7). Характерно, что данные сейсмического содержания тесно сопряжены с акустическими явлениями и в совокупности представляют собой емкую информацию. Однако в настоящее время не представляется возможным разделить сейсмо-акустические явления на предшествующие и последующие феномены Куликовского вывала. Очевидно лишь то, что яв-

Таблица 7

## Сейсмопроявления Тунгусского феномена

№ п/п	Колебательное явление	С л у ч а й	
		число	процент
1	Землетрясение	62	18,2
2	Сотрясение почвы, воды, воздуха	64	18,8
3	Дрожание почвы, воды, воздуха	54	15,9
4	Качание, колыхание	24	7,1
5	Удар, толчок, взрыв	136	40,0

ления (см. табл.7), охватили большую территорию. Аппаратурная регистрация показала, что сейсмические волны обогнули Земной шар.

## 2.2. Пространственно-временная характеристика

По мере изучения Тунгусского феномена оказалось, что особой категорией, необходимой для выяснения природы явления, является группа пространственно-временных признаков.

Временная характеристика. Временная характеристика феномена весьма разнообразна, значительна и богата. Это позволило рассмотреть проблему времени в достаточно подробном аспекте.

Почасовой шаг (время местное) суточного разделения времени позволил выявить бимодальность данного признака (табл.8). Несомненный максимум в диапазоне 6-8 часов утра (что и соответствует официально общепринятой и приборно зарегистрированной версии) сопровождается соизмеримым с ним местным максимумом в диапазоне 11-12 часов. Отмеченный факт высокой дисперсии признака подтверждается и в шкале качественных оценок времени (см. табл.8). Кроме большой группы утренних наблюдений, значительное число наблюдений приурочено к полудню (обеду). Имеется значительная группа сообщений (около 25 %) также дневных и даже вечерних (!).

Дадим краткий комментарий на приведенную исходную информацию. Прежде всего следует иметь в виду, что наиболее достоверные временные показания, содержащиеся в ПК-81, относятся к периоду



Таблица 8

Качественная оценка времени  
наблюдения

№ п/п	Подразделение времени	С л у ч а й	
		число	процент
1	Рано утром	29	14,4
2	Утро	71	35,1
3	До обеда	26	12,9
4	Обед	23	11,4
5	День	29	14,4
6	Вечер	24	11,9

либо непосредственно после Тунгусской катастрофы, либо не позже чем через 15-20 лет после нее. Естественно предполагать, что время размывает точность показаний, смещая их, например, на более удобную для наблюдателя часть суток - дневную. Однако массовый характер неканонических, приуроченных к полудню и более поздним часам наблюдений, прямо свидетельствует, на наш взгляд, о реальных событиях. Считать этот временной пик связанным с "совершенно другим явлением, происшедшим годом позже или годом раньше", мы полагаем неуместным, поскольку мала вероятность крупномасштабных частей явлений в одном месте, и, кроме того, этот пик хорошо сцепляется с вытекающими пространственными характеристиками. Довод о систематической ошибке временной регистрации феномена, по нашему мнению неоснователен.

Крайне трудно совместить также и то, что несомненный факт пролета 30 (17) июня 1908г. с юга на север некоего образования и последовавшего затем взрыва (кстати фиксированного инструментально), как бы дополняется многочисленными достоверными сообщениями о наблюдавшемся феномене в дневное и даже послеполуденное время (табл.9). Имеются несколько (достоверность установлена пока для одного случая) сообщений, в которых наблюдатели видели явления в утренние и дневные часы, т.е. дважды в день.

При выяснении вопроса о территориальном распределении сообщений о времени суток в момент наблюдения оказалось, что определенная статистическая достоверная неоднородность их меняется. Если утренние наблюдения приурочены к южному сектору территории феномена, то дневные - к восточному (табл.10).

Таблица 9

Почасовая регистрация пролета объекта

№ п/п	Время наблюдения (ч)	С л у ч а й	
		число	процент
1	4 - 5	2	1,2
2	5 - 6	7	4,0
3	6 - 7	24	13,8
4	7 - 8	38	21,8
5	8 - 9	26	14,9
6	9 - 10	15	8,6
7	10 - 11	14	8,0
8	11 - 12	22	12,6
9	12 - 13	4	2,3
10	13 - 14	4	2,3
11	14 - 15	4	2,3
12	15 - 16	10	5,8
13	16 - 17 и позже	Единичные наблюдения	
14	19 - 20 в том числе	4	2,3

Длительность наблюдений. Важным временным параметром исследуемого Тунгусского феномена является длительность совокупности наблюдений (табл.11). Отмечается чрезвычайно широкий спектр отсчетов - от долей минуты до часа и более. С наибольшей частотой встречаются отметки времени в диапазоне от 5 до 30 минут. Значительная абсолютная длительность наблюдаемых явлений, а также их большая дисперсия по времени и длительности, противостоят классическим представлениям метеоритики и поэтому вряд ли подлежат интерпретации в ее системе понятий.

Пространственная характеристика. Вопрос о территориальной картине развития Тунгусского феномена также весьма специфичен по отношению к набору существующих трактовок. Конечно, можно полагать, что большое разнообразие показаний по этому признаку связано с разной удаленностью от конкретного коридора пролета основного образования (или образований) и его взрыва, означавшего собой "эпицентр" феномена. Наблюдения из более удаленных пунктов дают более фрагментарную и кратковременную картину.

Таблица 10

## Территориальное распределение сообщений

№ п/п	Признак	Направление		$\chi^2$
		восточное	южное	
1	Время суток (ч)	11-17	4-9	29,12
2	Шкала суток			16,69
3	Длительность наблюдения (мин)	Менее 5	Более 5	6,40
4	Форма	Округлая	"Звезда"	6,90
5	Направление движения	На запад	На север	18,96
6	Цвет	"Горячие" тона (красный, желтый, оранжевый)	"Холодные" тона (синий, голубой, белый)	4,49
7	Сопутствующее световое явление	Пламя	Цветная полоса	7,03

Основополагающим элементом сообщений является геометрия наблюдавшихся эпизодов (или частей феномена, или его основы), направление полета, азимут источника звука, азимут точки исчезновения визуально регистрируемого объекта и т.д. Значительная площадь, занимаемая учтенными пунктами наблюдения, их независимость и насыщенность дают возможность провести некую реконструкцию пространственной картины феномена. Но и здесь, казалось бы, в таком консервативном и простом для наблюдателей факте - указание направления - неожиданно вскрывается громадный разброс показаний (табл.12).

Любопытная деталь вскрывается и на простейших диаграммах направлений (рис.6). Совокупность показанных направлений распределена неравномерно, преобладают северные и западные румбы (см. рис.6б). Отчасти это можно объяснить и географическим расположением пунктов наблюдения относительно коридора полета и эпицентра (по преимуществу с юга, юго-востока и востока).

Необходимо отметить различия в указаниях направлений. "Юж-

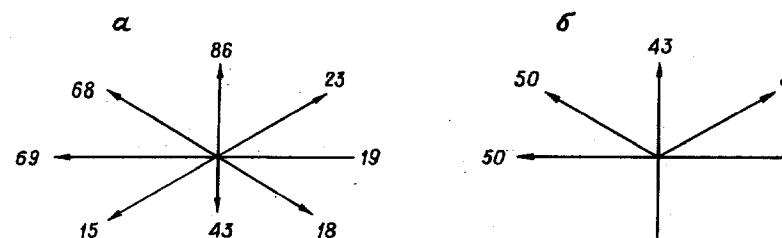


Рис.6. Распределение направлений:  
а—общая картина. б—дифференциальная картина

Таблица 11

## Интервалы длительности наблюдений

№ п/п	Длительность наблюдения (мин)	Случай		
		число	процент	
1	1	13	51	32,1
2	2	12		
3	3	11		
4	4	4		
5	5	11		
6	5 - 10	24	15,1	
7	10 - 15	10	6,3	
8	15 - 20	17	10,7	
9	20 - 25	3	1,8	
10	25 - 30	27	17,0	
11	30 - 60	15	9,4	
12	час и более	12	7,5	

ные" очевидцы регистрируют преимущественно северные, а "восточные" - западные румбы. Более детальные сведения и их анализ уверенно свидетельствуют о сложной картине траекторных построений и вырисовывается некая политраекторная модель феномена.

\*\*\*

Таким образом рассмотрение Тунгусского феномена в аспекте внешней наблюдательной информации оказалось весьма полезным. Ка-

Таблица 12

## Наблюдаемые направления пролета

№ п/п	Направление наблюдения	Случай		Σ
		число	процент	
1	На север	59	25,2	86
2	С юга	17		
3	На северо-восток	15	6,7	23
4	С юго-запада	8		
5	На восток	4	5,6	19
6	С запада	15		
7	На юго-восток	3	5,3	18
8	С северо-запада	15		
9	На юг	7	12,6	43
10	С севера	36		
11	На юго-запад	5	4,4	15
12	С северо-востока	10		
13	На запад	45	20,2	69
14	С востока	24		
15	На северо-запад	44	19,9	68
16	С юго-востока	24		

талогизированные сообщения очевидцев и их первичная обработка показали совершенно новую перспективу его исследований. Причем эта перспектива характеризуется не только по существу новым подходом, но и является информационно обеспеченной для поисков иных по природе моделей феномена. Основными результирующими моментами первоначальной "информационной съемки" Тунгусской катастрофы являются следующие.

1. Выявлена отчетливая гетерогенность феномена во всех основных наблюдательных параметрах.

2. Эпицентр феномена, отождествленный с куликовским вывалом, является основным, но не исчерпывающим фактом развертывания событий в районе Подкаменной Тунгуски.

3. Бимодальность распределения сообщений, обнаруженная обработкой по временным и территориальным характеристикам, указывает на поликомпонентность феномена.

4. Широкое развитие метеорологических и световых эффектов в период наблюдения основных компонент феномена свидетельствует о нетривиальности природных фактов Тунгусской катастрофы.

## 2.3. Табличное задание исходной информации

Как известно, по материалам ГК-81, была составлена картотека показаний, в которой сведения приведены в унифицированную, пригодную для обработки форму. Для нужд формализованной обработки данных разработана специальная кодировочная таблица (приведен фрагмент табл.13), посредством которой каждое наблюдение могло быть представлено как элемент множества  $x_m^h$ , где  $m^h$  - мно-

Таблица 13

## Районирование показаний очевидцев

Свойство	Число наблюдений по району	Световое явление					
		10	11	12	13		
Внутренняя нумерация							
Сквозная нумерация		100	101	102	103		
Район наблюдения		Признак					
		Свет-лая ночь	Заря	По-тем-нело, зат-ми-ло	Ос-вет-ило, зат-ми-ло		
		1	2	3	4	5	6
Пос.Ванавара и близлежащие фактории	44		2,2	2,2	4,4		
Верховья Нижней Тунгуски				1,2	4,2	1,8	
Бассейн р.Вилуй	152						
Верховья и среднее течение Лени	83						
Прибайкалье	22			0,3	1,2	3,9	
Бассейн Ангары	306						
Длинные районы Красноярского края	34		20,0				20,0

I	2	3	4	5	6
Алтайский край, Горная Шория, Томская область	5	5,2		5,2	10,4
Среднее течение Енисея	19			14,2	
Подкаменная Тунгуска, от пос. Оскоба до ее устья	7				
Бассейн Нижней Тунгуски в среднем и нижнем течении	13				

жество учитываемых значений  $n$ -го признака (множество  $M^n$  включает и нулевой элемент, т.е. отсутствие информации).

Территориальное подразделение осуществлено по требованиям корректировки траекторий пролета основных объектов. Кроме того, такое подразделение более равномерно охватывает всю площадь, на которой произвольно была осуществлена информационная съемка феномена. Образец представления показаний очевидцев приведен в таблице I4.

#### 2.4. Неидентичность восточных и южных комплексов явлений

На основе таблицы I3 рассчитаны различия между показаниями из южного (бассейн Ангары и южные районы Красноярского края) и восточного (верховья Нижней Тунгуски, бассейн р. Вилюй, верховья и среднее течение Лены) секторов наблюдений. Проанализированы такие признаки, как время суток, длительность наблюдений, форма тела, направление движения, цвет тела, сопутствующие световые явления. Ниже приводятся четырехпольные таблицы, характеризующие специфику явлений, наблюдавшихся на юге и на востоке от эпицентра. Обнаруженные контрасты между южными и восточными наблюдениями, систематизированы в таблице I5.

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

Образец кодирования признаков

Направление движения	I	Форма	II	
На север	I I	Шар	II I	
С севера	I 2	Цилиндр	II 2	
На юг	I 3	Конусообразная	II 3	
С юга	I 4	Звезда	II 4	
На запад	I 5	Светополоса	II 5	
С запада	I 6	Огненный столб	II 6	
На восток	I 7	Округлая	II 7	
С востока	I 8	Пламя	II 8	
На северо-запад	I 9	Молния	II 9	
С северо-запада	I 10	Облакоподобная	II 10	
На северо-восток	I 11	Искра	II 11	
С северо-востока	I 12	Змееподобная	II 12	
На юго-запад	I 13	Хвостатая	II 13	
С юго-запада	I 14	Прочие	II 14	
На юго-восток	I 15			
С юго-востока	I 16	Колебательное явление	IV	
	Звук	III	Землетрясение	IV I
Гул	III I		Сотрясение почвы, воды, воздуха	IV 2
Канонада	III 2		Дрожание почвы, воды, воздуха	IV 3
Грохот	III 3		Качание, колыха- ние строений	IV 4
Гром	III 4		Удар, толчок, взрыв	IV 5
Шум	III 5			
Выстрел, стрельба	III 6			
Вой	III 7			
Стук, удар	III 8			
Треск	III 9			
Ухало, жужжало, шелкало	III 10		Цвет	У
Шипение	III 11		Красный	У I
Раскат подземный	III 12		Оранжевый	У 2
Прочее	III 13		Желтый	У 3
			Зеленый	У 4
			Синий	У 5

Ветер и гроза	У I	Цвет	У
Ветер: слабый	У I 1	Голубой	У 6
сильный	У I 2	Фиолетовый	У 7
Буря	У I 3	Белый	У 8
Ураган	У I 4	Черный	У 9
Вихрь	У I 5	Разноцветный	У 10
Гроза	У I 6	Дымчатый	У 11
Дымка, морок, туман	У I 7	Прочее	У 12
Дождь, град	У I 8		
Падение и повышение температуры	У I 9	Световое явление	У II
Облако и дым	У III	Полоса: огненная	У II 1
Облако: цветное	У III 1	цветная	У II 2
черное	У III 2	Лента светлая	У II 3
розовое	У III 3	Радуга	У II 4
красное	У III 4	Красное	У II 5
обычное	У III 5	Черное	У II 6
Дым: белый	У III 6	Сильный блеск	У II 7
коричневый,		Пламенивидное	У II 8
черный	У III 7	Зарево	У II 9
красный	У III 8	Светлая ночь	У II 10
серый	У III 9	Заря	У II 11
Прочее	У III 10	Потемнело, затмело солнце	У II 12
		Осветило	У II 13

гаммы пролетало в северном направлении, то восточные очевидцы наблюдали явление преимущественно днем. Явление регистрировалось в течение более короткого времени. Тело пролетало на запад, имело округлую форму и окраску "горячей" тональности. На юге пролет ассоциируется с цветными полосами, а на востоке - с наблюдениями пламени. Вышесказанное трудно интерпретировать иначе, чем свидетельство неидентичности восточных и южных комплексов явлений.

Следует заметить, что в сообщениях восточного сектора наблюдателей в качестве временной привязки зачастую применялось

## Специфика южного и восточного наблюдений

Дифференцируемый признак	Сектор наблюдения		X <sup>2</sup>	
	восточный	южный		
Время суток (ч):	4 - 9	12	78	29,12
	10 - 17	30	24	
Шкала суток:				
рано утром, утром,				
до обеда	29	74		16,69
обед, день, вечер	47	34		
Длительность наблюдения (мин):				
менее 5	16	29		6,40
более 5	14	73		
Форма тела: звезда	5	7		6,90
округлая	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		
Сопутствующее световое явление:				
цветная полоса	6	15		7,03
пламя	11	4		

слово "обед". Для уточнения конкретного значения этого слова, в отношении его привязки к маркировке времени суток, высказывалось предположение, что слово "обед" в то время и в том месте могло иметь локально диалектное значение. Оно могло означать просто прием пищи, в том числе и в утреннее время, и таким образом, могло подтверждать время утреннего пролета (по объективным данным южного сектора). Для подтверждения (или опровержения) этого предположения летом 1981г. была проведена экспедиционная работа филологов Томского университета И.В.Журавлевой и Т.П.Овсянниковой

которые установили, что словом "обед" местные жители обозначают (и обозначали) время суток, близкое к полудню (т.е. максимальной высоте солнца).

Геометрическая привязка.<sup>1</sup> Несомненно важную и самостоятельную задачу составляет обработка сообщений, содержащих непосредственные измерения геометрических характеристик явления. К таким характеристикам относятся:

- угловые координаты точки обнаружения наблюдаемого явления;
- угловые координаты точки исчезновения наблюдаемого явления;
- азимуты на зарегистрированные визуально столбы света, дыма, пламени и т.п.

Необходимые данные подобного вида содержатся в работах более раннего периода, по которым и составлена координатная таблица. Отметим, что в группе наблюдений КК-81 (табл.16) имеется важная особенность - наблюдения 2,3,4,8 отмечают пролет тела слева направо (т.е. с юга на север в юго-западной части горизонта); 5,6,7,9 - справа налево (с востока на запад в северной части горизонта).

В общей совокупности набирается 39 показаний (табл.16, 17, 18), содержащих азимутальные значения. Причем эти значения конкретно могут обозначать азимуты на пролетающий объект, либо на столб дыма, либо на пламя, либо на уход наблюдаемого объекта за горизонт. Отметим, что данная информация характеризует достаточно большую территорию. Самая южная точка -  $57,4^{\circ}$  с.ш., а самая северная -  $62,6^{\circ}$  с.ш. устанавливают расстояние в  $5^{\circ}$  (примерно 600 км). Самая западная точка -  $108,4^{\circ}$ , самая восточная -  $114,8^{\circ}$ . Естественно предположить, что просечение выделенных направлений, приведенных из пунктов наблюдения, зафиксирует район совпадений с зоной куликовского вывала.

Проделанные расчеты точек пересечения выделенных направлений для каждого из меридиональных направлений легли в основу геометрической интерпретации векторов наблюдения. Можно предполагать, что на меридиане эпицентра (табл.19) средняя засечка окажется близкой к широте эпицентра ( $60,5^{\circ}$  с.ш.), а дисперсия засечек минимальной (рис.7).

<sup>1</sup> Приводимые ниже расчеты выполнены Д.В.Деминым и В.А.Воробьевым.

Данные геометрических привязок

№ п/п	Северная широта	Восточная долгота	Азимут на выделенную точку на горизонте
1	61,27	108,00	270
2	60,03	108,00	285
3	60,08	108,00	270
4	60,08	108,00	270
5	59,23	106,18	330
6	60,40	107,15	295
7	62,63	108,37	195
8	62,63	108,37	200
9	61,27	108,00	270
10	59,20	107,73	320
11	59,80	108,07	335
12	60,03	108,00	300
13	60,03	108,00	300
14	60,08	108,00	320
15	60,08	108,00	340
16	60,08	108,00	270
17	60,08	108,00	270
18	60,08	108,00	270
19	60,03	108,00	285
20	60,40	107,15	270
21	60,32	107,87	320
22	59,88	108,13	285
23	59,88	108,13	300
24	60,03	108,00	300
25	60,08	108,00	285

Анализ табличных данных (см. табл.16-18) с учетом шарообразности Земли уточняет общую геометрию Тунгусского феномена. По-видимому, некой центральной общей для всех наблюдателей выделенной зоны и отождествляемой с зоной разрушения к северу от пос.Ванавара, не обнаруживается. Здесь напрашивается вопрос о причине возникновения этого факта. Становится естественным пред-

Таблица I7

Геометрическая привязка, по В.М.Цветкову  
и А.П.Бояркиной /I2I/

Северная широта	Восточная долгота	Азимут на выделенную точку на горизонте
58,25	108,45	300
59,23	106,18	300
59,23	106,18	300
60,03	108,00	305
60,40	107,15	315
60,82	108,00	300
59,48	108,00	310
59,88	108,13	270
60,03	108,00	300

Таблица I8

Геометрическая привязка, по Л.Е.Эпиктетовой /I25/

Северная широта	Восточная долгота	Азимут на выделенную точку на горизонте
58,27	108,97	345
58,62	110,18	320
59,40	112,50	350
59,40	112,50	355
57,78	114,18	250

положение о сложности природы совокупности перемещавшихся объектов наблюдения, образовавших столь широкий веер появлений и исчезновений. Локальные стужения пересечений наблюдаются, скорее, к востоку от эпицентра, в зонах с координатами  $106^{\circ}$  в.д. и  $61^{\circ}$  с.ш.

Обработка общей совокупности показаний геометрического содержания нацеливается на уточнение характера траектории, коридора пролета, географических координат основных эпизодов и высоты

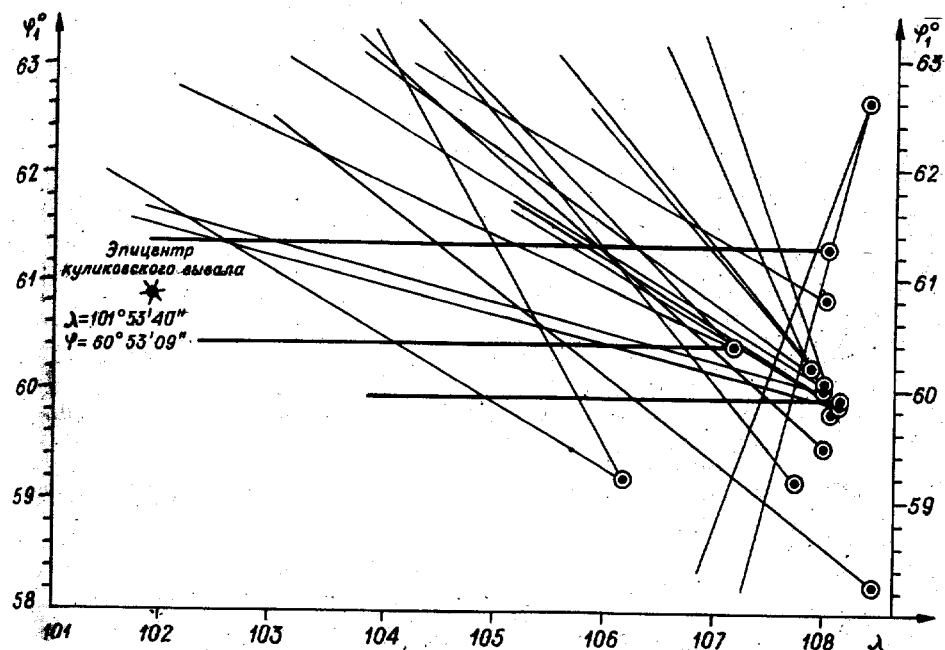


Рис.7. Азимутальное распределение визиров ("плоский" вариант), восстановленных из пунктов наблюдений (засечки изображены на смежных меридианах и на меридиане эпицентра)

взрыва (рис.8). Обращает на себя внимание наличие трех максимумов частот встречаемости наблюдений по признаку "расстояние наблюдателя от эпицентра взрыва". Наличие "информационного эпицентра" на расстоянии 500–600 км от куликовского вывала говорит в пользу предположения о том, что взрыв является лишь эпизодом в комплексе явлений Тунгусского феномена.

В качестве задачи, подлежащей решению, выступает также задача комплексной обработки акустических и сейсмических данных. Решение ее позволит установить (на современном уровне расчетов) детали взрыва в районе куликовского вывала.





Таблица 20

## Варианты высоты траектории

№ п/п	Азимут траектории (градус)	Расстояние точки Q от эллипса (км)	Высота точки Q над Землей (км)
1	100	2435	2100
2	105	1222	819
3	110	820	565
4	115	620	364
5	120	502	287
6	125	424	238
7	130	370	205
8	135	330	181
9	140	300	164
10	145	277	150
11	150	259	140
12	155	245	132
13	160	234	126
14	165	226	121
15	179	220	181
16	175	215	115
17	180	213	114

не как указание на факт пересечения световым образованием диска Солнца, а как свидетельство того, что наблюдаемый объект прошел в створе Солнца и, вполне вероятно, гораздо ниже (на высоте  $15^\circ$ , при высоте Солнца  $27^\circ$ );

в) фиксированная высота замеченного огненного образования — не менее 200 км (табл. 21).

Вопросы траектории. Исследование гетерогенности общей картины феномена не может пройти вне решения вопросов траектории наблюдавшихся явлений. Это тем более важно, что в вопросе траектории пролета имеются серьезные расхождения у теоретиков.

Нами построена диаграмма по числу наблюдателей в круговом секторе с учетом координат каждого пункта наблюдения и рассмот-

Таблица 21

## Варианты высоты огненного образования

№ п/п	Азимут траектории (градус)	Угловая высота Солнца		
		$25^\circ$	$20^\circ$	$15^\circ$
Высота Q (км)				
1	100	1932	1560	1229
2	110	464	370	256
3	120	263	217	163
4	130	183	156	117
5	140	150	123	90
6	150	130	103	77
7	160	117	90	71
8	170	103	82	64

рена некоторая модель общего "снимка" феномена с помощью всей совокупности наблюдателей, игравших роль "фоточувствительных зерен". Диаграмма иллюстрирует не что иное, как плотность показаний в шкалировании угловых интервалов (рис. 9).

Данная картина конечно же не решает всех вопросов траектории, поскольку она построена вне обязательных для подобных случаев процедур нормирования на плотность населения в каждом угловом секторе и учета равномерности опроса различных групп населения. Были учтены наиболее "яркие участки фотоизображения", носителями которого являлись наблюдатели, попавшие в поле зрения опрашиваемых. Тем не менее сам факт совпадения основных лепестков диаграммы направленности с тремя группами теоретически выделенных направлений весьма показателен (см. рис. 9). Восточный лепесток совпадает с направлением, выделенным оценками В.Г. Фаста (на основе картирования вывала, см. рис. 2в), В.Г. Коненкина, Л.Е. Эпиктетовой, В.И. Цветкова, Е.Л. Кринова. Южное направление фиксируется оценками И.С. Астаповича, а также аномалиями южного крыла куликовского вывала (см. рис. 3). Западная ветвь фиксирована в оценках Суслова /64/.

Отчетливая гетерогенность феномена, обнаруженная как в про-

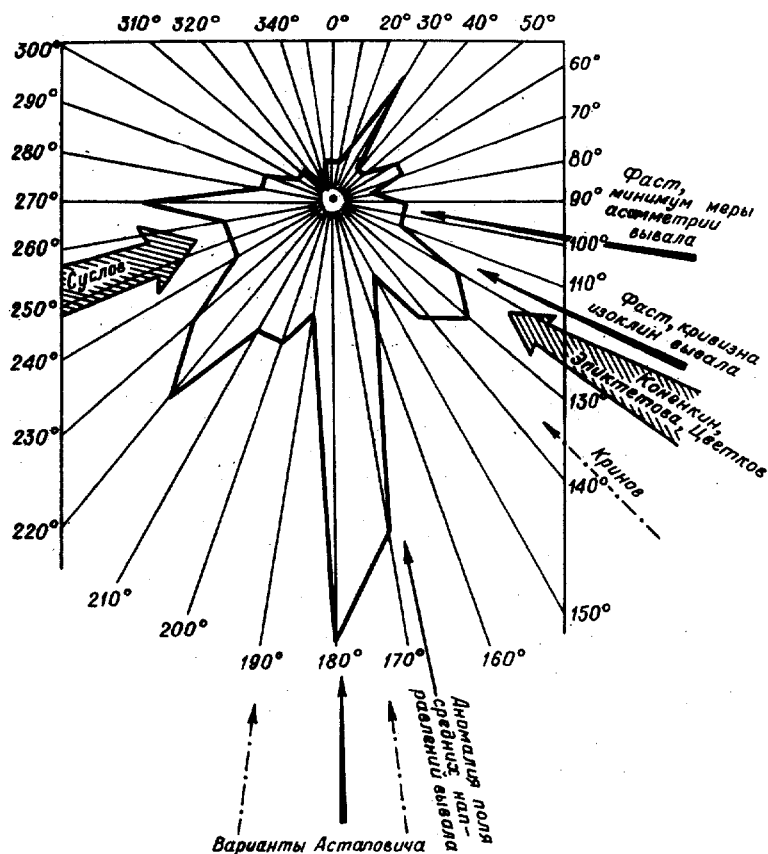


Рис.9. Диаграмма распределения числа наблюдателей по угловым интервалам

странственных, так и во временных характеристиках, еще раз свидетельствует о нетривиальности природы "Тунгусского дива" и его несоответствии классическим эпизодам метеоритики. Приведем примеры ряда сведений (с указанием времени и координат), по которым отчетливо видна неоднородность указаний /22,64,67/.

1. С.Каменское на Енисее. Голощенин, (58,2° с.ш., 92,3° в.д., 6 ч. 27 мин. местного времени). "В 7 часов утра в селе Ка-

менском ... 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" /22/.

2. Г.Канск. Сарычев (56,1° с.ш., 95,4° в.д.; 6 ч. 40 мин местного времени). "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 с.Филимоново к Иркутску. За сиянием оставался след, в виде голубоватой полоски, растянувшийся по всему пути, и потом постепенно исчезающий с конца" /22/.

3. С.Мальшевка. Никольский (53,4° с.ш., 103,2° в.д.; 7 ч 10 мин местного времени). "В 8 часов 15 мин утра работавший на волостном дворе мальчик увидел упавший в виде обрубка или в виде ведра огонь, по направлению к северо-востоку; в то же время и в том же направлении видели рабочие, работавшие в лесу верст за 20 от Мальшевки" /22/.

4. Г.Киренск. Г.К.Кулеш (начальник местной метеостанции) (57,5° с.ш., 108,1° в.д.; 7 ч 20 мин местного времени). "По рассказам очевидцев: в 7 час 15 мин утра на северо-западе появился огненный столб ... Огненный столб был виден многими" /64/.

Из приведенных сообщений только указание Г.К.Кулеша соответствует классической картине, совпадая по времени и геометрическим характеристикам. Эпицентр (вывал) расположен почти строго на северо-запад и с учетом расстояния от эпицентра минимальная высота "огненного столба" оценивается в 19 км.

## 2.6. Сопоставление Тунгусского феномена и Сихотэ-Алинского метеоритного дождя

Представляется целесообразным провести краткое сравнительное изучение показаний очевидцев Тунгусского падения и показаний очевидцев Сихотэ-Алинского железного метеоритного дождя 1947 г.

Метеоритный дождь 1947г. - наиболее близкий и исследованный случай уникального явления, носившего тоже весьма сложный характер. Основным источником данных по очевидцам является работа Н.Б.Дивари /33/, написанная по результатам исследований первой

Цветовая гамма Сихотэ-Алинского метеоритного дождя

Ц в е т	С л у ч а й			
	число		процент	
	1908г.	1947г.	1908г.	1947г.
Красный	74	35	37,2	37,6
Оранжевый	26	2	13,1	2,15
Желтый	36	13	18,1	14,0
Зеленый	1	5	0,5	5,4
Синий	15	4	7,5	4,3
Голубой	6	3	3,0	3,2
Фиолетовый	0	2	0,0	2,2
Белый	24	16	12,1	17,2
Черный	13	1	6,5	1,1
Разноцветный	0	6	0,0	6,4
Дымчатый	4	6	2,0	6,5

экспедиции Комитета по метеоритам АН СССР. Показания 240 очевидцев метеоритного дождя были соответствующим образом подразделены и проанализированы. Сравнительное изучение Тунгусского и Сихотэ-Алинского явлений весьма интересно по полному перечню характеристических признаков, но высокая трудоемкость этого изучения выделяет его в отдельную крупную исследовательскую задачу. При этом эта задача имеет комплексный характер как по изучению фактического материала, так и по теории вопроса.

Направление падения метеоритного дождя (на базе 137 показаний по направлению, а так же с помощью гномонических проекций средних направлений падения метеорита и соответствующим образом посчитанных табличных данных) было однозначно установлено:

а) для координат направления влета метеорита в земную атмосферу -  $\alpha = 43^\circ$ ,  $A = 346^\circ$ ;

б) для направления падения на земную поверхность -  $\alpha = 60^\circ$ ,  $A = 346^\circ$ .

Вертикальное сечение метеоритного дождя получено по методу соответствующих высот и каждое поступающее сообщение могло взвешиваться на вероятную высоту по угловым данным. Время падения установлено также однозначно  $0^h 38'$  мирового времени 12 февраля 1947г. Общая наблюдательная схема такова: яркая звездочка  $\rightarrow$  яркий огненный шар  $\rightarrow$  ослепительная вспышка  $\rightarrow$  дробление (близкие "огненные полосы после взрыва"). Диаметр болида (установленный по дополнительным опросам и расчетам) составил  $0,61 \pm 0,01$  км.

Перейдем к сопоставлению ряда характеристик явлений 1908 и 1947гг.

Цветовая гамма (табл.22). Рассматривая цвета основного спектра, следует отметить явное преимущество теплых тонов, зарегистрированных для явления 1908г. (68,4 %) против 1947г. (41,1%) и холодных тонов (16,1%) для явления 1947г. в сравнении с 1908г. (11,0%). Обращает на себя внимание совпадение основных "статистических единиц" расцветки<sup>1</sup> красного темного и белого цветов. Интересны также и единичные указания на черный цвет 1947г. и значительный процент - 6,5 для 1908г. Отметим также, что для 1947г. переход цвета в цвет - естественное и хорошо от-

<sup>1</sup> Следует иметь в виду, что рубрикация данных Н.Б.Дивари несколько отличается от нашей, по которой ведется сопоставление и учет данных.

мечаемое явление, в основном вкладывающееся в общую схему разветвления процесса - от "звездочки" к "дроблению". Для 1908г. характерно однозначное указание цвета наблюдаемого объекта и только в отношении сопутствующих свечений и поствзрывных явлений отмечалась динамика полихроматического характера.

Наблюдаемая форма (табл.23). Сравнительные данные по формам прелетающих образований 1908 и 1947гг. указывают на большую регистрацию сопутствующих явлений для 1947г. (51 %) в сравнении с частотой регистрации сопутствующих явлений для феномена 1908г. (28,9 %). Характерно также для 1908г. частое указание на "цилиндрические формы", которым присущи длительные интервалы наблюдаемости, что не характерно для 1947г. По всей вероятности, преимущественная регистрация сопутствующих форм для 1947г. вызвана кратковременностью полета основного тела. Характерно для 1947г. отсутствие указания на цилиндрические резко очерченные образования, максимально присущие для наблюдений 1908г. (16,3%).

Акустическое явление. Сравним частоты встречаемости зву-

Таблица 23  
Наблюдаемые формы метеоритного дождя 1947г.  
и феномена 1908г.

Ф о р м а	С л у ч а й			
	число		процент	
	1908г.	1947г.	1908г.	1947г.
Шар	28	11	5,9	7,5
Округлая (изометри- ческая удлиненная)	61	29	12,9	19,7
Цилиндрическая	77	-	16,3	-
Конусообразная	10	1	2,1	0,7
Звезда	16	7	3,4	4,8
Хвостатая	66	13	14,0	8,8
Змееподобная	11	-	2,3	-
Молния	10	4	2,1	2,7
Другие ("метла", и "бочка", "квадрат" и пр.)	57	7	12,1	4,8
Светополоса	12	9	2,5	6,1
Огненный столб	23	18	4,9	12,2
Пламя	49	11	10,4	7,5
Искра	53	37	11,2	26,2

ковых явлений и их разнообразие, можно отметить сходство и различие. Сходство относится к совпадению рубрикации акустических явлений, а различия - к отсутствию значимых корреляций по частоте встречаемости в процентах того или иного звука (табл.24). Для трех максимальных частот звуков в 1908г. зарегистрированы (в процентах): гром (33,3), стрельба, взрыв (19,6), стук, удар (11,6). Для 1947г. характерны следующие виды звуков: стрельба, взрыв (47,6), гул, гудение (14,7), треск (10,6). Звуки, классифицируемые как электрофонические: шум, шипение, жужжание, свист и др., распределены (в процентном отношении) почти равномерно: для акустических явлений 1908г. - 20,6 и для 1947г. - 23,3. Интерпретация звука "гром" максимального по встречаемости для 1908г. и звука "взрыв" для 1947г. неоднозначна. Распределение звука "гром" среди регистраций 1908г. может быть вызвано тем,

что население больше знакомо с этим видом звука в сравнении со взрывом. В то же время регистрация "грома среди ясного неба" психологически затруднительна для наблюдателей 1947г., хорошо подготовленных в отношении звуков взрыва. С учетом этого замечания мы все же приходим к выводу, что явление 1908г. акустически в основном громоподобно, а явление 1947г. взрывоподобно. Это весьма существенное различие подтверждается наличием электрофонических регистраций (шум, уханье, жужжание).

Таблица 24  
Перечень звуковых явлений

Характер звука	С л у ч а й			
	число		процент	
	1908г.	1947г.	1908г.	1947г.
Гул, гудение	41	25	8,0	14,7
Шум	45	4	8,7	2,2
Шипение, вой, свист	6	10	1,1	5,8
Уханье, жужжание	14	1	2,8	0,6
Гром	170	2	33,3	1,2
Грохот	40	17	7,7	10,0
Канонада	24	2	4,6	1,2
Стрельба, взрыв	102	81	19,6	47,6
Стук, удар	60	10	11,6	5,9
Треск	14	18	2,7	10,6

Временной интервал. Весьма существенная характеристика длительности наблюдаемых явлений во многом освещает природу тех или иных событий. Болидно-метеоритные процессы можно считать "быстропротекающими", поскольку в редких случаях длительность падений превосходит 10-секундный интервал. Сопоставление интервалов времени наблюдений за пролетом объектов 1947 и 1908гг. иллюстрирует резкий контраст. Действительно, если максимальная длительность наблюдения за пролетом болида 1947г. составила (по единичному свидетельству) "около 10 сек", то свидетельство о пролете тела (вернее, тел) 1908г. начинаются с одной минуты (см. табл.11) с

максимумом встречаемости в интервалах от 5-10 до 25-30 мин. Эта несопоставимость хорошо усматривается (табл.25): максимальное число указаний для 1947г. приходится на 3-секундный (37,1 %), а для 1908г. наиболее нагруженный интервал времени, (по показаниям очевидцев, приходится на интервал 10-60 мин (45,3 %). Согласно показаниям очевидцев, отдельные наблюдаемые эпизоды Тунгусского феномена можно отнести к "долгоживущим" процессам необычных явлений в атмосфере и ближнем космосе. Пестрая и комплексная картина события 1908г. характеризуется также и обширной географией наблюдений. Описания же Сихотэ-Алинского метеоритного дождя имеют строго локальную область наблюдения, характеризуются классичностью наблюдений этого рода, а имеющийся богатый фактический материал по кратерному полю, вносит ясность в решение вопроса.

Таблица 25

Длительность наблюдений

Время наблюдения	С л у ч а й			
	число		процент	
	1947г.	1908г.	1947г.	1908г.
1 с	4	-	11,4	-
2 с	7	-	20,0	-
3 с	13	-	37,1	-
4 с	6	-	17,1	-
5 с $\leq T \leq 10$ с	5	-	14,3	-
1-5 мин	-	51	-	32,1
5-10 мин	-	24	-	15,1
10-60 мин	-	72	-	45,3
$\geq 60$ мин	-	12	-	7,5

Действительно, проанализированная совокупность сейсмических и взрывных эпизодов падения 1947г. приводит к следующему заключению:

- 1) падение метеорита вызвало сотрясение почвы, ощутимое на расстоянии нескольких десятков километров от места падения;
- 2) сотрясение не имело разрушительной силы за пределами кратерного поля;

3) образовавшаяся ударная воздушная волна была способна нанести незначительные повреждения в пределах 30 км, преимущественно к северу от кратерного поля.

Учитывая этот сжатый сравнительный анализ феноменов 1908 и 1947 годов можно заключить, что длительность, энергия и последствия феномена на Подкаменной Тунгуске намного превосходит события Сихотэ-Алинского метеоритного дождя как по масштабу процессов, так и по геофизической реакции на них. Если учесть отсутствие "вещественных улик" Тунгусского феномена и уникальную энергию взрыва, то само собой напрашивается вывод о несопоставимости природы сравниваемых явлений. Четкое, однозначное падение метеоритного дождя 1947г. с прямыми и косвенными характеристиками процесса проецируется на совокупность классических описаний этого явления, но Тунгусский взрыв и все, что ему предшествовало, рисует загадочную и более сложную картину по сравнению с классическими эпизодами метеоритики.

\*\*\*

Таким образом, информационная обработка совокупности наблюдений Тунгусского феномена оказалась плодотворной в плане детализации и расширения общего "портрета" явления. Причем, ряд особенностей феномена, охарактеризованных очевидцами, можно отнести к сведениям, которые освещают природу явления. Вопреки устоявшимся взглядам на феномен и существующим тенденциям его исследования, информационный анализ каталога сообщений показал новые подходы к выяснению природы катастрофы.

Эта новизна состоит в том, что существующие предположения о твердотельном объекте являются весьма узкими для трактовки всей совокупности явлений, имевших место в конце июня начале июля 1908г. на Северном полушарии. В результате информационной работы над ГК-81 можно отметить:

1. Обнаружена устойчивая неоднородность феномена по всей совокупности основных свойств, отмеченных очевидцами.
2. Зарегистрировано широкое разнообразие форм, скоростей, светимости, звуков, которое не характерно для классических случаев регистрации падения метеоритов, болидов.
3. Отмечена резкая временная пестрота феномена, как по длительности наблюдений, так и по времени суток.
4. Вскрыта пространственная разобщенность пролета основных объектов и нарисована политраекторная картина наблюдений.

5. Проведены количественные оценки (траектории, высоты "взрыва", основных направлений и др.) ряда основополагающих характеристик феномена, содержащих по сообщениям исходные измерительные данные.

6. Имеются основания для гипотезы о том, что 30 июля 1908г. наблюдалось несколько объектов, со своими особенностями и пространственно-временными характеристиками.

В соответствии с перечисленными особенностями феномена, естественно сделать ряд ориентирующих дальнейшие исследования предположений о феномене в целом.

Выявленные характеристические признаки Тунгусского феномена делают естественным вывод о сложной и гетерогенной природе самого явления. Причем, это предположение влечет за собой в область новых допущений о существовании тел в космической среде Солнечной системы. По-видимому, неверно ограничивать "населенность" космической среды хорошо известными объектами типа комет, метеоритов, космической пыли и др. Вполне возможно, как это и следует из информационного анализа Тунгусского феномена и новейших исследований необычных явлений в атмосфере, а также в области ближнего и дальнего космоса, что могут существовать квазитела с неустойчивой структурой. Эти структуры могут представлять собой своеобразно локализованные электромагнитные поля, например, солнечного происхождения. Принятие этого предположения объединяет многие первоначально разрозненные свойства исследуемого явления в регионе Подкаменной Тунгуски, делает согласованными траекторные неоднородности и значительную "размазанность" феномена во времени.

### Г Л А В А Ш

#### ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ГЕОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУНГУССКОГО ФЕНОМЕНА

Фактический материал, о сопровождавших Тунгусский феномен 1908г. геофизических процессах, свидетельствует о значительной геоэффективности как самого взрыва, так и ряда сопутствующих явлений. Именно поэтому вопросы геолого-геофизического характера подлежат учету и, по возможности, выяснению. Сначала мы рассмотрим геолого-геофизическую специфику района атмосферного взрыва, потом, в соответствии с приведенными данными, дадим интерпретацию геоэффективности июнь-июльского события 1908г.

Считаем уместным характеристику района проследить на двух, общепринятых в геологии, уровнях - планетарном и региональном.

Напомним также, что эпицентр, отождествляемый с куликовским вывалом, является одним из наиболее задокументированных эпизодов феномена, развернувшегося в интервале времени около трех недель и на площади в несколько млн. кв. км Северного полушария. Эта очевидная глобальность процесса подтверждается и прямыми регистрациями барических и геомагнитных возмущений. Сопряженность геофизических реакций на воздействие вторгшегося образования свидетельствует о его нетривиальной геофизически активной природе /88/. Именно поэтому, как нам представляется, крайне важно выявить геофизическую особенность региона в состоявшемся "диалоге" между геоэффектным объектом и геофизическими полями.

#### 3.1. Планетарный уровень

Рассматривая наиболее общие элементы геофизического портрета Земли, можно легко установить, что процесс геофизического взаимодействия с вторгшимся из космоса образованием в районе Подкаменной Тунгуски, произошел в пределах Восточно-Сибирской магнитной мировой аномалии.

Не касаясь истории обнаружения данной аномалии и путей учета ее функционального значения для глубин Земли и средней магнитосферы отметим, что напряженность аномального поля в центральных частях аномалии составляет около 30 % от нормального поля.

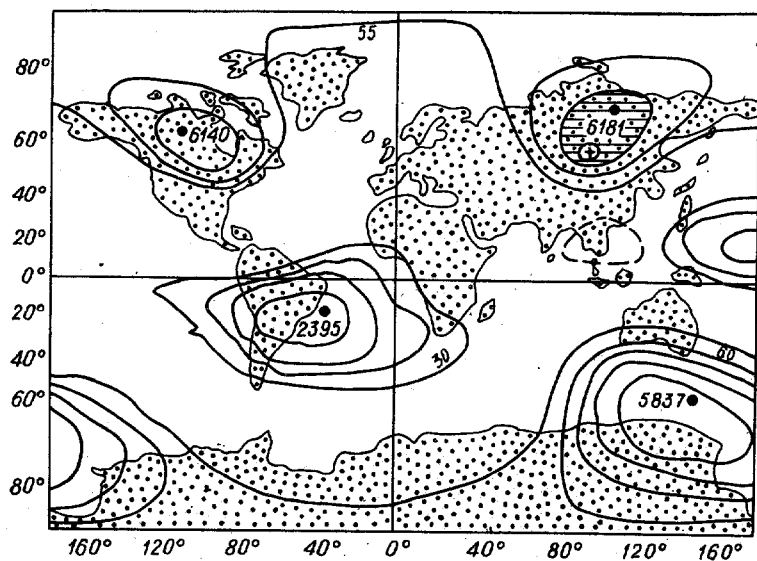


Рис.10. Карта распределения модуля полного вектора ГМП эпохи 1965г.  
Цифры у изолиний - значение поля в нТл /96/

Будучи своеобразным дублем для северного дипольного максимума (полюса), эта аномалия имеет наиболее высокое значение напряженности для Северного полушария. Так, по карте распределения модуля полного вектора ГМП эпохи 1965г. дана отметка в 6181 нТл<sup>-1</sup> /96/. Рассматривая эту карту (рис.10), можно усмотреть, что подобный дубль для южного дипольного максимума представлен Бразильской мировой аномалией. В разрезе нашего внимания к геомагнитному "каркасу" важно отметить общую структуру, по существу представляющую своеобразный квадруполь - два дипольных максимума и две мировые аномалии.

Это тем более важно, что вертикальные разрезы этих аномалий как расчетные, так и спутниковые регистрации, характеризуют квадруполь как высоко прострагающиеся магнитные "выступы" или "антенны". Можно предположить, что эти магнитонесущие выступы являются своеобразными каналами электромагнитного перетока энергий

по вертикали. Ведь еще в 40-е годы Ю.Д.Калинин /56/ оценивал глубину погружения Восточно-Сибирской аномалии в половину земного радиуса. Нет логических запретов /97/ на то, чтобы основные магнитонесущие структуры планеты исследовать на их функциональное значение в процессах энергетических генераций и перетоков. Видимо, имеет смысл высказать предположение о том, что эти структуры являются средством для энергоинформационного сцепления глубин Земли с активными в электромагнитном отношении космическими воздействиями. Они могут быть своеобразными "стокowymi колоннами" при геоэффективных вспышках на Солнце, при возбуждении и деформациях межпланетного магнитного поля, при геомагнитных возбуждениях эндогенного характера.

Возможно, также, что эти аномалии "распределяют" интенсивные космические вторжения и воздействия. Именно в связи с этой функцией можно объяснить появление "Бразильского двойника Тунгусского метеорита" /66/. Кроме того, имеются сообщения по региону современного магнитного полюса в Канаде /82/. Высказывается точка зрения на генезис геотермальной аномалии, согласно которой геотермальные аномалии в районе Северного максимума возникли в результате падения "сверхметеорита", вещество которого так и не было обнаружено. Рассматривая конфигурации магнитных меридианов эпохи 1950г. (рис.11), можно отметить хорошо выдерживаемое направление между двумя отметками максимальной интенсивности вертикальной слагаемой геомагнитного поля. В работе /133/, посвященной геотектонике Арктики, указывается уникальность магнитной аномалии Северного полушария, в которой обнаруживается паритет Канадского и Восточно-Сибирского максимума<sup>1</sup>. Отмечается как очевидный факт то, что современный дипольный максимум не единственный, и в геологической истории магнитный полюс мог локализоваться на севере Восточной Сибири /83/.

Данные факты и предположения концентрируются в проблеме выяснения функционального значения геомагнитного каркаса в процессах вертикальных энергоперетоков. Касаясь далее вопросов локализации Тунгусского явления, следует указать на то, что взрыв при-

<sup>1</sup> Центральная часть Восточно-Сибирской аномалии располагается в створе с северным магнитным полюсом и канадской зоной аномально высоких значений магнитного поля Земли.

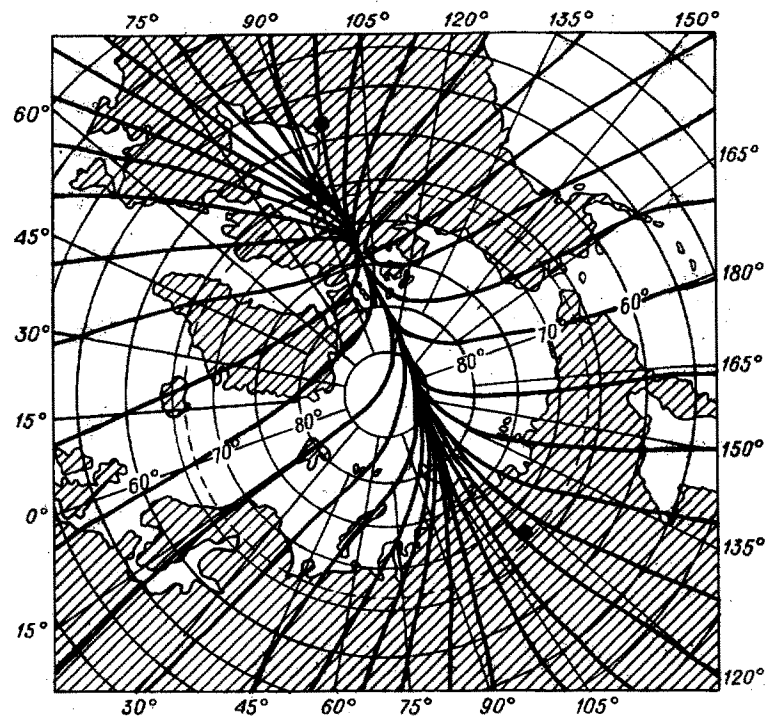


Рис.11. Магнитные меридианы эпохи 1950г.

Два темных кружочка обозначают полюса максимальной интенсивности вертикальной слагаемой геомагнитного поля эпохи 1945г. /133/.

ходитя на середину расстояния, соединяющего положительную (район Салехарда) и отрицательную аномалии восточных составляющих вектора геомагнитного поля. Дуга большого круга, соединяющая центральные части аномалий этих составляющих, пересекает географический меридиан в районе взрыва под углом в  $117 \pm 2^\circ$ , что близко к направлению траектории Тунгусского болида на его конечном участке -  $115 \pm 1^\circ$  относительно географического меридиана /110/.

Несмотря на отсутствие видимых связей данного сопоставле-

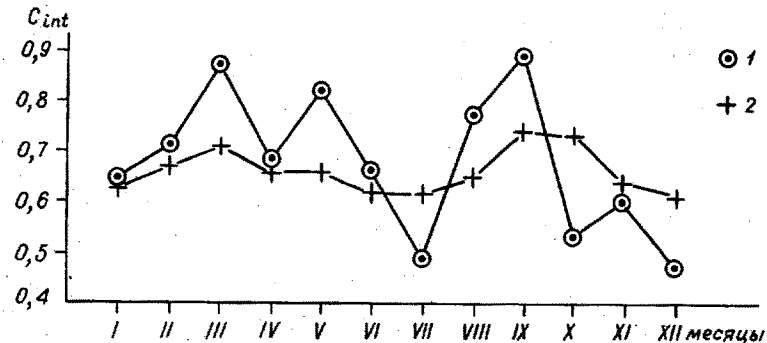


Рис.12. Кривая магнитных возмущений по месяцам I - за 1908г.; 2 - за 1883-1958гг.

ния, мы сочли нужным отметить его наличие, поскольку скрытые формы связи между географической и магнитной осями могут иметь значение в долгопериодной геодинамике. Кроме того, эпицентральный вектор Тунгусского взрыва накладывается на глобальную аномалию северной составляющей вектора геомагнитного поля (локализованного в районе Бирмы) и имеет азимут  $176^\circ$ , что довольно близко к последнему варианту траектории Астаповича:  $173 \pm 2^\circ$ , более ранние оценки -  $180-190^\circ$  /6-8/.

Рассматривая геомагнитный режим 1908г. /47/ по данным среднемесячных геомагнитных индексов  $C_{int}$ , можно отметить довольно отчетливый июнь-июльский минимум значений индексов (рис.12).

Причем этот  $\min(C_{int} = 2,5)$  лежит между двумя максимумами года: март-май ( $C_{int} = 3,7$ ) и август-сентябрь ( $C_{int} = 3,8$ ). Безусловно, вряд ли уверенно можно считать Тунгусский феномен ответственным за этот минимум, но геоэффективность феномена характеризуется не только косвенной регистрацией большого числа атмосферных аномалий с 21 июня по 10 июля /79, рис.1/, но и прямой регистрацией Иркутской станцией геомагнитной бури, внезапно начавшейся в 0 ч. 19,5 мин по среднему Гринвичскому времени /47, 48,60/. Аномальная магнитная вариация довольно длительная (несколько часов) носила региональный характер, так как другие магнитосферные станции Северного полушария геомагнитных возмущений не зарегистрировали.



### 3.2. Региональный уровень

Район взрыва приходится на центральную часть Сибирской платформы. Крупномасштабные и долговременные структуры и глубинные особенности региона выявлены расчетами и геофизическим картированием фундамента /98,120/. Основная часть силовых и оптических процессов Тунгусского феномена пришлось на площадь Средне-Сибирской антиклизы и Ангаро-Ленской ступени. На юге и юго-западе охватывает Бирюсинскую синеклизу и Чадобецкий выступ (рис.13). В региональную характеристику мы сочли целесообразным включить данные о гравитационных полях, геомагнитных полях, о характере электропроводности и плотностных оценок.

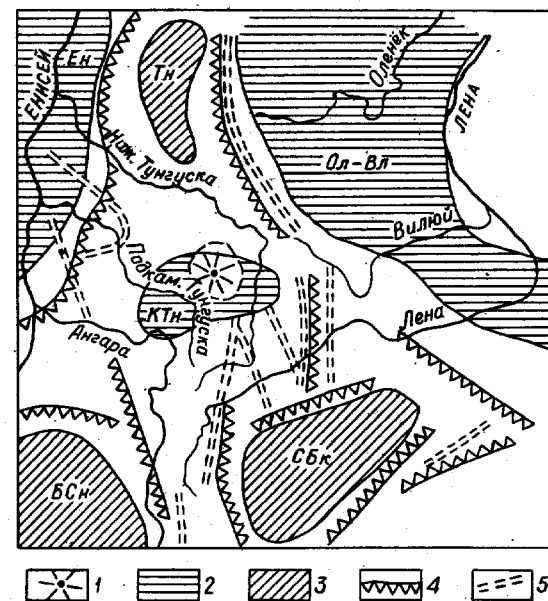
Геофизические данные по региону изложим, начиная с общих сведений о гравитационных особенностях. Эпицентральная часть Тунгусского феномена приходится почти на центр Катангской области, которая характеризуется повышенными значениями аномалий силы тяжести (см. рис.13). Катангская область, в свою очередь на портрете региона обрамлена с юго-востока и юго-запада областями низких значений аномалий; северо-запад и северо-восток рассматриваемой территории заняты обширными областями повышенных значений аномалий силы тяжести (Приенисейская и Оленок-Вилуйская области); точно на севере расположена Тунгусская область низких значений аномалий силы тяжести.

Итак, эпицентральная часть находится в области высоких аномалий силы тяжести и сама Катангская область локализуется в центре почти равностороннего треугольника, вершины которого составляют области низких значений аномалий силы тяжести (север - Тунгусская область, юго-восток - Северо-Байкальская и юго-запад - Восточно-Саянская). Кроме того, эпицентральная область по существу со всех сторон обрамлена громадными по протяженности гравиметрическими ступенями. Существует предположение, что формирование гравитационного поля данного региона обусловлено характером тектонических процессов.

Свидетельства интенсивных вертикальных перемещений объясняются, видимо, общими процессами сжатия подкоркового вещества на этапах агрегатных химических модификаций, обусловивших широкое развитие нисходящих движений. Явления "базальтификации" глубинных зон - это одна из характеристик вещественного преобразования

Рис.13. Региональная геофизическая обстановка района Тунгусского феномена /98/:

1 - эпицентр Тунгусского феномена, 2 - области повышенных значений аномалий силы тяжести, 3 - области низких значений аномалий силы тяжести, 4 - гравиметрические ступени, 5 - наиболее значительные положительные магнитные аномалии.



региона. Детальные свойства аномалий силы тяжести центральных частей платформы характеризуются тем, что элементарными структурами гравитационного поля являются крупноплощадные изометричные отрицательные аномалии Буге. Например, в области Иркутского амфитеатра на общем отрицательном фоне аномалий Буге отмечаются повышенные значения  $\Delta q$  в среднем течении Ангары; в Тунгусской синеклизе крупные отрицательные аномалии силы тяжести.

Как отмечалось выше, общепланетарная выделенность района падения обязана наличию в регионе мировой Восточно-Сибирской аномалии. Начиная более детальное освещение магнитной обстановки, прежде всего отметим, что магнитное поле Сибирской платформы имеет общее сходство со строением гравитационного поля. Характерно, что аномалии  $\Delta T_a$ , подобно аномалиям Буге, отражают лишь крупные особенности эволюции и строения платформы.

Аномалии напряженности магнитного поля центральной части Сибирской платформы отличаются от обрамляющих ее территорий депрессией аномальных значений напряженности магнитного поля. На об-

щем депрессивном фоне ярко выделяются мелкие, но высокоинтенсивные положительные и отрицательные аномалии  $\Delta T$ . Вдоль юго-восточных границ Сибирской платформы развита полоса положительных магнитных аномалий; Тунгинская и Баргузинская депрессии характеризуются отрицательными аномалиями  $\Delta Ta$ . На юго-западном обрамлении на фоне спокойных значений  $\Delta Ta$  выделяется центральная часть Восточного Саяна с интенсивно возмущенным магнитным полем. Север эпицентральной части Тунгусского феномена обрамлен переходящими значениями от спокойных обстановок к интенсивным положительным аномалиям.

Еще раз отметим, что интересующий нас регион характеризуется наличием тесной взаимосвязи закономерностей локализации магнитного и гравитационного полей. Например, почти все полосовые аномалии  $\Delta Ta$  приурочены к зонам резких градиентов аномалий силы тяжести (см. рис.13). Следует также подчеркнуть, что Сибирская платформа характеризуется широким развитием трапшвого покрова, в свою очередь обладающим значительным магнитным полем.

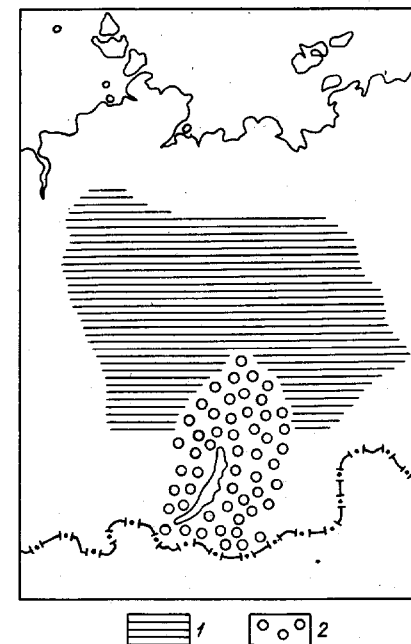
Наличие трапш и их особенность в магмотектонофизическом срезе свидетельствует о резкой энерговыведенности этого региона в общепланетарном масштабе. Развитие столь мощных по толщине и столь обширных по площади "магнитонесущих" масс является, несомненно, особой точкой энерговыведения на планете. Именно поэтому высока сложность магнитного поля западной части Сибирской платформы. Ведь магнитное влияние близповерхностного трапшвого покрова приводит к тому, что большая часть магнитного поля этой территории по глубине не расшифрована и не объяснены причины развития трапшвых покровов в данном регионе.

Региональная характеристика электропроводности интересующего нас района содержится в работе /2/, где дана схема площадей с различной электропроводностью на территории Советского Союза (дан фрагмент рис.14). Электропроводность  $S$  (в сименсах) устанавливалась прямыми и расчетными методами. Результирующие данные для полной электропроводности ( $S = \int \sigma dz$ , где  $\sigma$  - удельная электропроводность, устанавливаемая в пределах астеносферного слоя на глубинах 100-200 км) сведены в карту распределения площадей с различной электропроводностью. Согласно данным этой карты (см. рис.14) область, где имеется максимум числа наблюдателей Тунгусского феномена, представлена границей двух уровней элек-

тропроводности. С юга и юго-востока внедряется Прибайкальская зона повышенных значений электропроводности ( $S > 10^4$ ). Общее же поле значений электропроводности всего региона имеет значение  $S < 10^3$ . Эта близость двух типов проводимости астеносферных зон свидетельствует о неравновесном состоянии региона в отношении возможных для этого места быстропротекающих электромагнитных процессов. Активное "расклинивание" зоны низкой электропроводности Прибайкальской зоной прямо указывает на напряженность геодинамического режима региона.

Рассматривая новейшие данные по плотностным характеристикам верхней мантии для данного региона /124/, можно подчеркнуть обнаруженный факт высоких плотностных характеристик для Тунгусской синеклизы на общем фоне низких значений Сибирской платформы ( $\sigma < 3,3$ ). Эта плотностная неоднородность в свою очередь усложняет общее строение региона до глубин 300 км. Так величины  $\sigma$  ( $г/см^3$ ) по Тунгусской синеклизе для уровня компенсации 100, 200 и 300 км составляют соответственно 3,31-3,35; 3,35-3,39; 3,41-3,45. Оценка средних скоростей продольных волн ( $v_r^M$  км/с) лежит в интервале 8,1-8,6, что тоже выше средних значений. Регистрация плотностных неоднородностей прослеживается до глубин 300 км, что тоже говорит в пользу напряженной геодинамической обстановки в данном регионе.

Нижеприводимые сведения о магматизме не являются полными и взяты лишь те из них, которые лежат в русле фактов подтверждаю-



щих геолого-геофизическую выделенность региона. Магматическая активность региона профилирует не только вещественный состав, но и региональное структурообразование. Отметим, что согласно геодинамическим принципам, именно магматизм наиболее концентрированно выражает фокусировку энерговывделений планетарного масштаба. Энергостокковые процессы, определяющие характер массо- и энергопереноса, реализуют здесь "критические" количества энергии интенсивным периодическим магматизмом основного состава подвижного, слабо дифференцированного /91/.

Рассматривая снятие давления в качестве причины образования расплавов, надо постулировать работу этого механизма на большой площади, имеющей высокотемпературный градиент по глубине. Возможен и другой механизм радиального развития магматических процессов, которые сопровождаются трансформацией нетепловых форм энергии в тепловую.

Район развития Тунгусского феномена является местом аккумуляции и использования больших количеств внутрипланетарных энергий как тектонофизического так и электромагнитного характера. Периодичность функционирования энергостокковой зоны Сибирской платформы, протоколируемая широким пространственно-временным развитием трапшов, можно трактовать в виде особой геодинамической точки выявления "магматогенной короны Земли" /90/. Эта трактовка корональной активности Солнца в качестве "магматизма" является полезным предположением, ибо оно связывает энергостокковые процессы в общесистемную структуру, которая стимулирует развитие процессов на Солнце и Земле в организменной сцепленности.

В данном случае можно предполагать, что ряд общепланетарных процессов на Земле в соответствии с космическими ритмами могут стимулироваться как по эндогенному контуру (за счет внутренних энергоресурсов планеты), так и по экзогенному контуру (например, привнесение солнечной энергии). Кроме того, термодинамический анализ миграции химических элементов вскрывает необходимость регулярной подкачки энергии в лито- и атмосферу по экзо- и эндогенным контурам, но уже в непрерывном режиме. Причем в этом случае приток солнечной энергии в геохимических преобразованиях вещества и структур может аккумулироваться и при этом играть роль не только источника энергии, но и выступать в качестве "управляющих элементов" при регуляции энергоинформационных перетоков в биосферных системах /17,34/.

Интересен также факт, что место куликовского вывала леса совпадает с вулканическим аппаратом раннетриадового палеовулкана, приходящегося почти на центр Катангской области повышенных значений аномалий силы тяжести. Наличие плотностных неоднородностей, вплоть до больших глубин, в свою очередь, утверждает высокую вероятность возникновения разнообразных геодинамических энергоемких процессов, требующих целого комплекса геолого-геофизических условий. На наш взгляд, нет недостатка в фактах, подтверждающих наличие этого комплекса в районе взрыва.

### 3.3. Геоэффективность Тунгусского феномена

Собранные к настоящему времени многочисленные и разнообразные сведения содержат немало данных, относящихся к оценке геоэффективности Тунгусского взрыва, а также предшествующих и последующих явлений. Интересен в этом аспекте и все более полно освещаемый факт выделенности 1908г. в отношении его высокой "болидной активности" /5,79/. Естественное желание объяснить Тунгусское явление "одним из болидов" понятно, но не ясно, к сожалению, вопрос о достоверности именно болидной активности. Ведь может оказаться, что изобилие необычных атмосферных и близкосферических явлений в 1908г. обязано нескольким видам аномалий с общей неизвестной причиной возникновения. Если допустить, что часть аномалий вызвана причинами внешнего характера (вторжение диспергированного материала или плазмы), то естественным будет и предположение о геофизической реакции на внешнее воздействие.

Кроме того, в работе с совокупностью исходных данных оказывается трудно преодолеть соблазн отсортировать эти данные на "имеющие отношение к делу и не имеющие". Наблюдая за попытками такого рода, нетрудно убедиться, что "относящиеся к делу" это те данные, которые лежат в русле создаваемой модели. Модель, как магнит, фракционирует исходные сообщения, обогащая выдвигаемые предположения, но обедняя именно масштабное во времени и пространстве и комплексное по составу явление на Тунгуске. Поэтому в своей работе над материалами по проблеме авторы руководствовались такими положениями:

а) феномен подобного вида может характеризоваться как орди-

нарным перечнем признаков (типа светлых зорь, серебристых облаков и др.) так и списком уникальных или редких признаков (типа "черный квадрат", "небо расколосось" и пр.);

б) можно ожидать, что процесс был длительным по подготовке и последствию, так что многие разрозненные в пространстве и времени отдельные сообщения могут характеризовать один сложный процесс;

в) наряду с явными фактами внешнего воздействия на Северное полушарие факторов космического генезиса, часть явлений и фактов можно трактовать как геофизическую реакцию на внешнюю инъекцию вещества и энергии /82/.

Именно с учетом указанных пунктов мы и подходим к освещению вопроса о геофизической эффективности Тунгусского феномена. Безусловно, что мы еще далеки от полного перечня данных об основных и сопровождающих явлениях, но все же имеющийся материал, обработанный ранее и в более позднее время вполне пригоден для анализа геоэффективности феномена.

В целом совокупность явлений можно подразделить по временному признаку:

- предшествующие	} Набор фактов связанных в пространстве (Северное полушарие) и времени (21.06-10.07, 1908г.).
- одновременные	
- последующие	

Предшествующие и последующие оптические аномалии связанные (прямо и косвенно) с Тунгусским взрывом довольно подробно изложены в работах и в отдельных статьях последующих лет /45,79/. Несмотря на широкую освещенность этого вопроса, все же конкретные причины и механизмы как отдельных аномалий, так и их совокупностей не вскрыты. Так, например, аномалии сумерек, уверенно зарегистрированные с 21 июня (Монтануазон) до 16 июля (Тирасполь), не нашли объяснения вне концепции о кометной природе Тунгусского метеорита, а время оптических аномалий объяснено процессами ионизации, связанными "с движением роя частиц надмолекулярного размера в верхних слоях атмосферы" /79/.

В целом же комплекс оптических аномалий представлен:

- 1) яркие зори<sup>I</sup>;
- 2) развитие серебристых облаков;
- 3) интенсивное свечение ночного неба;
- 4) вариации поляризационных свойств дневного неба;
- 5) венцы и гало в июле;
- 6) появление Бишопова кольца;
- 7) помутнение атмосферы в Европе.

Все эти явления локализовались на громадной территории от Енисея до Атлантики и могут иметь самое разнообразное происхождение, например вулканическое. Но в данном случае обращает на себя внимание пространственно-временная сцепленность этих явлений, кратковременность и внезапность появления и исчезновения. Эти доводы говорят в пользу глубокой и глобальной причины появления этого комплекса аномалий вызванных, вероятнее всего, внешнепланетарными причинами. Как и в случае Тунгусского взрыва, аномальный комплекс оптических явлений не вмещается в разрозненные модели возникновения отдельных компонент комплекса. Следует напомнить тот факт, что в зарегистрированном временном интервале на территории Сибири и Европы наблюдались аномальные явления типа необычных сумерек и серебристых облаков (см. рис.1). Взаимосвязи этих аномалий друг с другом и другими типами обсуждаются в работе Н.В.Васильева и др. /79/.

Рассматривая совокупность сообщений, относящихся к геофизическому реагированию на кульминационный момент ("куликовский вывал"), можно их подразделить на барические, сейсмические и геомагнитные.

Достоверно, что взрыв утром 30 июня 1908г. вызвал воздушную волну, сейсмические волны и локальное геомагнитное возмущение. Исследователи барических и сейсмических возмущений /7,84,128/ довольно тщательно проанализировали большое количество данных по станциям, расположенным в основном в Северном полушарии

I

Возникновение зари связывается с инъекцией электронов вдоль силовых линий магнитного поля Земли /126/.

(Иена, Ташкент, Тбилиси, Иркутск). Эти данные легли в основу вычислений, для установления точного времени взрыва и его энергии /51,60/. Что касается геомагнитного возмущения, зарегистрированного геомагнитной станцией в Иркутске (с внезапным началом в 0 ч 19,5 мин. по среднему Гринвическому времени), то этот вопрос не столь досконально исследован как баросейсмические возмущения.

Действительно, обнаруженное Иркутской обсерваторией (ст. Патрони) в 1960г. магнитное возмущение, осталось уникальным. Из имевшихся в то время станций ни одна из запрошенных не зарегистрировала геомагнитную бурю, которая по магнитограмме в Иркутске длилась около пяти часов. Ряд авторов изучавших магнитограмму возмущения отмечали ее сходство с возмущением магнитного поля при ядерных взрывах<sup>1</sup>, а именно: локальность возмущения, характер начала, общий ход возмущения. Но имеются и существенные различия: по амплитуде, характеру кривых и длительности возмущения (длительность возмущения на магнитограмме в Иркутске в 4-6 раз больше чем при ядерных взрывах) /60/.

Касаясь наблюдательных различий между взрывом на Тунгуске 1908г. и термоядерными взрывами на больших высотах и в атмосфере, следует учесть специфику оптических и динамических процессов. Обращает на себя внимание довольно длительное фиолетовое свечение близ верхней части радиоактивного облака и наличие красноватой светящейся сферн несколько минут после взрыва /126, стр.52,56/.

Естественно, что для объяснения данного типа геомагнитного возмущения выдвигались и выдвигаются ряд предположений о механизме возникновения возмущения. Эти механизмы можно свести к трем моделям: а) повышение уровня ионизации в ионосфере вторжением ионизирующих компонентов (кометного хвоста /55,79/, плазма от метеоритного взрыва /80/, ионизирующее излучение ускоренных частиц вдоль силовых линий магнитного поля Земли /59,60/; б) термическая ионизация ионосферы ударной волной взрыва /48,51/; в) образование токовой системы ударной волной взрыва /59,60/.

Мы не считаем уместным ревизовать имеющиеся предположения

<sup>1</sup> Некоторые детали физики процессов Тунгусского и ядерного взрывов рассматриваются в главе IV.

по степени их правдоподобности, поскольку каждое из них может внести положительный вклад в общую картину явления. Поиски изолированной картины возникновения геомагнитного возмущения вряд ли дадут нужный охват процессов геофизической реакции на вторжение плазменного образования извне.

Полученные оценки магнитного возмущения от токовой системы, возникающие под действием ударной волны в ионосфере, имеют сходство с наблюдаемыми величинами, но при этом остается открытым вопрос о длительности возмущения. Очевидно также и твердо установленное положение о том, что ударные волны от мощных ядерных наземных и космических взрывов не вызывают длительных геомагнитных возмущений /32,39,42/. Рассматривая далее сейсмические и геомагнитные возмущения во взаимном влиянии в фактах, подчеркнем, что как световая гамма, так и основное разнообразие форм светящихся образований, непосредственно предшествовавших взрыву, во многом совпадают с феноменологией электромагнитных предвестников землетрясений. Особенно это касается описаний очевидцев по полосовым и пламенеvidным светящимся объектам. Эти формы (по Генеральному каталогу 1981г.) составляют 43,3 % от общего разнообразия наблюдавшихся форм (см. табл.13). Этот факт следует отметить особо, как довод в пользу комплексной геофизической реакции на локализацию в данном месте и времени большого количества энергосодержащей и активной массы. Электромагнитно-сейсмическое выражение Тунгусского взрыва, видимо, подготавливалось локализацией геофизической активности данного региона - Восточно-Сибирской аномалии - путем отрыва аномалии на инжектируемое из космоса энергоактивное тело плазменного типа.

Отсутствие удовлетворительной модели происхождения геомагнитного возмущения, зарегистрированного станцией в Иркутске, при наличии большого числа правдоподобных предположений способствует созданию новых предпосылок и предположений. Отметим, что существующие выводы и предположения исходят из имеющихся общих взглядов, основанных на механических моделях движения вторгающихся извне разнообразных космических тел. Эти взгляды вполне уместны для объяснения динамики вторжения твердотельных монолитных или диспергированных объектов. Однако если увеличить разнообразие "падающих тел" до включения в их состав плазменных образований, то сразу возникают дополнительные условия для характеристики их вторжения.

### 3.4. Возможность локальных геофизических реакций

Рассматривая общую совокупность обсерваторных данных о геомагнитной обстановке за 1908г. (табл.26), взятых из каталога /28/, можно говорить о спокойном геомагнитном режиме. Последовательность станций, построенная по убыванию широтных координат  $\varphi_0$ , вынесена (рис.15) на ось X. По оси Y отложены значения

Таблица 26

Геомагнитные параметры за 1908 год									
№ п/п	Станция	Z	X	Y	T	D	I	H	Координаты (градус, мин.)
1	Хольштейн-Сборг-2	56058	3988	-7334	56676	-61°28'.0	81°31'.8	8348	66 56 С; 306 19 В
2	Воейково	47018	16420	378	49604	1°19.1	70 44.7	16424	59 57 С; 30 42 В
3	Осло	0	16087	-3115	0	-10 57.6	0 00.0	16386	59 55 С; 10 43 В
4	Ситка	56504	13476	7609	58611	30 05.5	74 35.4	15575	57 03 С; 224 41 В
5	Высокая Дурова	50195	17307	3667	53236	12 35.6	70 32.5	17734	56 44 С; 61 04 В
6	Руде-Сков	44694	17155	-2930	47963	-9 41.5	66 43.5	17403	55 51 С; 12 27 В
7	Эскдальмыльр	42283	15947	-5353	48306	-18°33.3	69 37.4	16821	55 19 С; 356 48 В
8	Тонкшерст	44770	16600	-5289	48000	-17 40.4	68 44.2	17435	53 51 С; 357 32 В
9	Виттевен	43580	17833	-3996	47257	-12 37.8	67 15.0	18275(9)	52 49 С; 6 40 В
10	Вингст	43916	17764	-3537	47505	-11 15.7	67 35.2	18113	53 45 С; 9 04 В
11	Пагронн	56137	19987	627	59592	1 47.8	70 23.6	19997	52 10 С; 104 27 В
12	Нимег	42807	18709	-3112	46875	-9 26.6	66 08.0	18966	52 04 С; 12 41 В
13	Валенсия	44840	16691	-6383	48270	-20 55.7	68 16.3	17870	51 56 С; 349 45 В
14	Укьяе	42867	18526	-4486	46914	-13 36.7	66 01.6	19061	50 48 С; 4 22 В
15	Фальмут	43279	17887	-5781	47185	-17 54.7	66 31.4	18798	50 09 С; 354 55 В
16	Харленд	43478	16682	-5705	47281	-17 52.9	66 51.7	18579(16)	51 00 С; 17 02 В
17	Мюнхен	40739	20336	3508	45667	-9 47.3	63 06.1	20636	48 09 С; 11 37 В
18	Шамблэ-Форе	41553	19485	-4929	46159	-14 11.8	64 11.2	20099(18)	48 01 С; 2 16 В
19	О'гьяла	40550	20977	-2512	45724	-6 49.7	62 28.8	21127	47 53 С; 18 12 В
20	Одесса	41563	21708	-1477	46914	-3 53.5	62 22.1	21758	46 26 С; 30 46 В
21	Пола	38737	21913	-3344	44631	-8 40.6	60 13.2	22167	44 52 С; 13 51 В
22	Ажикур	59290	16235	-1682	61496	-5 55.0	74 36.5	16322	43 47 С; 280 44 В
23	Душети Тондиси	36065	24897	1336	45521	3 04.3	56 47.3	24933	43 47 С; 44 42 В
24	Каподимонте	36102	23889	-3558	43436	-8 28.3	56 13.0	24153	40 52 С; 14 15 В
25	Комбра	38120	21970	-6621	44493	-16 46.2	58 57.3	22945	40 13 С; 351 35 В
26	Балдвин	55910	21445	3224	59968	8 33.0	68 48.0	21686	38 47 С; 264 50 В
29	Фредериксберг	55916	20296	-1678	59510	-4 46.9	69 59.2	20367	38 12 С; 282 38 В
30	Афины	33613	26102	-2230	42616	-4 53.0	52 04.1	26197	37 56 С; 25 43 В
29	Сан-Фернандо	35130	23934	-6605	43019	-15 25.6	54 44.9	24629	36 28 С; 353 48 В
30	Каккока	34876	29625	-2604	45837	-5 01.4	49 32.7	29739	36 14 С; 140 11 В
31	Цо-Зе	33919	33046	-1609	47803	-2 47.4	45 42.8	33085	31 06 С; 121 11 В
32	Дехрадуи	31719	33227	1516	46010	2 36.7	43 42.2	33262	30 19 С; 78 03 В
33	Масалаг	25418	30140	-1579	39458	-2 59.9	40 06.2	30181	29 31 С; 30 54 В
34	Бараккур	22039	37291	712	43322	1 05.6	30 34.6	37298(34)	22 47 С; 88 22 В
35	Ау-Нау	22428	37206	-64	43443	-0 05.9	31 04.9	37206	22 27 С; 114 03 В
36	Гондуду	23743	28744	5303	37657	10 27.2	39 05.2	29229	21 19 С; 202 00 В
37	Таунгу	16479	38761	381	42120	0 34.2	23 01.9	38763	18 56 С; 96 27 В
38	Альбат	15837	36757	665	40029	1 02.2	23 18.3	36763	18 38 С; 72 52 В
39	Сан-Хуан	34646	29227	-768	45334	-1 30.3	49 50.4	29237	18 07 С; 293 81 В

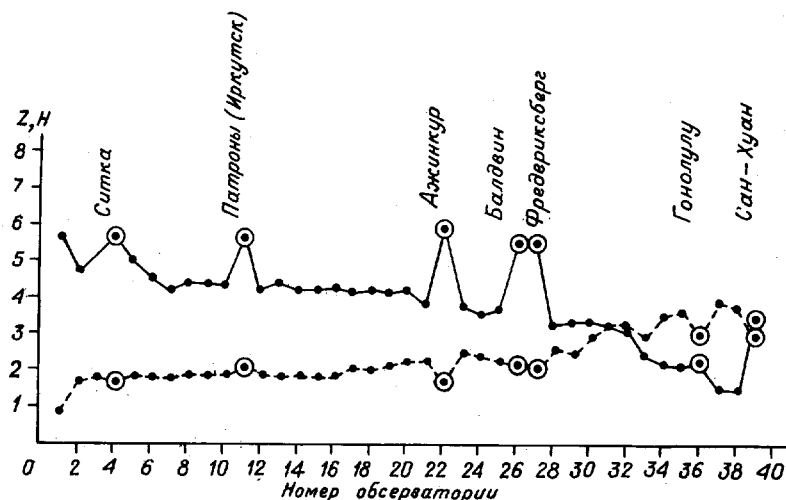


Рис.15. График показаний Z и H эпохи 1908г. по 39 станциям Северного полушария

вертикальной (Z) и горизонтальной (H) составляющих магнитного поля Земли. Естественное убывание Z к экватору (а H к полюсу) для ряда станций выпадает из общей закономерности. Особенно высокие значения Z отмечены для обсерваторий: Патроны, Ажикур, Балдвин, Фредериксберг и Сан-Хуан. Эти же станции убывают из обычной последовательности и по данным магнитного склонения (i) (рис.16). Отметим, что "магниточувствительной" станцией к Тунгусскому феномену оказалась Патроны (Иркутск). Это естественно и по ее локализации относительно эпицентра взрыва. Однако полагая, что Тунгусский феномен разворачивался в режиме магнитосопряженного процесса, о чем свидетельствовало интенсивное полярное сияние в Антарктиде<sup>I</sup>, мы вправе ожидать, что еще ряд станций, лежащих на магнитных меридианах вертикальной составляющей Западного полушария (особенно высоких широт) могли зарегистрировать геомаг-

<sup>I</sup> Запись о полярном сиянии 30 июня 1908г. в Антарктиде обнаружена Н.В.Васильевым при изучении дневника Э.Шеклтона (устное сообщение).

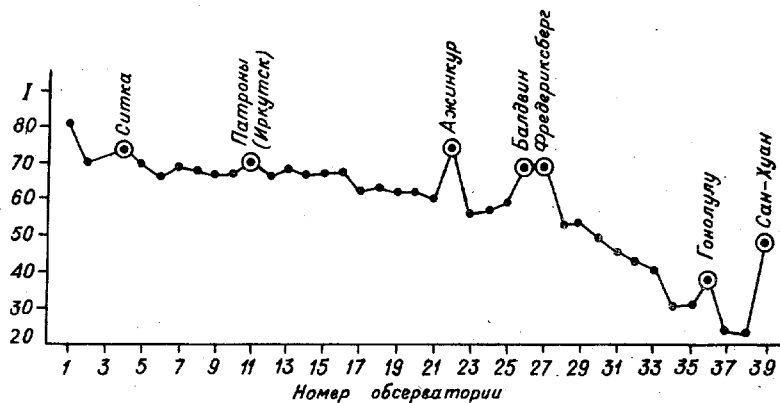


Рис.16. График распределения значений наклоения ( $i$ ) для эпохи 1908г.

нитное возмущение, обнаруженное по данным Иркутска (ст.Патроны). Для поиска таких станций в полярных координатах построена схема размещения (рис.17) обсерваторий мира, работавших в 1908г. На эту схему вынесены точки макс значений  $Z$  для Северного полушария и приведены магнитные меридианы вертикальной составляющей для эпохи 1950г. Оказалось, что вовсе не следовало для характера убывания  $Z$  с широтой, станции с аномально высокими значениями  $Z$  протягиваются далеко на юг (например, для Сан-Хуан  $\varphi = 18^{\circ}07' \text{ C}$ ). В связи с характером вторжения и возможной магнитосферной реакцией именно эти станции могут, дополнительно к данным по ст.Патроны, зарегистрировать возмущение магнитного поля. Наиболее приемлемыми станциями для поиска дополнительных регистраций являются Ажинкур, Балдвин, Ситка, Сан-Хуан.

Рассматривая локальную геофизическую специфику отдельных районов, следует отметить факт максимизации геомагнитного индекса ( $C_{int}$ ) для обсерватории Подкаменная Тунгуска, во время прохождения геомагнитных бурь. Для этой станции характерно высокое значение вертикальной компоненты геомагнитного поля ( $Z = 59192$ , эпохи 1972г.) и низкие значения горизонтальной составляющей ( $H = 12396$ ). В ряду других станций данной широты Подкаменная Тунгуска приближена к центральному району Восточно-Сибирской мировой

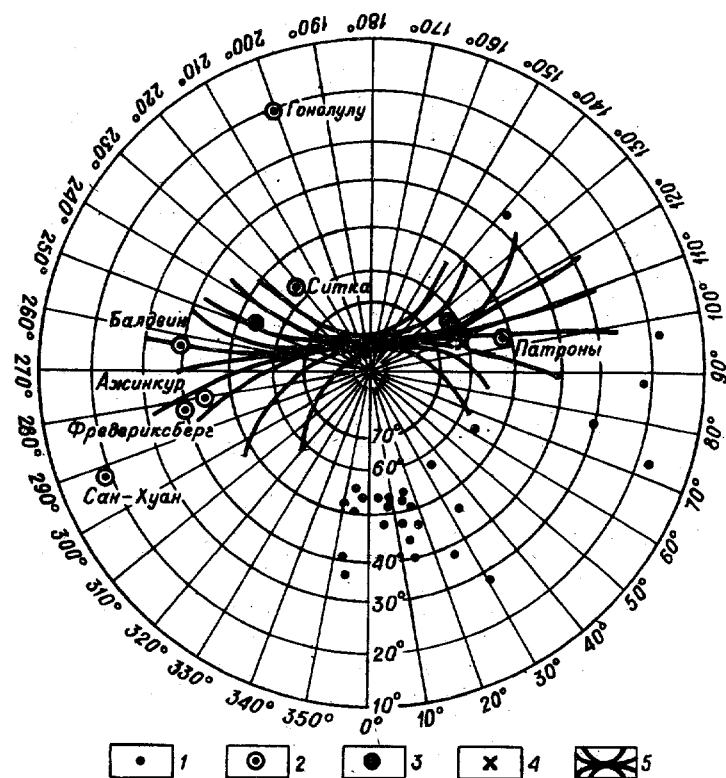


Рис.17. Размещение обсерваторий Северного полушария в 1908г. ( $n = 39$ ):

1 - станции основной последовательности, 2 - станции, регистрирующие аномально высокие значения  $Z$  (низкие  $H$ ), 3 - точки максимальных интенсивностей  $Z$  для Северного полушария, 4 - место Тунгусского взрыва, 5 - магнитные меридианы эпохи 1950г.

магнитной аномалии и таким образом естественна ее чувствительность к вариации  $Z$  и максимизации  $C_{int}$  по Северному полушарию. Было бы крайне важным в научном отношении осуществить обсерваторные исследования геомагнитного режима в центре Восточно-Сибирской аномалии, которая даст существенный вклад в характер общего

полю Земли. Именно в связи с поиском специфических в геолого-геофизическом отношении районов и выяснения функциональной роли этой аномалии необходимо осуществить комплексное геофизическое профилирование региона Восточно-Сибирской мировой аномалии, особенно в ее юго-западной части. Результаты этого профилирования могли бы иметь важное значение не только для прикладной и теоретической геофизики, но и для решения вопросов физики солнечно-земных взаимодействий /I,34,47,II7/.

Наш подход в попытке объяснить локальность геомагнитного возмущения в регионе прохождения основных процессов Тунгусского феномена связан с учетом следующих возможных предпосылок: 1) существования короткопериодных электромагнитных процессов /IQ2/; 2) существования геолого-геофизической специфики отдельных районов Земли; 3) вторжения в магнитосферу Земли плазменных образований солярного генезиса; 4) активной геофизической реакции на это вторжение магнитосферными флуктуациями локального характера.

Как следует из материала, изложенного в данной главе, Тунгусскому взрыву предшествовала "скрытая" фаза развития, сказавшаяся в интенсивном проявлении атмосферных аномалий Северного полушария. Естественно предполагать, что большая часть этих явлений обязана активным электропроцессам верхней атмосферы и нижней ионосферы. Нарастание аномалий к моменту взрыва в определенном месте и в определенное время может также свидетельствовать о проникновении и аккумуляции межпланетного электрического поля внутрь магнитосферы Земли. Возможное нарушение идеальной проводимости в области магнитопаузы будет способствовать взаимной диффузии межпланетных и геомагнитных полей, что, в свою очередь, приведет к возможности вертикальных перетоков электростатических потенциалов вплоть до верхних слоев ионосферы. В данном случае следует предполагать возникновение своеобразных "электростатических стоковых колонн", функциональное значение которых можно объяснить процессом энергетического перераспределения в масштабах планетарных полей. Продолжая анализ процессов этого порядка, необходимо учесть геолого-геофизическую выделенность ряда районов суши в отношении их способностей локализации необычных электромагнитных возмущений, снизившихся вплоть до ионосферы. Так, например, Х.Порач и А.Дзивонский /I43/, исследуя вариации в геомагнитных аномалиях, отметили, что высокопроводящие

слой пород в окружении низкопроводящих могут отзываться кратковременными аномалиями на общие геомагнитные возмущения. Эта геофизическая реакция электроструктур Земли /58,74,75,I42/ на общепланетную геомагнитную обстановку может быть очень эффективной и острой в случае крупных внешних вторжений и осложненных процессов в магнитосфере.

### 3.5. Тунгусский взрыв и высотные ядерные взрывы

Техногенные воздействия, сопровождающиеся отчетливыми геофизическими реакциями, мы рассмотрим в рамках процессов взрывного характера. Этот выбор вполне естественен в связи с взрывным характером Тунгусского падения. Наибольший интерес для рассматриваемого вопроса имеют ядерные взрывы и направленные взрывы химико-молекулярного характера. Прежде всего следует отметить широкое разнообразие геофизических реакций в зависимости от типа и мощности взрывного устройства. Как следует из природы самого явления, наиболее четкие и обширные геофизические реакции регистрируются (но не всегда удовлетворительно объясняются) для высотных взрывов крупных зарядов.

В этом отношении весьма показательной картиной является регистрация геомагнитных реакций на ядерные взрывы и Тунгусский взрыв. При рассмотрении показателей техногенного и природного взрывов обращает на себя внимание элемент запаздывания фаз и длительность возмущений возникающих как геомагнитный отклик (табл.27). Общая длительность геомагнитного возмущения Тунгусского взрыва значительно превосходит длительности возмущений от ядерных взрывов. Вряд ли это можно объяснить лишь мощностью взрывов (I:43). Ведь кроме мощности, существенной для геофизического отклика, является высота взрыва. Тунгусский взрыв произошел в приземной атмосфере и вся физика этого процесса профилировалась условиями "внутриатмосферных" реакционных механизмов, которые отличаются от ионосферных взрывов. Видимо, здесь следует учитывать комплекс условий, охватывающих как природу взрыва (о чем подробно говорится в последующей главе), его высоту, так и геолого-геофизические условия региона.

Прослеживая ядерный взрыв, подобный Тунгусскому, имеет смысл



Таблица 27

Развитие во времени геомагнитных возмущений Тунгусского и техногенного взрывов

Дата взрыва (год)	Характер взрыва (Мг)	Тропадный эквивалент (Мг)	Высота (км)	Время запаздывания (мин.)		Общая длительность возмущения (мин)	Литературный источник
				Первая фаза	Главная фаза		
30.06.1908	Природный	~43	6	6,6±1	8,9±1	до 300	/60/
28.04.1958	Техногенный	≥ 1 (?)	18	4,4-11*	6-16*	до 40	/39/
01.08.1958	ный	~ 1	60	0	7±2	60	/31,39/
Обобщенные данные		I - 10	10-64	Релаксация им-пульса гамма-излучения	Время релаксации импульса им-пульса	Время полной релаксации	
				$1,6 \cdot 10^{-2}$	2	180	

\* Регистрations на разных станциях.

рассмотреть некоторую феноменологию в оптическом диапазоне. С нашей точки зрения особую важность имеют серии высотных взрывов: "Тэк", "Аргус", "Орендж" /31,57/. Так, например, один из взрывов ("Тэк" /31/) сопровождался появлением хорошо наблюдаемой сферы красноватого оттенка и диаметром около 1000 км. Эта сфера полностью окружила огненный шар взрыва и наглядно проиллюстрировала геофизическую реакцию в ионосферных слоях. Попадание избыточного количества в ионосферу свободных электронов приводит к локальной модификации свойств ионосферы, что регистрируется затуханием радиосигналов на большой площади в течение нескольких часов. Кстати, о помехах в радиодиапазоне для Тунгусского взрыва имеется сообщение по Европе 1 июля 1908г. /79/.

Возникновение зорь вблизи и на большом расстоянии от взрыва (наблюдение в Алии после взрывов "Тэк" и "Орендж" на о.Джонстон) обусловлено перемещением заряженных частиц по спирали вдоль силовых линий дипольного максимума и их выявлению в магнитосопреженных точках. Высотные взрывы типа "Аргус" возбуждают сильные магнитогидродинамические волны в геомагнитном поле, которые в свою очередь порождают геомагнитные возмущения. Имеются теоретические оценки /126/ появления геомагнитных возмущений при помещении мощного ионизирующего источника за пределами магнитосферы Земли.

Имеющиеся разрозненные предположения о Тунгусском феномене, как разновидности подземного "вулканического взрыва", на наш взгляд, заслуживают обсуждения, несмотря на их странность. Общеизвестные факты обнаружения "природных урановых котлов" (например, в Африке) можно расширить до возможности возникновения "аварийной ситуации". "Разгон" природного реактора может создать угрозу подземного ядерного взрыва. Эта модель имеет не нулевую вероятность в длительной геологической истории, особенно в областях с геолого-геофизической спецификой типа рифтовых зон, в местах, где могут возникать участки, обогащенные ураном. В этом отношении, для проверки предположения о подземном природном ядерном взрыве, обратимся к особенностям экспериментальных подземных ядерных зарядов.

Отмечено в частности, что с увеличением камеры взрыва ядерного заряда убывает сейсмический эффект и возрастает сигнал электромагнитных наводок /126/. Рассмотрение связи сейсмических

явлений с электромагнитными наводками при ядерных взрывах показывает сопряженность этих эффектов. При ядерных взрывах на больших глубинах может быть частичный прорыв продуктов взрывов или вовсе не происходит выброса. Предположение о глубинном природном ядерном взрыве 30 июня 1908г. наталкивается на серьезное сопротивление имеющихся фактов и описаний явления многочисленными очевидцами. Так "взметнувшийся вверх столб дыма и огня" последовал после регистраций разнообразных светящихся образований двигавшихся (на протяжении 2-3 минут) в сторону предстоящего взрыва. Последующие детальные и многолетние исследования территории куликовского вывала не вскрыли следов прорыва глубинного вещества на поверхность, что происходит при подземных ядерных взрывах.

Заключая краткое рассмотрение предположений о "вулканическом взрыве", имеет смысл высказать следующее. Возможный "разгон" природного реактора, по всей видимости, имеет не нулевую вероятность. Природные взрывы "ядерного заряда" на глубинах могут сопровождаться своеобразным пробоем перекрывающих пород, наподобие кимберлитовых трубок взрыва. Например, в Южной Африке районы развития кимберлитовых трубок соближены с районами крупных урановых месторождений. Если учесть всю сумму вещественных, плотностных и энергетических неоднородностей ряда районов, то предположение о природных подземных ядерных взрывах (со всеми последствиями) имеет право на существование.

Возвращаясь снова к проблеме геофизической реакции на техногенные ядерные высотные взрывы, следует отметить имеющиеся указания /ЗІ,126/ на то, что при крупных ядерных взрывах развиваются свечения типа полярных сияний как в районах взрыва (независимо от широты), так и в магнитосопряженных точках. Причем, зачастую отмечаемые красноватые свечения вызваны присутствием лития (резонансная линия  $\lambda = 6708 \text{ \AA}$ ) /II9/. Также широко известны геофизические реакции на вспышечную активность Солнца. В последнее время появляется все больше сообщений о реакции приборов и технических сооружений на эту активность. Так, мощные вспышки вызывают нарушение теле- и радиопередач, снижение качества телефонной связи и др. Техническая восприимчивость к солнечной активности указывает на возможный более широкий класс геолого- и геофизических реакций. Это подтверждается рядом фактов и физико-химического порядка. Например, зарегистрирован факт об усилении

электрохимической коррозии нефте- и газопроводов при геомагнитных возмущениях индуцированных Солнцем /I05/. Как специальные технические устройства, так и особые геолого-геофизические районы, могут избирательно реагировать на тот или иной вид космических воздействий. Ведь даже локализация полярных сияний является весьма специфичной и зависит от геолого-геофизических условий как высоких, так и низких широт.

\*\*\*

В связи с возможным разнообразием внешних воздействий (широкий перечень солнечных и космических факторов) можно полагать, что некоторые районы представляют собой своеобразные реагирующие геологические образования в процессах взаимосвязи эндо- и экзогенных сил Земли. Поэтому, рассматривая суммарную геоэффективность Тунгусского феномена на фоне общей активности 1908г. (в плане наличия аномальных явлений), можно говорить об особых "точках времени" на эволюционной траектории Земли, в которых осуществляются редко встречающиеся процессы глобального, регионального, локального уровней. Возможно, что такие процессы реализуют механизм связи в энергоперетоках в Солнечной системе. Являясь своеобразным исключением из общего потока обычных событий, такие процессы могут иметь отношение к регуляторному механизму эволюции Земли.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТУНГУССКОГО ВЗРЫВА

В данной главе целесообразно затронуть общие вопросы. Материал, полученный из свидетельств многочисленных очевидцев и геофизических реакций на "космического пришельца", дает возможность построения новой концепции. О некоторых особенностях ее мы говорили выше. Однако прежде чем ознакомить читателя с окончательными в данной работе результатами и расчетными оценками, уместно дать краткий анализ предшествующих гипотез и методов. Действительно, комплексность исследуемого феномена оказалась настолько емкой и выходящей за рамки болюдно-кометных моделей, что вопросы методологии оказались насущными уже на первых исследовательских шагах послевоенного периода.

Совокупность фактического материала, обобщений и ряда предположений, изложенных в предыдущих главах, с той или иной степенью необходимости привлекаются для конструирования модели, или как основополагающие сведения, где требуется учет свойств либо самого феномена, либо сопутствующих ему явлений. Здесь в наиболее строгой форме, доступной авторам, дан ответ всем, кто "обоснованно" или "предположительно" пишет и говорит о магнитных взрывах, шаровых молниях, плазменных сгустках, электропробое атмосферы, черных дырах и др. Основной же целью является анализ и конструирование модели Тунгусского феномена как популяции плазменных образований.

## 4.1. Методы предыдущих моделей

В довоенный период исследования Тунгусского феномена ограничивались поисками вещественных остатков космического тела. Ряд ценных наблюдений, относящихся к общей картине разрушений, были сделаны попутно. Лишь неудачи поисков метеоритных осколков вынудили обратить внимание на сложный характер феномена и сформулировать задачу комплексного исследования всех доступных следов и эффектов как основную цель нового этапа изучения феномена [18,20,21/.

Однако естественный ход логики научного исследования был

нарушен в силу ряда причин. Обычная схема – накопление эмпирического материала, его обработка, построение гипотез, моделирование, прогноз и корреляция полевых и архивных исследований на основе полученных результатов – реализовалось лишь частично, преимущественно при изучении механических следов катастрофы. Обработка всех данных, касающихся интересующего явления и реставрация феномена в целом, оказались слишком сложной задачей. Это выяснилось лишь в результате длительных полевых, камеральных и теоретических исследований.

Первоначально господствовало мнение, что создание теории явления в целом – задача относительно несложная [115,116/. Однако единственная попытка ее решения была предпринята Г.М.Идлисом и З.В.Карягиной [55/. Уверенность в относительной простоте физической природы явления, которую разделяли эти авторы, не способствовала критическому и детальному анализу даже тех данных, которые имелись в 1961 году. Многие же принципиально важные результаты в то время еще не были получены. В результате расчеты Г.М. Идлиса и З.В.Карягиной оказались некорректными и в настоящее время представляют в основном лишь исторический интерес. После острой критики этой работы В.Г.Фастом и др. [112/ аналогичных работ больше не появлялось; по-видимому, потому, что стала ясной сложность создания количественной теории феномена в целом, даже на полуквантовом уровне.

Комплексное количественное описание феномена сделано в диссертации и монографии А.В.Золотова [44/. Автор исходил из метода, во многом противоположного тому, на котором основывалось объяснение феномена, предложенное В.Г.Фесенковым, Г.М.Идлисом и З.В.Карягиной, а затем К.П.Станюковичем и В.П.Шалимовым и другими. Кометная гипотеза В.Г.Фесенкова исходила из постулата, что явление связано с вторжением в атмосферу известного в астрономии объекта – ядра кометы и, что следствия этого события не включают принципиально новых геофизических и тем более физических явлений. Методологическая позиция А.В.Золотова состояла в том, что причинно-следственные связи феномена неочевидны и явление могло включать маловероятные или техногенные события. Им выстроена схема: от следов – к модели (рис.18). В качестве исходного постулата им была принята аналогия Тунгусского феномена с высотным ядерным взрывом. Эта схема иногда обозначалась в литературе как

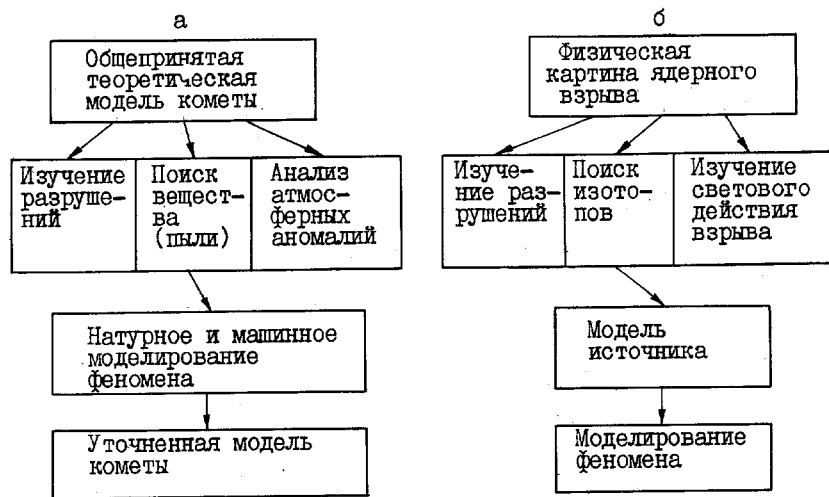


Рис.18. Схемы исследования: а - по В.Г.Фесенкову, Н.В.Васильеву /18,116/; б - по А.В.Золотову /44/

ядерная гипотеза. Методологический подход А.В.Золотова подвергался критике как научно необоснованный, субъективный, а его расчеты иногда квалифицировались как излишне детализированные.

Коллектив исследователей Тунгусского феномена, руководимый Н.В.Васильевым, сделал попытку избежать крайностей описанных методических подходов. Считая основной рабочей гипотезой модернизированный вариант кометной парадигмы (комета, сопровождаемая облаком космической пыли), одновременно проведены исследования, которые с точки зрения этой парадигмы не имели смысла, но были естественными с позиций ядерной гипотезы. Выбор методов исследований отражался как на стратегии исследований, так и на конечных выводах (см. рис.18). Вторым методом оказался более плодотворным: только благодаря ему обнаружены такие "странные" эффекты Тунгусского падения, как биосферные аномалии генетической природы, термомолюминесцентные и радиоактивные аномалии. Изучение причин высокого выхода световой энергии активизировалось в связи с представлениями ядерной гипотезы, а суммарный выход световой энергии не вменялся в рамки кометной модели. Наконец, отсутствие геомаг-

нитного эффекта глобального масштаба, предсказываемого /55,115/ кометной гипотезой, а также значительное сходство обнаруженного регионального геомагнитного эффекта с соответствующим магнитным возмущением после мегатонных ядерных взрывов на умеренных высотах, отсутствие приборных регистраций баллистической волны - эти особенности феномена, установленные в 60-70-х годах, также могут свидетельствовать в пользу ядерной гипотезы.

Однако ядерная гипотеза столкнулась с трудностью объяснения формы области разрушений, определенно указывающей на резкую анизотропию ударной волны в разных направлениях, а также с трудностями описания и интерпретации атмосферно-оптических аномалий. Не удалось подтвердить и сам факт наличия отдельных радиоактивных аномалий.

#### 4.2. Количественные модели феномена

Нами анализируются семь основных моделей феномена (табл.28). Учтено 10 основных параметров, количественные оценки которых проведены с учетом особенностей того или иного подхода. Наиболее часто вычисляемые параметры - высота и энергия взрыва - уже центрируют модели в области предположения, что взрыв тела по существу и составляет основу феномена, а не является его частью, что может следовать из анализа предшествующих и последующих процессов. Очевидна и пестрота этих оценок и их неполнота. Приведем краткое сравнительное резюме по анализируемым моделям.

Как сказано выше, только в статье И.М.Идлеса и Э.В.Карягиной /55/ была сделана попытка дать количественную оценку явления в целом, которое объяснялось ими как падение кометного ядра, входившего в атмосферу со скоростью  $V_0 = 60$  км/с и затормозившегося до скорости не более 20 км/с, но не менее 4 км/с. Вся конечная масса взорвалась и превратилась в пыль. Земная атмосфера захватила полностью хвост кометы, имевший пылевую природу. Плотность пылинок размерами от 0,1 до 0,7 мкм постулируется порядка  $1$  г/см<sup>3</sup>. Масса кометы порядка  $10^9$  кг, откуда кинетическая энергия, преобразованная во взрывную волну  $E_k = \frac{mv^2}{2} = 2 \cdot 10^{23}$  эрг. Исходная масса кометы  $10^{11}$  кг, начальная кинетическая энергия  $E_0 = 10^{25}$  эрг. При столкновении атмосферы Земли с пылинками

Компьютерные данные моделей Тунгусского взрыва

Автор	Скорость (км/с) входные данные	Азимут (градус)	Наклон траек- тории (градус)	Высота взрыва (км)	Размер Ядро ширина	Масса (кг)	Энергия (эрг) началь- ная	Энергия (эрг) взрыв
Илдис, Карягина /55/	60	4-20	-	-	-	$10^9$	$1,1 \cdot 10^{25}$	$2 \cdot 10^{23}$
Золотов /44/	-	1-2	5-17	5-7	600	50-60	-	$(4 \pm 2) \cdot 10^{23}$
Маслов /73/	-	-	-	6,5-11,5	-	-	-	$(0,8-1,0) \cdot 10^{23}$
Бронштейн, Богарина /14/	$26 \pm 4$	-	15	7,5-2,5	-	-	$(1,5 \pm 0,5) \cdot 10^{23}$	$(1,2 \pm 0,3) \cdot 10^{18}$
Коробейников, Тучкин, Мурзалов /63/	-	-	40	6,5	-	-	-	$10^{23}$
Андроненков /4/	-	$105 \pm 5$	40-50	2-4	-	-	-	$5 \cdot 10^{22}$
Цетков, Стулов /87/	40	-	20	-	100-300	-	$10^{24}$	-

хвоста кометы энергия ионизации и энергия возмущения геомагнитного поля составляли в обоих случаях  $10^{-3} E_0$ , т.е.  $2 \cdot 10^{22}$  эрг. Общая энергия, высвеченная над Евразией за трое суток после Тунгусского падения, составляла по грубым оценкам  $10^{23}$  эрг. Масса газов кометы, захваченных атмосферой Земли, оценивалась как  $5 \cdot 10^7$  кг, а общее число инжектированных электронов  $3 \cdot 10^{34}$ .

В.Г.Фесенков /115/ подчеркивал, что столь сильное возмущение электрического состояния высоких слоев атмосферы не могло быть произведено обычным метеоритом, и что геомагнитный эффект указывает на кометную природу феномена.

Основными недостатками работы И.М.Илдиса и З.В.Карягиной, подвергнутой критике в работе В.Г.Фаста и др. /112/, были: произвольные утверждения о высоких начальных и конечных скоростях метеорита, ошибки при расче-

те энергии взрыва, нереальная, не отражающая фактический материал теория геомагнитного эффекта, произвольные допущения при оценках и толковании механизма свечения ночного неба, необоснованная гипотеза о формировании хвоста кометы перед самым столкновением.

Противоположная концепция Тунгусского феномена была предложена А.В.Золотовым /44/. По оценкам А.В.Золотова, общая энергия взрыва  $E = (4 \pm 2) \cdot 10^{23}$  эрг., высота взрыва  $H = 5-7$  км, энергия баллистической волны над областью разрушений  $E_0 = (6 \pm 3) \cdot 10^{20}$  эрг (т.е.  $E_0 / E = 10^{-3}$ ), средняя конечная скорость болида  $1-2$  км/с; протяженность взрыва не более 0,6 км, поперечные эффективные размеры космического тела 50-70 м, максимально возможная длина тела 600 м. Азимут траектории не отличался от первого варианта В.Г.Фаста -  $294 \pm 1^\circ$ , угол наклона  $5-17^\circ$ . Причина взрыва, по А.В.Золотову, - внутренняя энергия взрывчатого превращения. Наиболее вероятная причина геомагнитного возмущения гамма-излучение и других видов ионизирующей радиации, которые облучали ионосферу в момент взрыва и после него. В отличие от работы И.М.Илдиса и З.В.Карягиной, все расчеты А.В.Золотова опирались на анализ карты вывала, полученной в ходе полевых работ 1961-1965 гг.

На основе анализа результатов исследования вывала экспедициями 1959-1960 гг., Е.В.Маслов /73/ оценил энергию эквивалентного взрыва в пределах  $(0,8-10) \cdot 10^{23}$  эрг., а его высоту от 6,5 до 11,5 км. В более поздних работах, опиравшихся на исследование ожога ветвей деревьев, высота взрыва определялась в 4,8 км /40/, 7 км /24/, 5-6 км /95/. Из этих работ следует, что расстояние от поверхности высвечивания до центра источника было существенно меньше 5 км.

Особую группу теоретических работ, посвященных расчету Тунгусского феномена, составляют фундаментальные расчеты К.П.Станюковича, М.А.Цикулина, В.П.Коробейникова и В.А.Бронштейна, выполненные совместно с соавторами /10, 14, 46, 104, 123/. К этой же группе работ примыкают однотипные в методологическом отношении, публикации Г.И.Покровского, Ю.И.Фадеевко, С.С.Григоряна, Б.В.Путяткина, В.Г.Сурдина с соавторами /30, 89, 94, 107, 109/, а также М.М.Мартиника /72/.

Основополагающие представления этих работ сформулированы М.А.Цикулиным следующим образом /123, с.59/: "Связывая разруше-

ние леса с движением в атмосфере Земли космического тела, мы должны, следуя естественной логике явлений, предположить, что эти разрушения произведены ударной волной, образовавшейся около тела, двигавшегося в атмосфере со сверхзвуковой скоростью, присущей космическим телам". Это представление о Тунгусском явлении рассматривалось как наиболее естественное. Анализ реального поля разрушений и восстановленной на ЭВМ картины скоростного напора ударной волны привел к выводу о невозможности объяснить поле аэродинамических сил действием баллистической волны без привлечения той или иной модели взрыва. Авторы упомянутых работ рассматривали образование взрывной волны как результат испарения и дробления ледяного или каменного метеорита.

Был проанализирован физический механизм перехода кинетической энергии в энергию ударной волны и светового излучения при разрушении твердого тела в воздухе для тел кометной и метеоритной природы - железо, силикат, лед.

В монографии М.А.Цикулина /123/ возникновение крыловидной области разрушений с центральной симметрией вывала рассматривается как результат взаимодействия баллистической и взрывной ударных волн, т.е. по схеме А.В.Золотова /44/. Однако отношение избыточных давлений этих волн оказывается значительно выше, чем у А.В.Золотова ( $0,35$  в отличие от  $10^{-3}$ ).

В.А.Бронштэн и А.П.Бояркина /13,14/ получили следующие параметры феномена: вероятная масса  $(1,5 \pm 0,5) \cdot 10^8$  кг, скорость  $26 \pm 4$  км/с, начальная энергия  $E_0 = (5,5 \pm 2,5) \cdot 10^{23}$  эрг., удельная энергия баллистической волны  $(6 \pm 2) \cdot 10^{17}$  эрг/км, которая при "абляционном взрыве" усиливается до  $(1,2 \pm 0,3) \cdot 10^{18}$  эрг/км на высоте  $7,5 \pm 2,5$  км. Угол наклона траектории  $15^\circ$ .

Расчеты В.П.Коробейникова, П.П.Чушкина и Л.В.Шуршалова /62, 63/ привели к несколько иным величинам: удельная энергия баллистической волны  $1,4 \cdot 10^{17}$  эрг/см, сумма энергии взрывной и баллистической волн  $10^{23}$  эрг, высота разрушения болида  $6,5$  км, угол наклона траектории  $40^\circ$ .

Расчетные работы Д.Ф.Анфиногенова /4/, а также Г.И.Петрова и В.П.Стулова /87/ по методологическому подходу также относятся к рассматриваемой группе теоретических исследований, однако их результаты требуют отдельного обсуждения.

Результаты расчета Д.Ф.Анфиногенова /4/, доложенные на XII и

XIII Всесоюзных метеоритных конференциях, опирались на проведенные им полевые исследования тонкой структуры вывала, в том числе в СЗ секторе. Обращалось внимание на своеобразное разрушение в этом секторе, не отмеченное в каталогах вывала - резкое ослабление ударной волны на конце траектории. Чем меньше угол наклона траектории и чем выше скорость тела, тем сильнее должна быть ударная волна в направлении полета. Реальная же картина оказывается обратной. Рассматривая источник ударной волны как участок торможения Тунгусского тела Д.Ф.Анфиногенов получил следующие параметры явления: азимут проекции траектории  $285 \pm 5^\circ$ , угол наклона источника к горизонту  $40-50^\circ$ , высота нижней точки траектории  $2-4$  км, суммарная энергия, перешедшая в ударную волну,  $5 \cdot 10^{22}$  эрг, максимальное выделение энергии - на высоте  $5-7$  км, форма ударной волны - веретенообразная (рис.19).

Г.И.Петров и В.П.Стулов /87/ ставят под сомнение большинство цитированных выше теоретических результатов, доказывающих возможность полного расплывания метеоритного тела в атмосфере. На основе точного решения нового уравнения уноса массы с учетом лучистого теплообмена сделан вывод о том, что полное рассеивание в атмосфере большой начальной кинетической энергии большого тела возможно лишь при его малой плотности. Основные черты Тунгусского явления 30 июня 1908г. воспроизводятся входом тела с плотностью  $0,01$  г/см<sup>3</sup> (или меньше) с последующим испарением и разрушением газового облака. Вывал леса образовался в результате действия ударной волны, которая отделилась от тела вследствие его очень быстрого торможения. Кинетическая энергия тела оценивается как  $10^{24}$  эрг, скорость тела  $40$  км/с, радиус тела  $100-300$  м, угол входа  $20^\circ$ . Полное торможение происходит при проникновении в слой атмосферы, где средняя плотность тела приблизительно равна плотности воздуха. Тем не менее, делается вывод, что "тело" нельзя считать пылевым или газовым облаком, так как максимальное время сохранения таких облаков как целого не превышает минуты. Пытаясь построить модель "тела" с эффективной плотностью порядка  $10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>, авторы приходят к "конструкции", в которой расстояние между отдельными элементами примерно в  $10$  раз превосходит линейный размер элемента (рыхлое, но связанное образование).

Этот расчет был подвергнут критике в статьях В.А.Бронштэна /12/ В.Ю.Зигеля /41/, В.Г.Сурдина, Б.А.Ромейко и В.И.Коваля /107/.

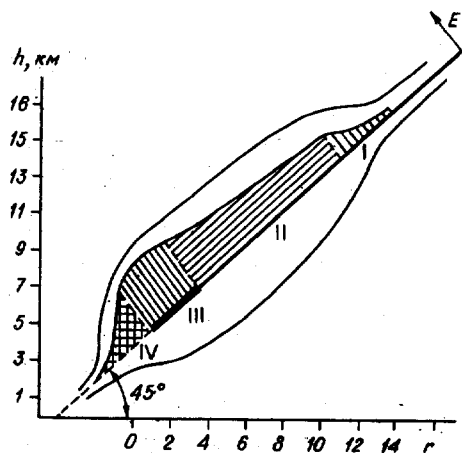


Рис.19. Кривая распределения энергии  $E$  и веретенообразная форма ударной волны, по Д.Ф.Анфиногенову /4/:

0 - эпицентр Фаста,  $h$  - высота,  $r$  - расстояние на поверхности Земли. Выделены зоны с разной интенсивностью инжекции энергии: I - потеряно 20 % энергии и массы; II, III - около 80 % (III - максимум энерговыделения), IV - уменьшение энерговыделения.

обосновывается анализом данных (см. табл.28) и общей концепцией полного учета фактического материала.

#### 4.3. Химический состав Тунгусского объекта

По современным представлениям кометное ядро - это ледяной конгломерат или загрязненный снежный ком, в котором 27 % объема приходится на самородный лед из  $H_2O$  кроме того, замёрзшие  $NH_3$ ,  $CH_4$ , и, по мнению Гринберга /131/, - до 21 % - нелетучие органические соединения, в том числе компоненты предбиологического синтеза. В спектрах ярких комет отождествлены Fe, Ni,

Отмечалось, что эта модель носит характер гипотезы ad hoc, что плотности  $10^{-3}$  г/см<sup>3</sup> противоречат данным кометной астрономии и не способны объяснить проникновение тела через атмосферу по траектории, видимая часть которой имела длину порядка 300 км, а конец - высоту 5 км над поверхностью Земли. Однако еще раньше предположения о рыхлой структуре Тунгусского метеорита высказывались Ф.Л.Уишлом и П.М.Миллманом /141,146/.

Таким образом, попытки описать аэродинамику явления с помощью различных, нередко взаимоисключающих моделей, приводят к выводу о необходимости представления о новом, нетрадиционном для астрономии, типе космического тела, который

Ст, а также Na, K, Mn, V, Co, Cu, Ca. С меньшей достоверностью обнаружены Mg, Al, Sr.

Геохимические исследования в зоне разрушения Тунгусского объекта привели к обнаружению силикатных микросферул, имеющих газовые включения, в которых отсутствуют компоненты земной атмосферы и присутствуют  $CO_2$ , CO,  $N_2$ . Их плотность 2,5-3,4 г/см<sup>3</sup>. В некоторых из них повышено содержание Na, а также Mn, Al, Ag, Cs, Zn, Se /35,36/.

Металлометрические исследования почвы в зоне разрушения космического тела не обнаружили ярко выраженных аномалий содержания химических элементов. Статистическая обработка данных анализа из 30 обнаруженных элементов выявила Yb, La, и с меньшей вероятностью Ag и Mn /21/.

Многолетние исследования геохимических особенностей района катастрофы привели С.П.Голенецкого /27/ к выводу о существовании в зоне траекторий космохимической аномалии, образуемой, в первую очередь, легкоплавкими и летучими элементами: Se, Hg, Zn, S, Pb, Br, а также Ag, Cd, в меньшей степени Be, Fe, Co, Au, редкоземельные элементы Yb, Y и др.

Статистический анализ выполненных независимо послойных анализов торфяных колонок позволил назвать следующие химические элементы, которые могли бы претендовать на следы Тунгусского тела: Ti, Ba, Yb, Y, Zr, Cr, Co, и с меньшей вероятностью Ni, Ag, Mn, Zn /19/.

С Тунгусским телом связываются находки поликристаллических алмаз-графитовых сростков, а также эффект повышенного содержания  $C^{14}$  в почвах. В то же время был обнаружен дефицит  $C^{14}$  в слоях торфа, отнесенных к году Тунгусского явления, а также в годичных слоях некоторых деревьев в зоне траектории (Соботович и др., 1980).<sup>1</sup>

Н.В.Васильев /18/ подчеркивает несоответствие массы вещества космического тела, подсчитанное по обнаруженным аномалиям вероятной космохимической природы и массы, следующей из оценок аэродинамических расчетов кинетической энергии метеорита. Обнаруженное вещество в виде силикатных шариков составляет пренебрежимо малую долю от массы  $10^5$ - $10^6$  т, которая породила ударную волну.

<sup>1</sup> Соботович Э.В., Квасница В.Н., Ковалюк Н.Н. и др. Радиоуглеродные и минералогические свидетельства вещественности Тунгусского тела. Минер. журнал, 1980, с.36-46.

#### 4.4. Энергия взрыва

Большинство авторов, оценивая величину энергии Тунгусского взрыва, удовлетворилось точностью порядков /7,30,128/. Более точная ее оценка может быть получена расчетами по данным каталога вывала и записям самописцев. В довоенный период энергия взрыва принималась за  $10^{21}$ – $10^{22}$  эрг. Ошибочность и приблизительный характер этой оценки были отмечены Р.С.Скорером /144/, который проанализировав английские и российские микробарограммы, вычислил величину энергии взрыва равной  $3,8 \cdot 10^{24}$  эрг. Эта оценка фактически была забыта, однако фундаментальный анализ барограмм и сейсмограмм, выполненный И.П.Пасечником /84/, привел его к заключению, что эта энергия находится в пределах  $8 \cdot 10^{23}$  –  $2 \cdot 10^{24}$  эрг. В.П.Коробейников /63/ из результатов машинного моделирования получил величину энергии взрыва  $5,8 \cdot 10^{22}$  эрг (с учетом энергии баллистической волны  $9 \cdot 10^{23}$  эрг) В.А.Бронштэн /13/ – не менее  $6 \cdot 10^{24}$  эрг.

И.П.Пасечник скептически относится к возможности уточнения энергии взрыва по старым барограммам и считает, что наиболее точная оценка энергии может быть сделана по площади вывала леса. В качестве такой оценки он называет величину 40 Мт. ( $1,7 \cdot 10^{24}$  эрг), однако не приводит способ получения этой цифры. Поэтому сделаем попытку проверить последнюю оценку по данным полевых исследований.

Понятие "площади вывала" может быть использовано для расчетов лишь при наличии калибровки изодинам ударной волны. Хотя изодинамы скоростного напора, валившего дерева, рассчитаны /110/, их детальная калибровка не проведена до сих пор. В экспериментах И.Т.Зоткина и М.А.Цикулина /46/ граница вывала проведена по величине избыточного давления  $\Delta p = 0,35$  кг/см<sup>2</sup>, которое при точечных взрывах откалибровано как зона 90 %-го повала леса. В экспериментах В.П.Коробейникова /63/ контур вывала соответствует динамическому напору  $0,008$  кг/см<sup>2</sup>. Такому напору соответствует  $\Delta p = 0,14$  кг/см<sup>2</sup>. Контур Коробейникова сопоставляется с границей вывала Фаста (см. рис.2в) тогда как "зону сильных разрушений" правильнее отождествить с границей Анфиногенова, полученную путем дешифрирования аэрофотоснимков, как границу катастрофического леса (см. рис.2г).

Интегрируя<sup>1</sup> площадь, охваченную границей Анфиногенова, находим, что ее величина оказывается равной

$$S_A = 500,0 \text{ км}^2.$$

Если бы зона разрушений имела форму круга, то радиус этого круга был бы

$$R_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{S_A}{\pi}}, \quad R_{\text{эф}} = 12,6 \text{ км}.$$

Воспользуемся формулой, определяющей площадь сильных разрушений при мощном взрыве /53/

$$S = a_0 q^{2/3} \quad (I)$$

где  $q$  – тротиловый эквивалент взрыва. Константу  $a_0$  можно определить, используя экспериментальные данные, приведенные в /53; с.117/ в качестве примеров. Так, для заряда  $q = 10^8$  кг,  $S = 8,79 \text{ км}^2$ ,

тогда

$$a_0 = \frac{S}{q^{2/3}} = \frac{8,79 \cdot 10^6}{10^{16/3}} = 41 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-2/3}$$

Проверка этого значения  $a_0$  на других примерах показывает, что для точечного взрыва точность определения этой константы находится в пределах  $\pm 5$  %. Поэтому тротиловый эквивалент, соответствующий полной энергии Тунгусского взрыва по формуле (I) будет

$$q = \left( \frac{S}{a_0} \right)^{3/2} = \left( \frac{5 \cdot 10^8}{41} \right)^{3/2} = 42,6 \text{ Мт} = 1,8 \cdot 10^{24} \text{ эрг}, \text{ что хо-}$$

рошо согласуется с оценкой И.П.Пасечника /84/.

Теперь используем те же исходные данные, но для расчета тритилового эквивалента применим формулу Садовского /3/. Для расстояний, в сотни раз превышающих размеры заряда, может быть применен упрощенный вариант этой формулы (Покровский Г.И., 1980):<sup>2</sup>

$$\Delta p = a_x \frac{q^{1/3}}{R} = 0,84 \frac{q^{1/3}}{R} \quad (2)$$

Берем  $\Delta p = 0,35$  кг/см<sup>2</sup> и полученное выше значение  $R_{\text{эф}}$ , найдем:

$$q \approx \left( \frac{\Delta p \cdot R_{\text{эф}}}{0,84} \right)^3 = \left( \frac{0,35 \cdot 1,26 \cdot 10^4}{0,84} \right)^3 = 145 \text{ Мт} = 6,1 \cdot 10^{24} \text{ эрг}.$$

<sup>1</sup> Интегрирование проводилось путем взвешивания вырезки площади на аналитических весах с точностью 0,1 %.

<sup>2</sup> Покровский Г.И. Взрыв. М.: Недра, 1980, с.68–69.



Такой же тротильный эквивалент получается в расчете В.А.Бронштена и А.П.Бояркиной /14/. В.П.Коробейников, П.И.Чупкин и Л.В.Шуршалов /63/ считают это значение нереальным и связывают его с неправильным выбором модели боида (наклон траектории, массы и скорости). В.А.Бронштэн /13/ предполагает, что завышение тротильного эквивалента произошло вследствие неучета неоднородности атмосферы. По нашему мнению, возможность получения столь разных величин тротильного эквивалента на основе одних и тех же точных эмпирических данных, но при использовании разных расчетных формул, не случайно и имеет простой физический смысл.

#### 4.5. Концентрация энергии

А.В.Золотов /43,44/ обратил внимание на то обстоятельство, что взрыв Тунгусского тела имел не только большую энергию, но и высокую концентрацию энергии в единице объема. Сопоставляя микробарограммы различных взрывов А.В.Золотов пришел к выводу о существенном различии ряда параметров записей барографов для взрывов различной природы (время записи, отношение максимального периода к минимальному, ширина интервала спектра преобладающих частот). А.В.Золотов считает, что концентрация энергии при Тунгусском взрыве была не меньше, чем при ядерных взрывах (по качественным оценкам).

Этот вывод фактически оспаривается М.А.Цикулиным /123/, который отмечает, что инфразвуковые волны не могут нести информацию о источнике взрыва, поскольку на больших расстояниях определяются лишь свойствами атмосферы. И.П.Пасечник, с одной стороны, считает, что "по сейсмическим записям и записям воздушных волн нельзя сделать какого-либо заключения о природе Тунгусского взрыва", а с другой - отмечает, что "анализ и сравнение формы записи микробарограмм Тунгусского взрыва и многочисленных записей, полученных при последующих мощных воздушных взрывах, показал, что записи воздушных волн Тунгусского взрыва, особенно в начальной части, по своей форме практически тождественны записям мощных контактных и воздушных одиночных взрывов сравнимой мощности, зарегистрированных на одних и тех же или близких эпицентральных расстояниях" /84, с.49/. Из последнего факта сделано два

вывода: первый - Тунгусский взрыв был одиночным взрывом (в пределах погрешности записей, составлявшей, вероятно, около 2 мин), и второй, состоящий в том, что большая мощность взрыва указывает на весьма высокую концентрацию энергии в единице массы космического тела /84/.

Используя оценки Р.С.Скорера /144/, которые интересны тем, что получены много раньше, чем были установлены размеры зоны разрушений, найдем эффективный радиус источника инфразвуковых возмущений. Верхний предел объема источника, по Скореру /144/, оценен как величина порядка  $V_{\max} = 10^4 \text{ км}^3$ , откуда

$$R_{\max} = \left( \frac{3V}{4} \right)^{1/3} = \left( \frac{3 \cdot 10^4}{4} \right)^{1/3} = 13,4 \text{ км},$$

что хорошо согласуется с вышеполученной оценкой той же величины по контуру области сильных разрушений. Очевидно, что диссипацией энергии ударной волны в этой области можно пренебречь. Поэтому можно оценить среднюю концентрацию энергии взрыва. Поскольку объем самого источника неизвестен, введем для характеристики концентрации энергии взрыва среднюю поверхностную плотность энергии ударной волны в зоне, где можно пренебречь ее диссипацией. Обозначив эту, несколько условную, физическую характеристику  $\Pi$ , будем иметь:

$$\Pi = \frac{q}{S} = \frac{2 \cdot 10^{24}}{2 \cdot 10^9} = 1 \cdot 10^{15} \text{ эрг/м}^2.$$

Здесь взята в качестве  $S = 2 \cdot 10^9 \text{ м}^2$  площадь вывала леса, определенная В.Г.Фастом /110,111/. Тем самым мы определили нижний порог поверхностной плотности энергии ударной волны.

Для использованного выше  $S_A = 5 \cdot 10^8 \text{ м}^2$

$$\Pi_A = \frac{q}{S_A} = \frac{2 \cdot 10^{24}}{5 \cdot 10^8} = 4 \cdot 10^{15} \text{ эрг/м}^2.$$

Очевидно, что сжимая эффективный объем взрыва до истинных размеров источника, мы получим значительно большую величину  $\Pi$ . Так, зная для  $R_n = 10^2 \text{ м}$ ,

$$\Pi = \frac{2 \cdot 10^{24}}{3 \cdot 10^4} = 7 \cdot 10^{19} \text{ эрг/м}^2.$$

Необходимо отметить, что для химического взрыва величина  $\Pi$  оказывается меньше примерно на 3 порядка. Для иллюстрации ис-

пользуем задачи по расчету ударных волн, рассмотренные в /3, с.357/. Для тротила и аммонита получаются следующие величины. При взрыве заряда с тротиловым эквивалентом  $10^3$  кг избыточное давление  $0,14 \text{ кг/см}^2$  возникает на расстоянии от центра взрыва 90 м, а  $0,35 \text{ кг/см}^2$  - на расстоянии приблизительно 50 м.  $P_{\text{мин}} = 1,5 \cdot 10^{12} \text{ эрг/м}^2$ ,  $P_A = 5,3 \cdot 10^{12} \text{ эрг/м}^2$ ,  $P_D = 2,5 \cdot 10^{16} \text{ эрг/м}^2$ .

Этот результат не является неожиданным. Он наглядно иллюстрирует хорошо известный факт, что точное моделирование ядерного взрыва химическим взрывом невозможно из-за высокой концентрации энергии первого /15, с.29/. Попытка рассмотреть малоконцентрированный абляционный взрыв как источник ударной волны Тунгусского метеорита является главной причиной получения нереальных значений его тротилового эквивалента /13/.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЗРЫВА И ОСНОВЫ ПЛАЗМЕННОЙ МОДЕЛИ

## 5.1. Механизм регионального геомагнитного эффекта

Перейдем к более детальному анализу процессов геофизической реакции на Тунгусский взрыв. При анализе необычного возмущения магнитного поля Земли, последовавшего после взрыва Тунгусского болида, необходимо прежде всего дать объяснение следующим особенностям этого явления:

а) баллистическая ударная волна болида при его движении в магнитосфере Земли не вызвала заметных изменений геомагнитного поля ни на одной из станций;

б) ожидаемый глобальный магнитный эффект вследствие ионизации верхней атмосферы ионами и пылинками комы и хвоста кометы отсутствовал;

в) геомагнитное возмущение было зарегистрировано двумя самписцами в Иркутске (станция Патроны) после момента взрыва, рассчитанного по сейсмограмме;

г) возмущение носило региональный характер;

д) эффект имеет общие черты и существенные различия с мировыми магнитными бурями;

е) "почерк" геомагнитного эффекта Тунгусского взрыва (т.е. морфология, динамика развития во времени, амплитуда и энергия, длительность, локализация в пространстве) своеобразен и не имеет других аналогов, кроме магнитных эффектов после взрывов ядерных бомб, проведенных на умеренных высотах - от 10 до 80 км. Этот тип возмущения естественно именовать региональной магнитной бурей.

Предложенное объяснение эффекта носит общий и преимущественно качественный характер. Содержательные результаты его изучения сводятся к а) описанию магнитограмм, б) сопоставлению сходства и различия геомагнитного эффекта Тунгусского феномена с геомагнитными эффектами ядерных взрывов, в) расчетам энергии и высоты взрыва Тунгусского болида по магнитограммам /48-51, 59,60/. Эти расчеты исходили из схемы возникновения эффекта, основанной на постулате о возмущении ионосферы ударной волной взрыва. При этом

считалось очевидным, что запаздывание первой фазы эффекта связано со временем прохождения ударной волны от точки взрыва до границы ионосферы. Поскольку эти расчеты проведены без учета результатов натурного и машинного моделирования ударной волны Тунгусского взрыва, а аэродинамика Тунгусского болида, в свою очередь, анализировалась при игнорировании геомагнитного эффекта, то не было обращено внимание на серьезное противоречие, возникающее при сопоставлении результатов геофизиков и аэродинамиков.

Согласно результатам, полученным В.П.Коробейниковым /62,63/, В.А.Бронштеном /13,14/, М.А.Цикулиным /122,123/, отношение мощности ударных волн пролета и взрыва находится в пределах  $10^{-1}$  (0,3-0,5). Отсюда следует, что если причиной геомагнитного эффекта была ударная волна, то, по крайней мере, первая фаза магнитного возмущения должна предшествовать моменту взрыва. Поскольку возникновение даже главной фазы геомагнитного эффекта некоторые авторы также связывают с действием ударной волны /60/, то противоречие становится еще более резким. В работе В.К.Журавлева и др. /39/ указано, что при техногенных взрывах наличие или отсутствие геомагнитного эффекта не связано с величиной удельной энергии ударной волны. Уточнение момента взрыва Тунгусского тела, сделанное И.П.Пасечником /84/ увеличивает время запаздывания<sup>1</sup> от 2,8 до  $6,6 \pm 1$  мин. Такому запаздыванию в схеме А.Ф.Ковалевского /60/ соответствует средняя скорость  $v_{x1} = \frac{h_{и-5}}{\Delta t} = 200 \text{ м/с}$ .

В действительности скорость ударной волны всегда превышает скорость звука. Принимая во внимание, что начало главной фазы геомагнитного возмущения при уточненной оценке момента взрыва составляет  $8,9 \pm 1$  мин, скорость возмущающего агента оказывается  $v_{x2} = 150 \text{ м/с}$ , если высоту  $h_{и}$  ионизированного слоя принять 85 км. Даже "подняв" зону ионизации до 130-146 км, придется приписывать носителю возмущения скорость, не превышающую среднюю скорость звука в ионосфере. Таким образом, механизм инициирования магнитного эффекта Тунгусского болида должен интерпретироваться на основе действия каких-то других физических явлений.

В работах С.О.Обашева /80/, А.В.Золотова /42,44/ и В.К.Лу-

<sup>1</sup> Используются новые, уточненные И.П.Пасечником значения момента взрыва Тунгусского болида.

равлева /38,39/ высказано мнение, что как и в случае ядерных взрывов, геомагнитное возмущение Тунгусского феномена обусловлено расширением плазмы огненного шара и облучением ионосферы. При этом подчеркнута /38/, что при таком объяснении возникает вопрос о причине высокого уровня ионизации при взрыве Тунгусского болида, который, судя по интегральной энергии магнитного возмущения, был, вероятно, несколько выше, чем при ионосферных взрывах бомб мегатонного диапазона. В настоящее время опубликовано достаточное число работ, проливающих свет на механизм геомагнитных эффектов ядерных взрывов на различных высотах. Рассмотрим наиболее простой механизм этого явления, используя результаты этих работ /31,81,126,135/.

Механизм взаимодействия мощного взрыва с ионосферой, и с магнитосферой зависит от интервала высот, на которых произведен взрыв: наземные и низкие взрывы с тротиловым эквивалентом даже порядка десятков мегатонн не дают магнитных возмущений /38,39/. Взрывы на высотах порядка сотен километров вызывают глобальный электромагнитный импульс и магнитный эффект малой амплитуды, фиксируемый самописцами без запаздывания /31,32,126/. Магнитное возмущение того же типа, которое имело место 30 июня 1908г. зарегистрировано при взрывах на высотах от 10 (ориентировочно) до 80 км /31,38,39,126/. Для ядерных взрывов этого типа естественно ожидать магнитное возмущение, аналогичное геомагнитной буре, возникающей при солнечных вспышках, на территории, над которой производится дополнительная ионизация гамма-лучами взрыва. Естественно, что значение плотности электрон-ионных пар в кубическом сантиметре на той или иной высоте зависит от мощности заряда. Ионизация происходит за доли микросекунды. Однако столь высокий уровень ионизации даже на высотах Е-слоя будет существовать не дольше секунды. Скорость рекомбинации такова, что независимо от мощности взрыва через 2 с плотность электронов сильно упадет. Уровень избыточной ионизации, взятый в дневное время, спадает на порядок, т.е. почти до уровня нормальной концентрации зарядов в Е-слое в среднем за 1,7 мин. Для полного восстановления плотности зарядов от внезапно возникшей высокой величины до нормального уровня требуется около 3 часов (в дневных условиях).

Обратим внимание на то, что значения времен релаксации

ионизации близки по порядку величин к временам запаздывания и общей длительности фаз геомагнитного эффекта Тунгусского взрыва (см. табл. 27). Сопоставление строк 2 и 3 таблицы 27, показывает, что первая фаза возмущения при ядерных взрывах может совпадать с моментом взрыва (запаздывание практически отсутствует) и может начинаться через интервал  $\Delta t$  от 4 до 11 мин, в зависимости от высоты взрыва и удаленности станции.

Имеющиеся эмпирические и расчетные данные показывают, что ударные волны от метеоритов, ракет и взрывов сами по себе не вызывают эффектов, подобных магнитным бурям. Облака ионизованного газа, дрейфующие в ионосфере, не порождают этого эффекта [126]. Необходимым условием регистрации геомагнитного возмущения, подобного региональной геомагнитной буре, является, как уже сообщалось, высокая локальная ионизация обширной области в одном из ионосферных слоев и возникновение тока релаксации вдоль силовых линий магнитного меридиана, проходящего через точку взрыва. Необходимость дополнительного источника ионизации для возникновения геомагнитного эффекта Тунгусского взрыва была подчеркнута еще в работе В.К. Журавлева [38]. Данные, приведенные в [31] и [135], подтверждают этот вывод.

Распространение области, ионизованной радиоактивными продуктами взрыва, искажающей силовые линии геомагнитного поля, при мегатонном взрыве происходит в большом радиусе [31, с. 500]. Этот процесс описывается известным уравнением для движущейся проводящей жидкости с плотностью  $\rho$ , давлением  $P$  и плотностью объемного заряда  $\delta(R, t)$  [85].

$$\rho \frac{dU_i}{dt} = - \frac{\partial P}{\partial x_i} - \rho g \frac{\partial \theta}{\partial x_i} + \frac{\partial M_{ij}}{\partial x_j} \quad (3)$$

Направление сил не обязательно совпадает с направлением движения зарядов, реакция геомагнитных силовых линий на действие сил, вызывающих их деформацию, также различна в разных направлениях. Поэтому в уравнении появляются тензорные величины, характеризуемые индексом  $j$ , указывающим направление нормали к элементу площади и индексом  $i$ , характеризующим направление силы. Тогда, если  $M_{ij}$  — тензор магнитных напряжений,  $\delta_{ij}$  — тензор плотности объемного заряда, возникшего при локальной ионизации, то:

$$M_{ij} = - \frac{\mu_0 \delta_{ij} H}{2} + \mu_0 N_i N_j,$$

где  $\mu_0 H$  — модуль вектора геомагнитного поля,  $\mu_0$  — магнитная постоянная.

Магнитная сила, действующая на поток ионизованного газа, равна дивергенции тензора магнитных напряжений:

$$F_i = \frac{\partial M_{ij}}{\partial x_j}$$

Кроме магнитной силы на движение влияют гравитационная сила, направленная вниз по вертикали, угол  $\theta$ , направления скорости  $U_i$  газа с этой силой — величина переменная; т.е.  $\frac{\partial \theta}{\partial x_i} \neq 0$ , ( $g$  — ускорение гравитации). Скорость увеличения магнитной энергии равна работе в единицу времени, которую совершает движущийся ионизованный газ, переносящий энергию  $\rho U_i^2 / 2 + U$ , где  $U$  — внутренняя энергия газа, включающая химическую, электромагнитную, упругую, ядерную компоненты энергии. Работа производится против сил магнитного поля, препятствующих движению газа.

Для ядерных взрывов на больших высотах первая фаза геомагнитного возмущения, по-видимому, переносится по магнитному меридиану волной Альвена. Она генерируется при деформации силовых линий областью ионизации, возникшей вследствие прямой ионизации ионосферы гамма-вспышкой в момент взрыва (плотность электронов значительная). Для оценки нижнего порога энергии взрыва может быть использована теоретическая модель Ю.Н. Савченко [99], которая показывает, что на больших расстояниях взрыв с энергией  $10^{19}$  эрг порождает магнитное возмущение порядка  $10^2$  гамм (длительностью порядка нескольких минут).

Для ядерных взрывов в пределах тропосферы компактная область высокой ионизации возникает лишь после подъема радиоактивного облака на большую высоту и накопления в ионосфере объемного заряда. Время подъема определяет в этом случае время запаздывания как первой, так и основной фазы геомагнитного возмущения. Возмущение длится до тех пор, пока существует источник ионизации, поддерживающий ток релаксации, текущий по магнитному меридиану в противоположных направлениях относительно точки взрыва.

Основной трудностью применения этой схемы, которая естественным образом объясняет основные особенности геомагнитного эф-

фекта Тунгусского болида, является как уже указывалось, необходимость введения источника ионизации, способного вызвать ионизацию после взрыва болида на территории порядка  $10^3$  км. При этом концентрация зарядов должна быть не ниже  $10^6$  см<sup>-3</sup> в области высот до 130 км. Предлагаемая нами новая модель Тунгусского космического тела позволяет решить эту задачу.

## 5.2. Локальный магнитный эффект

Обнаруженная в 1969г. А.И.Бояркиной и С.Д.Сидорасом /II/ палеомагнитная аномалия в зоне разрушений, вызванных Тунгусским взрывом дала возможность оценить величину магнитного поля, вызвавшего перемагничивание почв в зоне траектории (рис.20). Эта оценка дает величину  $H_3 = 25-30$  э. Чтобы оценить по этим данным поле источника  $H_{II}$ , требуется задать его физическую модель. Расчет магнитного эффекта метеоров обычно ведут на основе модели

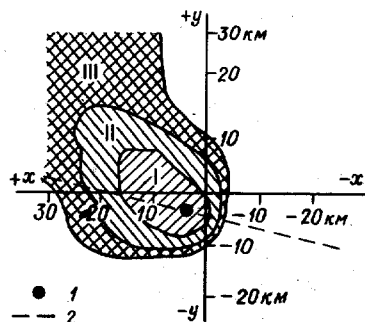


Рис.20. Усредненные зоны одинаковой поверхностной остаточной намагниченности в районе эпицентра Тунгусского взрыва /II/:  
I - эпицентр, 2 - траектория, I-III - зоны намагниченности.

точечного магнитного момента плазменного сгустка, порождаемого при сгорании метеорита. Однако расчет по такой модели не дает правильного количественного описания территориальной структуры модуля остаточной намагниченности, полученной при полевых исследованиях палеомагнитной аномалии.

В поле точечного диполя величина напряженности на поверхности Земли должна зависеть от расстояния  $R$  по кубическому закону:

$$\frac{V \cdot H_{II}}{R^3}, \quad (4)$$

где  $V$  - объем плазменного источника.

В действительности  $H_3(R)$  довольно хорошо описывается зависимостью вида

$$H_3 \sim \frac{1}{R}$$

для направлений, перпендикулярных оси симметрии аномалии.

По теории Ю.Н.Савченко /99/ такая зависимость должна наблюдаться при магнитном эффекте крупного метеора, пересекающего ионосферный слой E ( $h_E = 80-130$  км) под углом для  $R \gg h_E$ . Для зоны палеомагнитной аномалии  $R$  меняется в пределах от 5 до 15 км, т.е. неравенство Савченко в данном случае неприменимо. При  $R = h_E$  Ю.Н.Савченко получает зависимость азимутальной компоненты магнитного поля  $H_\varphi$  от расстояния в виде функции

$$H_\varphi \sim \frac{1}{R^2} \quad (5)$$

Поскольку эта зависимость реально не наблюдается, для первоначальной оценки поля источника используем элементарную формулу магнитного поля бесконечного провода. Расчет ведем только для направлений, перпендикулярных оси центральной зоны палеомагнитной аномалии (зона I, см. рис.20). Эмпирический материал, приведенный в /II/, позволяет рассчитать 4 точки на разных расстояниях от источника по формуле:

$$I = 2 \pi R H_3, \quad (6)$$

где  $I$  - интегральный ток источника магнитного возмущения (табл. 29).

Данные таблицы показывают, что  $H_3(R)$  хорошо описывается формулой (6), давая среднее значение тока  $I_{ср.} = 1,0 \cdot 10^7$  А, с погрешностью  $\Delta I$ , не превышающей 30%. Измерение расстояний до границ зон в области эпицентра и в других участках изученного

Таблица 29

Расчет источника поля  
(по данным Бояркиной и Сидораса /II/)

№ зон	Ось зон	Границы зон		
		I-II	II-III	III-IV
R	5	10	12	15
$H_{3,3}$	30	21	19,8	15,3
I, A	$7,5 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^7$
$\Delta I$	-0,25	0,00	+0,2	+0,1

района дает величину  $I$  в пределах  $(8+12) \cdot 10^6$  А. Если бы зависимость вида  $H_3 = f\left(\frac{1}{R}\right)$  была справедлива и на больших расстояниях, в Иркутске ( $R = 970$  км) был бы зарегистрирован эффект величиной в  $2 \cdot 10^3 \gamma$ .

Приняв, как и предыдущие исследователи, диаметр  $2r$  космического тела порядка 200 м, получим величину поля источника:

$$H_{\text{и}} = \frac{I}{2\pi r} = \frac{1,2 \cdot 10^7}{6,28 \cdot 100} = 2 \cdot 10^4 \text{ А/м} = 250 \text{ э.}$$

Предполагая, что для расстояния порядка  $10^3$  км должна быть применимой дипольная модель источника, получим величину поля  $H_{\text{зи}}$  на поверхности Земли в Иркутске:

$$H_{\text{зи}} = H_{\text{и}} \frac{\ell S}{R^3} \quad (7)$$

Длину источника  $\ell$  оценим по данным палеомагнитной съемки — примем, что она того же порядка, что и большая полуось эллипсоидной зоны I (см. рис.20) палеомагнитной аномалии, т.е.  $\ell \approx 20$  км. Считая, что радиус цилиндрического следа равен  $10r$ , находим, что  $S = \pi(10r)^2 = 3 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ , а объем плазменной оболочки, включающей метеороид,  $\ell S = 6 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$ .

Подставив эти значения в (7), получим

$$H_{\text{зи}} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{10}}{(9,7 \cdot 10^5)^3} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ А/м} = 1,6 \gamma.$$

В действительности амплитуда первой фазы геомагнитного возмущения в Иркутске 30 июня 1908г. была  $3,5 \gamma$ . Чтобы получить такую величину  $H_{\text{зи}}$ , достаточно вместо  $10r$  взять  $14r$ .

Таким образом, поле, вызвавшее перематгничивание почв в эпицентре, могло быть зарегистрировано в Иркутске. Следовательно, для объяснения причины как первой фазы геомагнитного эффекта, так и локальной ("палеомагнитной") аномалии достаточен механизм, предложенный С.О.Обашевым /80/. Однако рассчитанное им время расширения плазмы до конечного объема  $\Delta t = 3,9$  мин слишком велико для того, чтобы рассматривать источник как неподвижный.

Хорошо известно, что облако плазмы, порожденное взрывом с тротиловым эквивалентом Тунгусского взрыва поднимается за пределы тропосферы за 6–10 мин. На высотах более 32 км начинается горизонтальное расширение поднявшегося радирующего облака. В результате в слое атмосферы, вплоть до высот порядка  $10^2$  км, повышается плотность ионизации в круге вокруг центра взрыва радиусом до 1100 км /31,126,135/. Инжекция дополнительных зарядов в ионосферу нарушает стационарное состояние, что проявляется в деформации магнитных силовых линий и появлении меридиональных электрических токов. При прохождении тока над станцией или мимо станции в радиусе  $\sim 10^3$  км поле этого тока регистрируется в виде геомагнитной бури местного характера. Протекание тока проходит через несколько стадий: нарастание тока, происходящее при накоплении объемного заряда в ионосфере по мере подъема облака и распада короткоживущих изотопов в нем; стационарный режим; ослабление токовой системы по мере истощения объемного заряда; восстановление исходного состояния магнитосферы и ионосферы; стадия окончательной релаксации возникшей неравновесной магнито-электрической системы.

Описанный процесс может усложняться побочными явлениями — распространением гидромагнитных волн, гравитационно-акустических волн, возмущающих ионосферу, флуктуациями тока и т.д. Однако расчеты и наблюдения /31,99,135/ показывают, что характерное время этих явлений составляет секунды или минуты (максимум  $\sim 10$  мин) и, следовательно, не могут объяснить общую длительность региональной магнитной бури и запаздывание ее главной фазы.

Максимальное отклонение вертикальной составляющей магнитного поля в Иркутске в виде отрицательной бухты составляло, по замеру на магнитограмме,  $\Delta Z_{\text{зи}} = 25,5 \gamma = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А/м}$ . Если считать, что его причиной был стационарный электрический ток  $I$ , который протекал в пределах E-слоя, т.е. между 80 и 130 км, то

взяв в качестве ориентировочной средней высоты оси этого тока  $h_{\text{и}} = 1 \cdot 10^2$  км, получим:

$$I = 2\pi h_{\text{и}} \Delta Z_{3\text{и}} = 2\pi \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ А.}$$

Магнитное поле на расстоянии 10 км от оси тока:

$$\Delta Z_{\text{и}} = \frac{I}{2\pi R_{10}} = \frac{1,2 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^4} = 0,19 \text{ А/м} = 240 \gamma.$$

Объемная плотность магнитной энергии с напряженностью поля  $Z = 0,2$  А/м составляет

$$w_{\text{м}} = \frac{\mu_0 Z^2}{2} = \frac{1,26 \cdot 10^{-6} (2 \cdot 10^{-1})^2}{2} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Дж/м}^3,$$

а удельная мощность магнитной энергии, добавленной к фоновому уровню геомагнитного поля в течение времени возмущения -  $\Delta t$

$$P_{\text{м}} = \frac{w_{\text{м}}}{\Delta t} = \frac{2,5 \cdot 10^{-8}}{6 \cdot 10^3} = 4 \cdot 10^{-12} \text{ Вт/м}^3.$$

Эти оценки показывают, что перемагничивание парамагнитных минералов в почвах в районе взрыва и главная фаза магнитного возмущения, зарегистрированная в Иркутске, вызваны различными процессами.

Поскольку при ядерных взрывах на долю запаздывающего радиоактивного излучения приходится значительная доля суммарного энерговыделения [31, с.13], то неудивительно, что инжекция такой огромной энергии в ионосферу определяет характер и длительность геомагнитного возмущения.

Согласно формальной логике, взрыв кометного ядра или метеорита в этом отношении коренным образом должен отличаться от ядерного взрыва. Однако геомагнитная региональная буря является не единственным индикатором высокой ионизирующей способности вещества Тунгусского космического тела. Наиболее естественным объяснением особенностей оптико-атмосферных аномалий, последовавших после 30 июня 1908г., является (как уже отмечалось выше), предположение о распространении над Евразией мощного ионизирующего фактора. Наконец, установление генетической природы некоторых биологических аномалий леса, выросшего из семян, сохранившихся после катастрофы, и термолуминесцентная аномалия в минералах из

центральной области разрушений указывают, по-видимому, на действие жесткого ионизирующего излучения с большой проникающей способностью [21,37]. В то же время в эпицентре катастрофы не удалось обнаружить следов нейтронного потока, который должен был вызвать заметное обогащение среды изотопами  $\text{C}^{14}$  и  $\text{Ar}^{39}$ . Предложенные гипотезы не объясняли этого противоречия. Поэтому, возможно, механизм эффекта, предложенный С.О.Обашевым (и являющийся по сути дела перенесением механизма магнитных эффектов техногенных взрывов на Тунгусский взрыв) отклоняется большинством авторов.

По нашему мнению, возможно построение гипотезы, по-видимому, снимающей указанное противоречие (см. раздел 5.3).

### 5.3. Физические и космофизические предпосылки

Геомагнитные и оптико-атмосферные отклики на Тунгусский феномен свидетельствуют о нетривиальной природе ионизирующих и эксплозионных факторов. Все более отчетливо, по мере детализации исследований этих откликов, проявляется необходимость в анализе возможного эпизода плазменной инжекции в систему: магнитосфера - ионосфера-атмосфера-поверхность Земли. Естественно, прежде чем обсуждать механизм инжекции плазмы и последствия его воздействия, следует привлечь сведения физического характера. Причем эти сведения должны (таково наше знание) быть связаны как с вопросами лабораторных возможностей создания и удержания плазмы, так и с вопросами космофизического порядка. В таком подходе к материалу, конечно, кроется и мысль авторов о том, что Тунгусский феномен может оказаться недостающим "промежуточным" звеном в популяции плазменных образований - от гигантских космообъектов до микросубъекта лабораторных экспериментов. Начнем дальнейшее изложение материала со знакомства с некоторыми лабораторными возможностями.

Эксперименты с плазмой. Эксперименты с высоковольтными и высокочастотными разрядами, проводившиеся в прошлом веке, показали, что при определенных условиях разряда может возникать независимо существующий "огненный шар" с временем жизни порядка нескольких секунд. Некоторые из этих экспериментов проводились с

целью моделирования шаровой молнии; в других случаях светящиеся сфероидальные или веретенообразные объекты возникли как побочный результат опыта. Проводились даже эксперименты, изучавшие возможность военного применения этого явления /9/.

В 1930г. Р.Вуд при описании высокочастотных разрядов в вакууме, по-видимому, впервые использовал термин "плазмоид".

Уинстон Бостик /129/ в Калифорнийском университете в 50-х годах провел серию экспериментов с плазмой, инжектируемой в магнитное поле. Ионы  $D^+$ ,  $Ti^{4+}$  и некоторых других металлов выстреливались плазменной пушкой в откачиваемый объем. Экспериментатор подчеркивает, что непредвиденным результатом эксперимента явился тот факт, что даже плазма, инжектированная в вакуум в отсутствие магнитного поля, не образовывала аморфных сгустков. Возникла плазменно-магнитная структура или "организм" (plasma-magnetic entity) в виде компактной геометрической конфигурации. Магнитное поле возникает благодаря упорядоченным движениям зарядов в самой плазме. В отсутствие внешнего магнитного поля возникали торообразные структуры, которые, двигаясь в вакууме, расширялись. Если выстрел пушки производился в камеру с постоянным магнитным полем вдоль силовых линий, возникали цилиндрические образования. В вакууме не ниже  $10^{-5}$  торр при инъекции поперек силовых линий магнитного поля плазма сильно уплотняется в направлении распространения, при этом часто образуется два сгустка, которые также вытягиваются в цилиндры и следуют по несколько различным траекториям (внешнее магнитное поле  $\sim 2000$  э).

Если скорость инъекции плазмы обозначить  $\vec{V}$ , напряженность внешнего магнитного поля  $\vec{H}$ , то возникает электрическое поле

$$\vec{E} = -\vec{V} \times \vec{H}.$$

Опыт показывает, что  $|\vec{E}| \approx |\vec{H}|$ . Образующиеся структуры Д.Пайнс предложил называть плазмоидами /129/.

Плазмоиды в экспериментах У.Бостика легко проходили через магнитные поля  $\sim 10^3$  э, независимо от направления поля и движения, пересекая поперечник вакуумной камеры ( $< 1$  м) за несколько микросекунд. Образование двух плазмоидов из одного, по Бостик, происходит в результате образования перетяжки под действием магнитного давления (рис.21).

При выстреле двух плазмоидов навстречу друг другу в вакууме  $\sim 10^{-3}$  торр, они образуют спирали, живущие и сохраняющие форму и

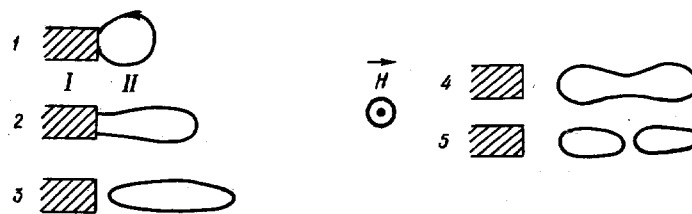


Рис.21. Пять стадий формирования длинного плазмоида по Бостик /129/.

Магнитное поле направлено к читателю: I - инжектор, II - контур плазмы /129/

границы до 15 с. В этом случае плазмоиды не движутся вдоль поля, "зависая" в камере. При сближении четырех плазмоидов возникает плазменное кольцо, также останавливающееся в камере, по крайней мере, в течение 30 с. Скорость движения плазмоидов падает с ростом давления в камере. Увеличивая давление от  $10^{-5}$  до  $10^{-3}$  торр, можно снизить скорость плазмоида от  $10^5$  м/с до полной его остановки.

Первоначальный размер плазмоида определяется размером электродов, инжектирующих плазму, следовательно, в лабораторных условиях характерный размер плазмоида порядка  $10^{-2}$  м. По мнению У.Бостика, сходство геометрических форм плазмоидов с галактиками и другими астрономическими объектами позволяет моделировать магнитно-плазменные явления в Большом космосе в лабораторных условиях (несмотря на то, что при этом приходится допускать сохранение законов подобия в диапазоне размеров от  $10^{-2}$  до  $10^{20}$  м). Автор также отмечает идентичность условий образования плазмоидов в лабораторной установке с условиями, в которых происходит вспышечный выброс на Солнце. Имеется в виду движение в магнитном поле Солнца со скоростями  $(3-7) \cdot 10^5$  м/с. При вспышке в два балла концентрация частиц в плазме, движущейся через магнитное поле Солнца ( $H$  до  $10^3$  э), оценивается как  $10^{13}$  см $^{-3}$ . Концентрация ионов в экспериментах У.Бостика при инъекции в поле  $2 \cdot 10^3$  э составляла  $\sim 10^{14}-10^{18}$  см $^{-3}$ , начальная скорость плазмоида  $10^3 - 10^5$  м/с.

Магнитные бутылки. Представление о принципиальной возмож-



ности удержания плазмы в магнитном поле специальной конфигурации следует из элементарных законов электродинамики. Физические модели простейших магнитных ловушек рассмотрены, например, в монографии В.Ленерта /138/. Известно, что траектория заряженной частицы в постоянном однородном магнитном поле в общем случае является винтовой линией. Важнейшие характеристики этого типа движения - ларморова частота  $\omega_L$  и радиус витка  $r_L$ :

$$r_L = \frac{m v}{\mu_e e H}, \quad \omega_L = \frac{v}{r_L},$$

где  $v$  - компонента скорости, перпендикулярной полю,  $m$  - масса частицы,  $e$  - абсолютная величина ее заряда.

Простейшая магнитная ловушка для плазмы, которую называют "магнитной бутылкой" имеет две "магнитных пробки", называемые также "магнитными зеркалами", роль которых могут играть участки неоднородного поля, где силовые линии сближаются, сходясь к сингулярной точке (рис.22). Движение зарядов в таком магнитном поле впервые рассмотрел в 1896г. Пуанкаре. Он установил, что траектории заряженных частиц в конусовидном магнитном поле представляют собой геодезические линии. Заряженная частица в окрестности магнитного полюса или в участке с большим градиентом поля тормозится, а затем отражается в окрестности магнитного полюса или в участке с большим градиентом поля, тормозится, а затем отражается, переходя в область с меньшей напряженностью поля (рис.23).

В первом приближении можно считать, что движение заряженной частицы состоит из смещения со скоростью  $\vec{w}_g$  и дрейфа с продольной и поперечной составляющими скорости  $u_e$  и  $u_t$ . Обычно периоды  $t$  этих процессов подчиняются неравенству

$$t_g \ll t_e \ll t_t$$

Частица движется так, чтобы создать индуцированное магнитное поле в центре витка, противоположное внешнему полю ловушки  $\vec{B}$ . Следовательно, газ из таких частиц должен проявлять диамагнитные свойства, т.е. вытеснять из своего объема магнитную энергию.

В 1964г. было зарегистрировано открытие /16, с.1/, суть которого сформулирована следующим образом: "Плазма удерживается в магнитном поле в объеме, в котором магнитные силовые линии не замкнуты, но имеют места сгущений". Время удержания - порядка времени столкновения частиц и больше. Для удержания требуется наличие частиц с определенным соотношением между  $u_e$  и  $u_t$ .

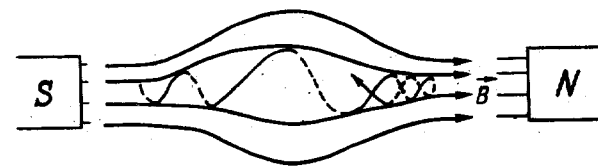


Рис.22. Простейшая магнитная ловушка.

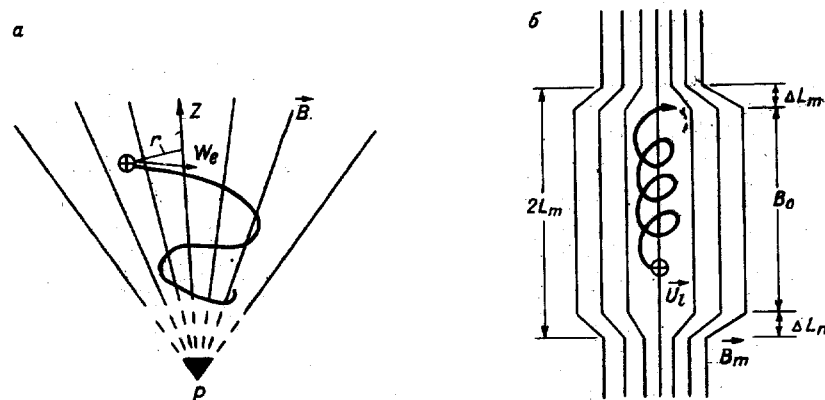


Рис.23. Магнитные ловушки: а - ловушка с зеркалом в виде сингулярной точки; б - ловушка с "зеркальным градиентом" поля

Заряженные частицы свободно перемещаются вдоль силовых линий, движение поперек силовых линий затруднено. При движении частицы строго по силовой линии магнитные зеркала оказываются прозрачными и происходит утечка заряженных частиц из магнитной ловушки. Конечное время жизни плазмодов, наблюдаемое в эксперименте (максимум десятки секунд), связано, по-видимому, с несовершенством ловушек и утечкой заряженных частиц.

#### Теоретические схемы возникновения и эволюции плазмодов.

Теоретические оценки условий возникновения плазмодов были сделаны при решении задач галактической астрономии, в которой космическое пространство рассматривается как среда, заполненная плазмой и магнитными полями /23,85,86,139/.

Инжекция потока заряженных частиц в плазму с бесконечной

электропроводностью и однородным линейным магнитным полем  $\vec{B}_0 = \mu_0 H$ , может привести к возникновению "пузыря", наполненного горячей плазмой с давлением  $P_i$ . Среда из замагниченной плазмы оказывает давление  $P_e$  "на пузырь", при этом

$$P_e = \frac{\mu_0 H^2}{2} + \rho,$$

где  $\rho$  - гидростатическое давление среды. Сначала  $P_i \gg P_e$  и "пузырь" расширяется. В это время среде передается энергия горячей плазмы, пока не устанавливается равновесие

$$P_i = P_e.$$

На следующей стадии должно происходить вытягивание пузыря вдоль силовых линий магнитного поля, в направлении которых направлена координата  $Z$ . Вводятся допущения, позволяющие описать поведение внешней среды в виде волновых уравнений: малая скорость "пузыря", высокая энергия и малая плотность частиц в полости.

Решается система гидромагнитных уравнений для несжимаемой среды:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = -\nabla \left( \rho + \frac{\mu_0 H^2}{2} + \mu_0 \vec{H} \vec{b} \right) + (\mu_0 \vec{H} \nabla) \vec{b} \quad (8)$$

$$\frac{\partial \vec{b}}{\partial t} = \nabla [\vec{v} \mu_0 \vec{H}], \quad \nabla \vec{b} = 0, \quad \nabla \vec{V} = 0.$$

Здесь  $\vec{V}$  - вектор скорости внешней среды, вызванной расширением плазменной полости,  $\vec{V} = V_r \vec{e}_r + V_z \vec{e}_z$ ,  $\rho$  - плотность внешней среды. Радиальная координата в цилиндрической системе координат обозначена  $r$ ,  $\vec{e}$  - единичный вектор.

Малые возмущения магнитного поля, возникающие при расширении "пузыря", в тех же координатах могут быть представлены через компоненты единичного вектора  $\vec{b}$ :

$$\vec{b} = b_r \vec{e}_r + b_z \vec{e}_z.$$

Возможны возмущения формы "пузыря" по азимутальным координатам, но этими возмущениями теория пренебрегает.

После установления равновесия

$$\rho + \frac{\mu_0 H^2}{2} + \mu_0 \vec{H} \vec{b}_z = \text{const.}$$

Вследствие этого уравнение (8) упрощается:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = \mu_0 H \frac{\partial \vec{b}}{\partial z}.$$

Остальные уравнения системы дают

$$\frac{\partial \vec{b}}{\partial t} = \mu_0 H \frac{\partial \vec{V}}{\partial z},$$

следовательно

$$\frac{\partial^2 \vec{b}}{\partial t^2} - V_A^2 \frac{\partial^2 \vec{b}}{\partial z^2} = 0,$$

где

$$V_A^2 = \frac{\mu_0 H^2}{\rho}$$

- известное соотношение, описывающее скорость волны Альвена.

Следовательно, расширение "пузыря" приводит к передаче его энергии окружающей плазме в форме двух волн Альвена, распространяющихся в противоположные стороны ( $\pm \vec{V}_A$ ).

Если инжекция плазмы проходила таким образом, что образовался длинный вытянутый "пузырь", теория позволяет предсказать, что он вследствие наличия двух составляющих скорости  $\pm \vec{V}_A$  распадается на два пламоида, которые в однородном поле разносятся в противоположных направлениях. Этот важный для нас результат доказывается Е.Леви /139/ следующими преобразованиями полученных выше соотношений.

Если длина "пузыря"  $2L > d$ , где  $d$  - радиус квазиполициндрической полости с горячей плазмой, то можно пренебречь  $\partial b_z / \partial z$  по сравнению с  $\partial b_r / \partial r$ . Внешняя среда будет сильнее всего расширяться на концах цилиндра, где возникает веретенообразные искажения магнитных силовых линий (рис.24). Это расширение можно описать сферическими поверхностями радиуса  $L$ , центрированного в полости. Для длинной полости

$$\frac{b_r}{B_0} \approx \frac{d}{L}$$

$$\text{и тогда } \frac{\partial b_r}{\partial r} \approx \frac{dB_0}{L^2}$$

Условие сохранения магнитного потока дает

$$L^2 b_z = d^2 B_0$$

Поэтому

$$\frac{\partial b}{\partial z} \approx \frac{dB_0}{L^3} \approx \frac{d}{L} \cdot \frac{\partial b_r}{\partial r}$$

В начальный момент, в силу уравнения  $\nabla \vec{b} = 0$

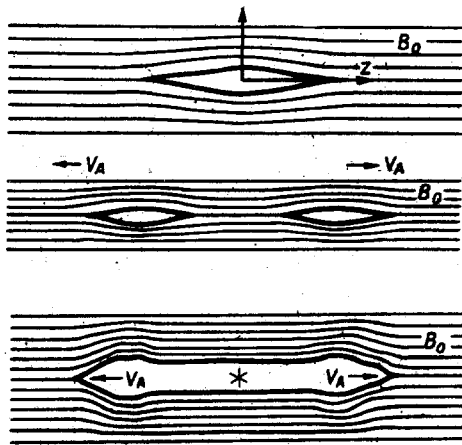


Рис.24. Процесс разделения плазмоида по Е.Леви /139/

нии объем сохраняется. Возникновение двух плазмоеидов происходит как симметричный процесс. Асимметричные объекты, возможно, могут получиться, если учесть гидромагнитные эффекты второго порядка, конечную сжимаемость среды, приближенность величины  $\partial b_z / \partial z$ , ненулевую начальную скорость плазмоида и т.д.

Если уравнение (8) решить с начальными условиями, которые учитывают особенности процесса инжекции, то форма плазмоида может оказаться иной. Например, описывая малое магнитное поле возмущения в начальный момент  $t = 0$  через функции вида:

$$b_r = g(r, z); \quad \left( \frac{\partial b_r}{\partial t} \right)_0 = h(r, z),$$

не равные нулю в ограниченной области, т.е. описывающие локальные начальные деформации однородного поля, получим решение уравнения (8). В него, кроме двух скоростей  $\pm \bar{V}_A$ , войдут выраженные через них функции  $g$  и  $h$ . Е.Леви иллюстрирует такое решение возможной формой плазмоида (см. рис.24). Цилиндрический плазмоеид имеет на концах шаровидные "луковицы", несущие память о начальном процессе формирования плазмоида, который был затем "промодулирован" волнами Альвена. После достижения баланса дав-

форма магнитного поля в радиальном направлении подчиняется уравнению

$$b_r = f_r(z).$$

При этих начальных условиях решение (8) оказывается состоящим из двух слагаемых:

$$\vec{b}_r = \frac{f(z + U_A t)}{2r} + \frac{f(z - U_A t)}{2r},$$

что и указывает на разделение длинной квазицилиндрической полосы на две компоненты, при их движе-

лений плазмоеид движется в магнитном поле, "раздвигая" без сложных деформаций его силовые линии.

Проблема удержания плазмы в пределах магнитной полости и сохранения её формы также рассматривалась для галактических объектов. Чтобы удержать плазму в космическом вакууме энергией магнитного поля, требуется минимальная напряженность этого поля  $H_{min}$ , которую можно оценить приравнявая плотность магнитной энергии к плотности полной внутренней энергии  $U$  плазмы, удерживаемой полем:

$$\frac{\mu_0 H_{min}^2}{2} = \frac{U}{V}, \quad (9)$$

где  $V = \ell S$  - объем плазмы. Напряженность поля, следовательно, будет

$$H_{min} = \sqrt{\frac{2U}{\mu_0 V}} \quad (10)$$

Более сложная модель магнитного плазмоеида Миллса-Стеррока, кроме регулярной компоненты поля  $H$ , учитывает хаотическую компоненту, также способствующую удержанию плазмы. Хаотическое магнитное поле возникает благодаря турбулентному движению газа в головной части плазмоеида /86/.

Соотношения, приведенные в этом разделе, носят весьма общий характер и применимы к широкому диапазону размеров, плотностей и полей замагниченной плазмы. Они не содержат каких-либо ограничений на размеры плазмоеидов.

#### 5.4. Плазмоеидная модель Тунгусского космического тела

Г.И.Петров и В.П.Стулов /87/, решая физическую задачу о взрыве кометного ядра в тропосфере, пришли к заключению, что полная диссипация большой начальной кинетической энергии большого тела возможна лишь для тел малой плотности. В отличие от других теоретиков, анализировавших дробление Тунгусского метеорита, указанные авторы вынуждены были сделать вывод, что Тунгусское космическое тело нельзя считать сплошным объектом или газовым облаком, а следует рассматривать как "рыхлое, но связанное" образование с плотностью не выше  $0,01 \text{ г/см}^3$ , что противоречит /41,

137/ современным представлениям о ядрах комет. Считая, что их результаты "являются единственными, объясняющими все особенности явления", авторы /87/ тем самым фактически относят Тунгусское тело к категории нового класса астрономических объектов.

В.А.Бронштэн /12/, критикуя это утверждение, как гипотезу ad hoc, игнорирует то обстоятельство, что оно является не постулатом, а логическим следствием точного решения уравнения торможения большого метеорита. В той же работе В.А.Бронштэн, анализируя метеорные данные болидной сети, приходит к выводу, что примерно половина ярких болидов следует отнести к новому классу космических тел, отличающихся большой рыхлостью. К этому классу он относит и Тунгусский метеорит. Таким образом, анализ механики разрушения Тунгусского тела, основанный на традиционных представлениях о природе явления, привел некоторых исследователей к выводу о необходимости выхода за рамки этих представлений и введения в теорию явления нетрадиционных моделей космического тела.

Мы считаем, что такой вывод неизбежен при достаточно широком и объективном анализе имеющегося фактического материала, на что давно указывали и другие авторы /41,44/. Еще на первой стадии послевоенного этапа исследований этот вывод сформулировал А.В.Золотов в виде следующего категорического утверждения: "Полет и взрыв Тунгусского космического тела представляет собой необычное и возможно, новое, еще неизвестное человеку явление природы" /44, с.195/.

В качестве такого нового явления мы предлагаем рассмотреть проникновение в тропосферу Земли плазмоида солнечного происхождения. Поскольку такой объект является гипотетическим, его параметры приходится оценивать, основываясь на изложенных выше экспериментальных и теоретических данных, которые попытаемся согласовать с данными наблюдений, параметрами и следами Тунгусского феномена. Рассматриваемую нами модель явления следует оценивать не как "объяснение" феномена, а лишь как рабочую гипотезу, т.е. начальный пункт теоретического и экспериментального изучения феномена с новых позиций.

В настоящее время считается недостаточным, когда рабочая гипотеза дает только правдоподобную модель разрушения болида и формирования ударной волны. Она должна охватывать по возможности

весь комплекс феномена, обеспечивая естественную систематизацию данных. Кроме того, она должна обладать прогностической силой, предсказывая необнаруженные пока следы и постэффекты, а также позволяя оценить перспективность тех или иных направлений исследования.

Происхождение плазмоида. В настоящее время можно рассматривать следующие варианты естественного происхождения плазмоида:

а) отделение плазмы непосредственно с поверхности Солнца в виде микроскопического вспышечного выброса. Такой выброс может быть зарегистрирован лишь чувствительной аппаратурой, находящейся на близком расстоянии к поверхности Солнца. Моделирование этого явления впервые проведено в экспериментах У.Бостика /129/;

б) возникновение макрофлуктуации с большой плотностью плазмы в теле коронарного транзиента, модель которого основательно рассмотрена К.Г.Ивановым /52/ и Р.А.Говардом и др. /134/. Конденсация плазмы может произойти при встрече коронарного транзиента с кометой, с облаком космической пыли, метеорным потоком. В этом случае более вероятно образование целой популяции плазмоидов (см. ниже);

в) возникновение плазмоидов как макрофлуктуаций в вспышечном выбросе или коронарном транзиенте при взаимодействии с верхней атмосферой Земли.

Все три варианта подразумевают не изолированные плазмоиды, а плазменные структуры, окруженные атмосферой из более разреженной плазмы солнечного происхождения. При движении в космическом пространстве плазменная атмосфера плазмоида удерживается у его поверхности благодаря наличию магнитосферной оболочки плазмоида. Учет плазменного окружения плазмоидного объекта позволяет решить проблему оптико-атмосферных аномалий, которые в рамках нашей гипотезы должны трактоваться, как одновременное с плазмоидом вторжение в атмосферу Земли обширного облака водородно-гелиевой плазмы. Фактические данные о длительности различных видов оптических аномалий лучше объясняются вариантом "б", так как он позволяет включить в рассмотрение, кроме плазменной, также пылевую компоненту облака.

Форма главного объекта. Можно принять, что сходство формы ударной волны, рассмотренной Д.Ф.Анфингеновым (см. рис.19), с типичной формой экспериментальных и галактических плазмоидов не

случайно. Веретенообразная форма ударной волны должна более точно моделировать вывал, объяснить эллипсоидную форму области ожога. Она хорошо истолковывает многие показания очевидцев ("цилиндр", "бревно", "метла", "вытянутый ромб" и т.д.). Рисунок Т.Н.Науменко /76/ характеризует отношение горизонтальной оси бо-лида к вертикальной в виде отношения 2:1 (между 2,6:1 и 1,9:1 в разных местах объекта).

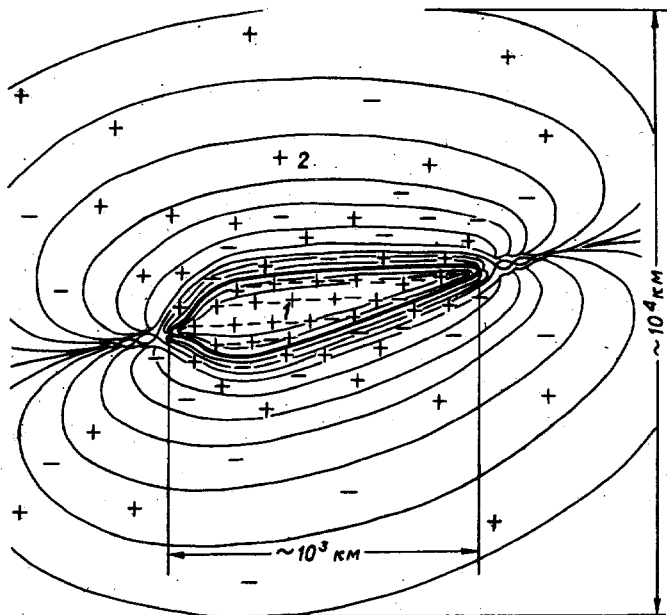


Рис.25. Гипотетическая модель Тунгусского тела - плазмод в космическом пространстве (1 и 2 - зоны)

Следовательно, среди простых форм известных типов магнитных бутылок следует остановиться на модели, представленной на рис.22. Поскольку магнитные силовые линии должны замыкаться, модель Тунгусского тела в космосе с точки зрения гелиофизической гипотезы могла бы выглядеть, например, так, как это изображено на рис.25. Такая форма естественным образом объединяет две зоны плазменной структуры - зону собственно плазмоида (1) и его дальнюю магнито-

сферу (2) с замороженной плазмой низкой плотности. На больших расстояниях поле плазмоида, очевидно, можно описывать как поле магнитного диполя, ослабевающее с расстоянием по закону (см. формулу 4).

**Размеры плазмоида.** Размеры солнечного плазмоида естественно-го происхождения ограничены снизу величиной магнитного поля, удерживающего плазму в космическом пространстве. Минимальная величина напряженности поля определяется из закона сохранения энергии для плазмоида:

$$\frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{U}{V},$$

где  $\mu_0 \vec{H}$  - магнитное поле плазмоида,  $U$  - полная внутренняя энергия захваченной плазмы,  $V$  - объем плазмоида. Следовательно,

$$V = \frac{2U}{\mu_0 H^2}$$

Максимальные зарегистрированные на поверхности Солнца магнитные поля имеют  $H_{max} = 10^3$  э. Если взять  $U = q$ , т.е. приравнять внутреннюю энергию плазмоида тротиловому эквиваленту Тунгусского взрыва, то получим, что

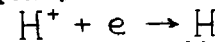
$$V = \frac{2U}{\mu_0 H_{max}^2} = \frac{2,2 \cdot 10^{17}}{1,26 \cdot 10^{-6} (10^3)^2} = 3 \cdot 10^{17} \text{ м}^3 \quad (II)$$

Эффективный радиус при сферической форме объема  $r_{эф} = 6,7 \cdot 10^5 \text{ м} = 670 \text{ км}$ .

Для эллипсоида с отношением большой и малой полуосей  $a:b = 2$  получается  $a = 890 \text{ км}$ ,  $b = 445 \text{ км}$ . Магнитосфера такого плазмоида, если рассматривать его как квазиточечный диполь, простирается на десятки тысяч километров. Так, расстояние, на котором магнитное поле диполя падает от  $10^3 \text{ Гс}$  до  $0,1 \text{ Гс}$  по формуле (4) оценивается в 14 000 км.

**Масса и энергия.** Энергия взрыва неподвижного плазмоида обусловлена реакцией рекомбинации протонов и ионов гелия с электронами при коллапсе плазмоида в плотных слоях атмосферы.

Удельная энергия реакции



точно известна; пренебрегая вкладом He будем считать, что  $Q = 1,3 \cdot 10^9 \text{ Дж/кг}$ . Отсюда однозначно определяется верхний предел масс:

$$m_{\max} = \frac{q}{Q} = \frac{2 \cdot 10^{17}}{1,3 \cdot 10^9} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ кг.}$$

Около 99,9 % масс приходится на Н и Не.

Плотность плазмоида в космическом пространстве оказывается, с учетом формул (II) и (I2),

$$\rho = \frac{m_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1,5 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{17}} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ кг/м}^3.$$

**Внедрение в атмосферу. Скорость.** Объем плазмоида в космическом пространстве, как показывают сделанные оценки, для естественного плазмоида не может быть меньше  $3 \cdot 10^{17} \text{ м}^3$ . Источник первой фазы геомагнитного эффекта имел максимальный объем  $V = 10^{11} \text{ м}^3$ ,

а источник ударной волны, вызвавшей вывал, по-видимому, не более  $10^9 \text{ м}^3$ .

Таким образом, согласование эмпирических данных на основе гелиофизической гипотезы возможно лишь в условиях изменения объема плазмоида при погружении его в атмосферу. Обтекание галактических плазмоидов межзвездной плазмой рассматривается как один из факторов стабилизации их структур /86/. Очевидно, что аналогичный фактор следует учитывать в рассматриваемой задаче. Скоростной напор атмосферы уже на высотах порядка  $10^2 \text{ км}$  становится дополнительной причиной торможения, сжатия и изменения формы тела. Для этого должно выполняться условие

$$\frac{\rho_a V^2}{2} \gg \left( \frac{D}{r_{эф}} \right) \frac{U}{V}, \quad (I3)$$

где  $\rho_a$  - плотность атмосферы,  $D$  - путь, пройденный в атмосфере, остальные обозначения прежние. Взяв  $D \sim 10^2 \text{ км}$ ,  $r_{эф} = 900 \text{ км}$ ,  $U = 2 \cdot 10^{17} \text{ Дж}$ , находим, что для выполнения условия (I3) скорость плазмоида  $V$  должна быть

$$V \gg \sqrt{\frac{2DU}{\rho_a r_{эф}}} \quad (I4)$$

На высоте 200 км плотность атмосферы  $7 \cdot 10^{-11} \text{ кг/м}^3$ , на высоте 100 км -  $8,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ . Для выполнения неравенства (I4) на высоте 200 км требуется скорость 46 км/с, на высоте 100 км - 130 м/с.

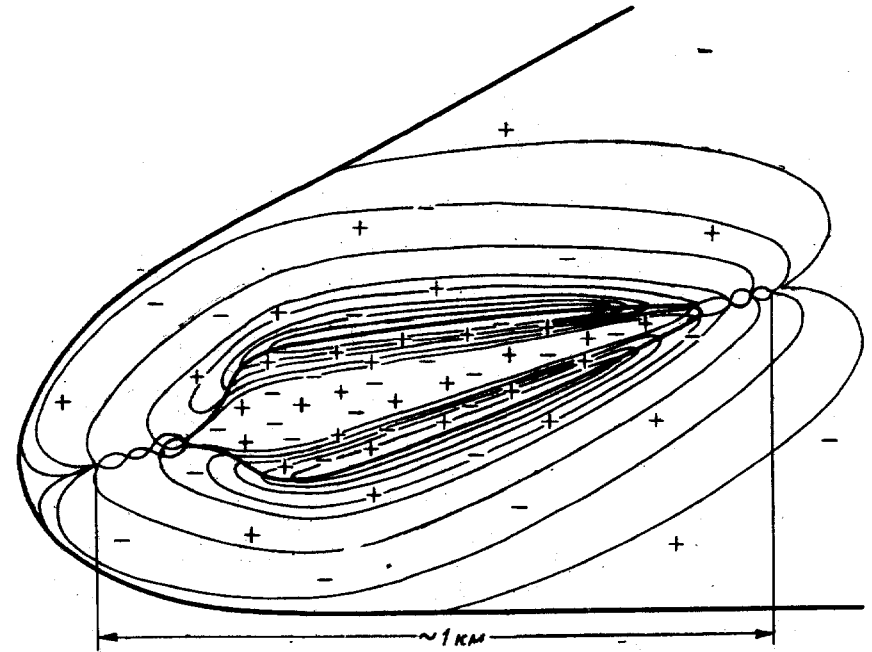


Рис.26. Плазмоид, входящий в атмосферу (ниже 100 км)

Образование ударной волны и нагрев ее аэродинамического потока, обтекающего плазмоид, создает дополнительную причину удержания и сжатия плазмы. Объем плазмоида вследствие этих двух причин по мере погружения в атмосферу уменьшается, а его форма меняется, становясь более вытянутой. Этот вывод рассматриваемой модели можно сопоставить с наблюдением Л.Е.Эпиктетовой /125/, отметившей, что в процессе полета форма тела, по независимым сообщениям очевидцев, претерпевала изменения: "шар", "сноп", "бревно" (рис.26).

Реальный процесс торможения плазменного тела в атмосфере может быть более сложным, чем рассмотренная схема, которую следует считать лишь первым шагом к удовлетворительной теории. Движение плазменного объекта усложняется, например, за счет его взаимодействия с ионосферой. Характерное время торможения объекта, проводимость поверхности которого  $\sum \gg \sum_p$  дано в моно

графии /69/. Педерсеновская проводимость ионосферы  $\sum_p = 10 \text{ Ом}^{-1}$  в дневное время. Минимальные размеры плазмоида в космосе, согласно сделанным оценкам, поперечником  $r_{\text{эф}} = 900 \text{ км}$ , удовлетворяют неравенству

$$r_{\text{эф}} \gg 2 \frac{V}{U_A} \Delta \ell,$$

в котором  $\Delta \ell$  - расстояние до ионосферы.

Если взять  $\Delta \ell \sim 10^2 \text{ км}$ , а скорость волны Альвена  $U_A = 10^3 \text{ км/с}$ , то для  $V \sim 10 \text{ км/с}$  будет

$$\frac{2V}{U_A} = \frac{2 \cdot 10}{10^3} \cdot 10^2 = 2.$$

Следовательно, можно использовать соотношение для хорошо проводящего диска, выведенное В.Б.Ляцким и Ю.П.Мальцевым в варианте для эллипсоида. При соотношении осей эллипсоида 2:1 в знаменателе формулы для характерного времени торможения появится коэффициент 3 и в наших обозначениях формула будет иметь вид:

$$\Delta t = \frac{1}{12} \cdot \frac{m}{\sum_p \cdot r^2}.$$

Формула преобразована для практических расчетов, в связи с чем  $\Delta t$  выражается в минутах,  $m$  - в кг,  $r$  - в км /69/. Используя  $r = r_{\text{эф}}$ , получим

$$\Delta t = \frac{m}{12 \sum_p \cdot r} = \frac{6,7 \cdot 10^7}{12 \cdot 10 \cdot 670^2} = 1,2 \text{ мин.}$$

Эта оценка приводит к заключению о том, что за время  $\Delta t$  пролета значительная часть кинетической энергии плазмоида будет перекачана в ионосферу. Такой вывод противоречит запаздыванию геомагнитного эффекта и, вероятно, свидетельствует в пользу сравнительно небольшой скорости объекта. Действительно, относительная скорость проводящего объекта и зарядов плазмы  $U_x = \frac{cE}{H}$ , где  $H$  - электрическое поле поляризации, являющееся причиной дрейфа магнитосферной плазмы. Малые значения  $E$  (слабое геомагнитное возмущение) соответствуют малым  $U_x$ .

Оценку начальной скорости плазмоида можно сделать на основе предположения (гл. III), о неслучайности вторжения Тунгусского объекта в зону Восточно-Сибирской магнитной аномалии, приближение к которой сопровождается градиентными ускорениями. Эта гипотеза

накладывает существенные ограничения на верхний предел скорости объекта.

Очевидно, что при достаточно большой кинетической энергии космическое тело нечувствительно к воздействию геомагнитного поля. Магнитное поле может влиять на скорость плазменного объекта, если плотность его энергии того же порядка (или больше) объемной плотности кинетической энергии:

$$\mu_0 H^2 \geq \rho V^2. \quad (15)$$

Принимая  $H = 40 \text{ А/м}$ , найдем, что начальная скорость плазмоида будет корректироваться силой магнитного поля, если не превышает существенно величину

$$V_0 = H \cdot \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = 40 \cdot \sqrt{\frac{1,26 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-10}}} = 3 \text{ км/с.}$$

Такая величина скорости тела объясняет отсутствие сигналов на магнитограммах, опережающих или близких по времени к сигналам сейсмографов и барографов.

**Взрыв плазмоида.** Пролет плазмодного болида может быть разделен на три основных этапа на основании самых общих физических представлений. Первый этап - движение в магнитосфере Земли, где происходит "выбор" траектории относительно градиентов геомагнитного поля. Второй этап - вхождение в атмосферу вследствие достаточно высокой начальной скорости, направленной к поверхности планеты. На этом этапе происходит сжатие плазмоида, изменение его формы, резкое увеличение плотности, перестройка магнитосферной оболочки. Третий этап - появление неустойчивостей в плазме из-за нарушения баланса в плазменно-магнитной структуре.

В головной части веретенообразного плазмоида, в поясе, окружающем острие, где действуют наибольшие аэродинамические нагрузки, начинается рекомбинация плазмы. Рекомбинация распространяется на весь объем, вследствие чего объем уменьшается. Происходит деформация и разрушение магнитного поля, резко повышается температура плазмы. В этих условиях возможно возникновение в разных частях объекта благоприятных условий для ускорения электронов. Возникают вспышки жесткого ионизирующего излучения, носящие локальный характер. Высокотемпературная область, аналогичная огненному шару ядерного взрыва, однако имеющая более сложную форму, сохраняет признаки очертания плазмоида в момент

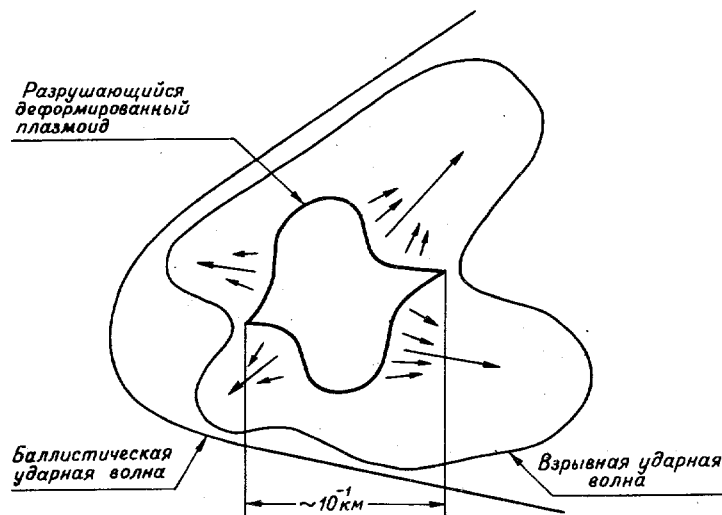


Рис.27. Схема предвзрывной деформации плазмоида в тропосфере

коллапса. Эти очертания сохраняет после отрыва от огненного шара и ударная волна (рис.27). Огненный шар, содержащий остатки ионизированного вещества плазмоида и вовлеченного в него вещества поверхности Земли и атмосферы, поднимается в стратосферу. Продолжающаяся рекомбинация сопровождается рентгеновским и электронным излучением, которое по мере подъема "шара" ионизирует ионосферу, создавая в ней локальный объемный заряд.

Возникновение огненного шара приводит к появлению в нем сложных траекторий зарядов, которые при усреднении сохраняют хаотическую и направленную компоненты. Направленная компонента тока сохраняет память о кинетической энергии, связанной с движением по траектории. Сразу после возникновения электрические токи в огненном шаре фиксируются в парамагнитных и ферромагнитных минералах почвы в эпицентральной области взрыва в виде остаточной намагниченности. После подъема шара на большую высоту (больше 30 км) те же токи вызывают первый импульс, возмущающий геомагнитное поле. Главная фаза геомагнитного возмущения связана с накоплением и релаксацией объемного заряда в ионосфере.

Теоретическая оценка концентрации энергии при взрыве водородного плазмоида, хорошо согласуется с оценкой плотности энергии ударной волны при разрушении леса (см. гл.IV). Энергия, выделяющаяся при рекомбинации протонно-электронной плазмы, при расчете на единицу массы составляет  $1,3 \cdot 10^9$  Дж/кг, что почти на 3 порядка выше удельной теплоты типичных химических реакций, которые можно было бы связать с разрушением известных космических тел (для "эталонного" взрыва литого тротила  $q = 4 \cdot 10^6$  Дж/кг, для фазового взрыва  $SiO_2 - 6,4 \cdot 10^6$  Дж/кг /72/). При оценке концентрации энергии Тунгусского взрыва по изодинамам зоны разрушений мы уточнили, что удельная энергия ударной волны была, примерно в  $10^3$  раз выше, чем при эквивалентном химическом взрыве. Это можно считать подтверждением рассматриваемого механизма взрыва.

Изложенная качественная картина взрыва согласуется с оценками А.Т.Онуфриева /81/, по которым скорость подъема облака взрыва на высоту может занимать интервал времени 5-8 мин и расстёт с мощностью взрыва. Так как плотность воздуха на этой высоте много раз меньше, чем у поверхности Земли, становится возможным возникновение зоны повышенной ионизации с большим радиусом за счет инжекции протонов и электронов, не успевших прорекомбинировать в облаке.

Атмосферно-оптические аномалии в Евразии. Водородно-гелиевая плазма, сопровождает плазмойд благодаря вмороженности силовых линий его периферийного магнитного поля. Это поле простирается вдоль радиуса порядка  $10^5$  км вокруг объекта, ослабевая обратно кубу расстояния. При столкновении с магнитосферой Земли в глубь магнитосферы проникает только та часть плазмы, которая захвачена существенно более сильным магнитным полем вблизи плазмоида. Внешняя плазменная оболочка по мере торможения плазмоида и вхождения его в ионосферу теряет связь с основным объектом и, дрейфуя по магнитосфере, распространяется по большой территории, вызывая оптико-атмосферные аномалии. Кроме водородных, гелиевых и других ионов и электронов, в оболочке, по-видимому, присутствовала и пылевая компонента, с которой естественно связывать тропосферные аномалии. По данным спектрального анализа, в атмосфере Солнца содержатся в повышенных количествах ( $10^{-2} - 10^{-3}$  объемных процентов) те же лёгкие химические элементы, которые широко распространены на Земле. Их трудно отличить от фона (табл.30).



Таблица 30  
Относительное содержание  
химических элементов в атмосфере Солнца  
в водородной шкале  
(с учетом данных Д.Ламберта /136/  
и более поздних дополнений)

Химический элемент	lg N	N
H	12,00	1,0 10 <sup>12</sup>
He	10,95	9,0 10 <sup>10</sup>
O	8,77	5,9 10 <sup>8</sup>
C	8,55	3,5 10 <sup>8</sup>
N	7,93	8,5 10 <sup>7</sup>
Si	7,55	3,5 10 <sup>7</sup>
S	7,21	1,6 10 <sup>7</sup>
Fe	6,51	3,2 10 <sup>6</sup>
Al	6,40	2,5 10 <sup>6</sup>
Ni	6,23	1,7 10 <sup>6</sup>
Na	6,18	1,5 10 <sup>6</sup>
Cr	5,47	3,0 10 <sup>5</sup>
P	5,43	2,7 10 <sup>5</sup>
K	5,05	1,1 10 <sup>5</sup>
Mn	4,88	7,6 10 <sup>4</sup>
Ti	4,50	3,2 10 <sup>4</sup>
V	3,92	8,2 10 <sup>3</sup>
Co	3,53	3,4 10 <sup>3</sup>
Sc	3,04	1,1 10 <sup>3</sup>
Mo	2,6	4,0 10 <sup>2</sup>
Tc	1,37	2,3 10
W	1,1	1,3 10

Принимая содержание Н в солнечной плазме, равным 0,76, и используя значение массы плазмоида 1,5 · 10<sup>8</sup> кг, рассчитанное выше, найдем массу углерода  $m_c$ , доставленного на Землю рассматриваемым объектом:  $m_c = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,76 \cdot 1,5 \cdot 10^8 = 3,4 \cdot 10^4$  кг.

Исследование изотопных соотношений углерода и других химических элементов в районе взрыва может оказаться наиболее перспективным методом обнаружения материальных следов взорвавшегося объекта. Отмеченные черты сходства состава космохимических аномалий в слоях торфа катастрофического периода с составом углистых хондритов /27/ можно рассматривать как указание на близость вещества взорвавшегося объекта к солнечному, имея в виду гипотезу о синте-

зе твердых соединений углерода в солнечных пятнах /132/.

## 5.5. Тунгусский феномен как популяция плазменных образований

Принципиальная возможность конденсации плазмы в космическом пространстве может быть показана на основе общих идей нелинейной термодинамики. Фундаментальное уравнение Г.Николиса и И.Пригожина /78/ позволяет описать спонтанный морфогенез сложных структур как процесс усиления и самоорганизации флуктуаций в неравновесных системах.

Радиальные скорости ионов и электронов в солнечном выбросе составляют сотни км.с<sup>-1</sup>. Столкновение потока, состоящего из таких частиц, с более плотной средой может привести к появлению в нем локальных объемов, в которых преобладают частицы, потерявшие значительную долю первоначальной энергии или импульса. Если мощность потока свободной энергии в таком локальном объеме существенно превышает мощность потока энтропии, появляется возможность образования диссипативных структур - стабилизированных макроскопических флуктуаций. В рассматриваемом случае их следует представлять себе как сгущения плазменного вещества, стабилизированные вмороженным магнитным полем. Г.Николис и И.Пригожин показали, что процесс рождения и стабилизации макрофлуктуаций в неравновесных системах имеет общие черты с возникновением зародышей новой фазы при фазовых переходах.

Поэтому образование целой популяции "зародышей", по-видимому, более вероятно, чем возникновение единичной макрофлуктуации. Необходимым условием возникновения популяции сгущений является неравенство  $\Delta V \ll V - \Delta V$ , которое в нашей задаче легко выполняется: объем  $V$  всей системы - объем транзиента, имеющий величину порядка 10<sup>33</sup> м<sup>3</sup>, объем же плазмоида, по выше сделанным оценкам, 10<sup>17</sup> м<sup>3</sup>.

Распределение вероятностей  $\mathcal{P}_{\Delta V}(t)$  характеризующих подсистему  $\Delta V$ , может быть выражено через число частиц  $X_i$ , находящихся в ней, и через  $X_0$  - число частиц в остальной системе. Скорость изменения  $\mathcal{P}_{\Delta V}$  может быть разделена на две компоненты:

$$\frac{d\mathcal{P}_{\Delta V}(X_i, t)}{dt} = R_{\Delta V}(X_i) + F_{\Delta V, V-\Delta V}(X_i, X_0),$$

где  $t$  - время. Первое слагаемое представляет результат взаимо-

действия частиц в объеме  $\Delta V$ , второе - вклад процессов переноса через поверхность, ограничивающую объем  $\Delta V$ .

Компонента  $F_{\Delta V, V-\Delta V}$  может быть выражена через сумму, в которую входит произведение эффективной диффузионной частоты  $\delta$ , характеризующей переход частиц через поверхность возникшей структуры и нелинейного члена  $X_i$ , имеющего смысл среднего числа частиц. Частота  $\delta$  выражается через коэффициент диффузии  $D$ , среднюю длину свободного пробега  $\ell$  и длину когерентности флуктуаций  $L$ :

$$\delta \cong \frac{D}{\ell L}$$

Величина  $L$  определяет судьбу возникшей в объеме  $\Delta V$  флуктуации - она либо затухает, либо усиливается /78/. Подробный количественный расчет модели Тунгусского космического тела и других объектов на основе изложенных общих представлений пока не выполнен. Это отдельная, весьма сложная задача. Попытки расчета "магнитных бутылок", удерживающих плотную плазму, предпринимавшиеся, например, для объяснения явления шаровой молнии, пока не привели к созданию универсальной количественной теории таких структур /101/. Однако хорошо известные факты длительного существования шаровой молнии и подобных ей объектов указывают на принципиальную возможность решения такой задачи.

Образование популяции плазмоедов может быть обосновано выше-рассмотренными лабораторными экспериментами, в которых плазмоед легко разделялся на две части. Наблюдение нескольких необычных космических тел в одном и том же регионе, двигающихся из разных направлений примерно к одному пункту, с точки зрения метеоритики - событие невероятное. Тем не менее анализ сообщений очевидцев по большой территории заставляет рассмотреть и такой вариант согласования их наблюдений. Сообщения эвенков из района Ванавары, по данным Сулова, приводят к однозначному выводу о многократных взрывах, разделенных интервалом времени порядка нескольких минут (если не больше) /22/. Имеются сообщения и о нескольких вспышках, разделенных такими же промежутками времени. Поскольку самописцы в Иркутске зарегистрировали только один взрыв и разрушения на местности однозначно указывают на единственный эпицентр взрыва, эти сообщения можно интерпретировать так, что кроме основного взрыва имели место и несколько других, менее

мощных, не оставивших следов ни на лентах самописцев, ни на местности.

Впрочем, анализ карты средних направлений повала деревьев, составленной В.Г.Фастом /110/ (см. рис.3), дает основания для предположения, по крайней мере, об одном предшествующем эффекте, возможно, запечатленном на местности. Речь идет о симметричных "узорах" изолиний средних направлений повала в южном крыле вывала. Ось симметрии этой аномалии вывала имеет азимут  $168^\circ$ , который можно сопоставить с азимутом последнего варианта южной траектории И.С.Астаповича /7/ (см. рис.9), а именно  $173^\circ$ . Можно предположить, что эта аномалия отражает действие баллистической или взрывной волны одного из плазмоедов, достигших района Куликовского палеовулкана с южного направления до основного взрыва.

Основной взрыв, возможно, замаскировал более локальные взрывы, оставившие следы в виде небольших центров воздействий. Мощность этих взрывов была недостаточна для записи их приборами, а высота над поверхностью земли была значительно меньше 5 км.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый ракурс решения проблемы по выяснению природы Тунгусского феномена основан на разработке гелиофизической модели явления. Переход к новой парадигме был вызван нарастающей неопределенностью решения проблемы по мере накопления новых данных и мобилизации архивных сообщений. Кроме того, баллистико-кометные модели оказались "узкими" при попытках разрешить противоречия вещественного и энергетического характера. Требовала новых концепций и сама логика развивающихся исследований, ориентированная на интеграцию фрагментов общего сценария явления с учетом предшествующих и последующих процессов.

Информационным фоном при разработке гелиофизической гипотезы были многочисленные предположения содержательного уровня, либо количественные оценки того или иного параметра явления. Начальная разобщенность и частность теоретических и расчетных результатов играла также и положительную роль в наших разработках. Эта роль касалась контроля этапов появления расчетных данных по

новой модели; поскольку основательность расчетов по баллистике и взрыву целым рядом высококвалифицированных специалистов не подлежит сомнению. Поэтому количественные оценки, проводимые в рамках гелиофизической модели, получили своеобразную ревизию на подтверждение или опровержение.

На наш взгляд, разработанная гипотеза позволила снять ряд устойчивых трудностей и глубоких противоречий, встречаемых во всех попытках обобщения полевых и архивных данных, таких, например, как несоответствие вещественных остатков масштабу энерговыделения, сложность ударной волны, несовместимость нескольких вариантов траектории, причины мощной ионизации верхней атмосферы, наличие предшествующих и последующих процессов. Кроме того, введение новой парадигмы в исследование проблемы увеличивает разнообразие новых задач, обогащает возможности поиска дальнейших предположений, относящихся к выяснению специфики солнечно-земных взаимосвязей и созданию обобщенного геофизического портрета Земли /34, 90, 92, 93, 103, 134, 143/.

Таковыми предположениями могут быть следующие:

1. Инжекция высококонцентрированной солнечной энергии вблизи мировой Восточно-Сибирской аномалии может быть частью определенного космофизического процесса. Эпизод 1908г. является одним из случаев в цепи подобных процессов, которые составляют основу солнечно-земных связей, возможно, в виде энерго-информационных перетоков.

2. Путь решения Тунгусской проблемы может оказаться близким к решению общих и частных проблем гео- и космофизики при исследовании возможностей возникновения и существования устойчивых плазменных образований в эволюционном развитии Солнечной системы.

3. Наземными "образцами" таких образований могут быть шаровые молнии (с поперечником более метра) и другие устойчивые формы энергонасыщения, которые по своей природе могут приближаться к свойствам вышеупомянутых плазмоидов солярного и земного генезиса /9, 101, 130, 140, 142/.

4. Рассмотрение Тунгусского феномена в новом ракурсе стимулирует ряд вопросов по созданию общего геофизического портрета Земли, магнитонесущий каркас которой выявляется уже достаточно основательно не только с точки зрения геометрии, основных магнитных носителей, но и с позиций их функционирования в историческом развитии Земли.

Естественно также, в плане поиска подтверждающих или опровергающих фактов и предположений, наметить некоторые русла прогноза, профилирующие дальнейшие исследования. В этом отношении наиболее важным оказался бы случай идентификации вещественного состава солнечного выброса и следов вещества Тунгусского взрыва. Способ, которым может быть достигнута такая идентификация, состоит в сравнении изотопного состава  $C^{12}/C^{13}$  на Солнце и в определении  $C^{12}/C^{13}$  в районе катастрофы. Это исследование не безнадежно, поскольку имеющиеся оценки изотопного отношения /136/ говорят о сильном "облегчении" углерода ( $C^{12}/C^{13} = 150 \pm 30$ ) для Солнца. Если принять во внимание, что для Земли  $C^{12}/C^{13} = 89$ , то не исключена возможность выявления на площади вывала соответствующей изотопной аномалии.

Согласно нашей гипотезе, кроме шаровых молний и корональных транзиентов в космическом пространстве солнечной системы, существуют плазменные объекты промежуточных размеров, которые должны быть обнаружены в процессе дальнейшего развития космонавтики и астрономии.

Лабораторные эксперименты по инъекции плазмы в магнитное поле могут быть проведены также с борта обитаемой орбитальной станции. Такие эксперименты могли бы внести ясность в вопрос о механизме формирования траектории плазмоида в магнитосфере и возможности его "наведения" в районы геомагнитных аномалий.

Геофизические последующие эффекты Тунгусского феномена указывают на возможность подобных же эффектов после аналогичных техногенных воздействий. Метеорологические, биосферные, магнитосферные последствия таких воздействий, представляя самостоятельный интерес, могли бы прояснить "космогеофизический смысл" Тунгусского феномена как события в последовательности энергоинформационных связей в Солнечной системе.

Геохимические следы феномена с точки зрения гелиофизической гипотезы могут быть однозначно идентифицированы в процессе исследований кларков и изотопных отношений химических элементов, выбрасываемых при солнечных вспышках. Водород, составлявший основную часть массы плазмоида, был инжектирован в атмосферу Земли в состоянии высокой реакционной способности. Вполне вероятно обнаружение продуктов химического взаимодействия протонов и атомарного водорода с минеральными и органическими частицами почвы и растительности, втянутыми в огненный шар взрыва.

Моделирование взрывного разрушения плазмоида у поверхности Земли может воспроизвести не только форму ударной волны, но и биосферные и магнитные аномалии.

Составление каталога и карт палеомагнитного поля в районе Тунгусского взрыва с той же степенью детализации, что и поля аэродинамических сил, запечатленных в вывале леса, позволит существенно обогатить информацию о источнике взрыва. Сопоставление независимой информации, полученной по магнитным следам феномена, с данными о механических разрушениях и термическом действии, по-видимому, сделает возможным почти однозначное физическое решение обратной задачи о Тунгусском явлении, т.е. расшифровку причинно-следственных связей феномена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. М.: Мир, 1974. 206 с.
2. Алексеев А.С., Ваньян Л.Л., Бердичевский М.Н. и др. Схема астеносферных зон Советского Союза. - Докл. АН СССР, 1977, т.234, № 4, с.790-793.
3. Андреев К.К., Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ. М.: Оборонгиз, 1960. 595 с.
4. Анфиногенов Д.Ф. О Тунгусском метеоритном дожде. - В кн.: Успехи метеоритики. Новосибирск: Изд. ИГиГ, 1966, с.20-22.
5. Анфиногенов Д.Ф., Будаева Л.И. Болиты лета-осени 1908г. в средних широтах Евразии в связи с проблемой Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритные исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, 1984, с.22-30.
6. Астапович И.С. Новые материалы по полету большого метеорита 30 июня 1908г. в Центральной Сибири. - Астроном. журнал, 1933, вып.10, № 4, с.465-468.
7. Астапович И.С. Большой Тунгусский метеорит. - Природа, 1951, № 2, с.23-32; № 3, с.13-23.
8. Астапович И.С. К вопросу траектории и орбите Тунгусской кометы. - В кн.: Физика комет и метеоров. Киев: Наукова думка, 1965, с.105-112.
9. Барри Дж. Шаровая молния и четочная молния. (Пер. с англ.). М.: Мир, 1983. 288 с.
10. Бояркина А.П., Бронштэн В.А., Станюкович А.К. Нестационарные взаимодействия ударных волн в газодинамических задачах метеоритики. - В кн.: Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. Новосибирск: Наука, 1980, с.115-138.
11. Бояркина А.И., Сидорас С.Д. Палеомагнитные исследования в районе падения Тунгусского метеорита. - Геол. и геофиз., 1974, № 3, с.79-84.

12. Бронштэн В.А. Тунгусский метеорит и болиты Прерийной сети. - Астроном. вестник, т.10, № 2, 1976, с.73-80.
13. Бронштэн В.А. О методах расчета взрывной и баллистической волны Тунгусского метеорита. - В кн.: Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. Новосибирск: Наука, 1980, с.156-163.
14. Бронштэн В.А., Бояркина А.П. Расчеты воздушных волн Тунгусского метеорита. - Проблемы метеоритики. Новосибирск: Наука, 1975, с.47-63.
15. Бруд Г.Л. Действие ядерного взрыва. - В кн.: Действие ядерного взрыва. М.: Мир, 1971, с.9-88.
16. Булкер Г.И. Публикация об открытиях № 30. - Бюлл. изобретений, 1964, № 18. 5 с.
17. Булкин Г.А. Введение в статистическую геохимию. Л.: Недра, 1972. 207 с.
18. Васильев Н.В. Состояние проблемы Тунгусского метеорита на начало 1974г. - В кн.: Проблемы метеоритики. Новосибирск: Наука, 1975, с.3-12.
19. Васильев Н.В., Бояркина А.П., Пресс К.Ф. и др. Статистическая обработка данных спектрального анализа торфа в районе падения Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск: Наука, 1983, с.122-129.
20. Васильев Н.В., Демин Д.В., Журавлев В.К. и др. Современное состояние исследований Тунгусского метеорита. - В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.5-14.
21. 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.
22. Васильев Н.В., Ковалевский А.Ф., Разин С.А., Эпиктетова Л.Е. Показания очевидцев Тунгусского падения. Томск, 1981. (Деп.ВИНИТИ, № 5350-81).
23. Власов В.И., Чашей И.В., Шишов В.И., Шишова Г.Н. Межпланетная плазма по радиоастрономическим данным. - Геомагнетизм и аэронавигация, 1979, т.ХІХ, № 3, с.401-424.
24. Воробьев В.А., Демин Д.В. Новые результаты исследования термических поражений лиственниц в районе падения Тунгусского метеорита. - В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.53-63.
25. Гиндилис Л.М., Меньков А.А., Петровская И.Г. Наблюдения аномальных атмосферных явлений в СССР. (Статистический анализ). Препринт - 473. М.: Изд. ИКИ АН СССР, 1979. 74 с.
26. Голдсмит Д., Оуэн Т. Поиск жизни во Вселенной. М.: Мир, 1983. 318 с.
27. Голенецкий С.П., Степанюк В.В., Колесников Е.М. Признаки космохимической аномалии в районе Тунгусской катастрофы 1908г. - Геохимия, 1977, № 11, с.1635-1645.
28. Головкин В.П., Коломийцева Г.И., Коношенко Л.П., Семёнова Г.М. Каталог среднегодовых значений элементов геомагнитного поля мировой сети магнитных обсерваторий. М.: Изд. ИЗМИРАН, вып.ХVІ, 1983. 342 с.
29. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Аронов Е.Л. О высокочастотном электромагнитном излучении при сейсмической активности. - Докл. АН СССР, 1979, т.248, № 5, с.1077-1060.
30. Григорян С.С. К вопросу о природе Тунгусского метеорита. - Докл. АН СССР, 1976, т.231, № 1, с.57-60.

31. Действие ядерного оружия. М.: Воениздат, 1963. 683 с.
32. Джонсон М., Липпман Б. Электромагнитные сигналы космического ядерного взрыва. - В кн.: Ядерный взрыв в космосе на земле и под землей. М.: Воениздат, 1974, с.23-37.
33. Дивари Н.Б. Явления сопровождавшие падения метеоритного дождя и его атмосферная траектория. - В кн.: Сихотэ-Алиньский железный метеоритный дождь. Т.1. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с.26-98.
34. Дмитриев А.Н. Физические особенности процесса аккумуляции солнечной энергии кристаллическим веществом Земли. - Геол. и геофиз., 1963, № II, с.95-104.
35. Долгов Ю.А. К итогам работ Комиссии по метеоритам и космической пыли СО АН СССР. - В кн.: Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. Новосибирск: Наука, 1980, с.3-21.
36. Долгов Ю.А., Васильев Н.В., Шугурова Н.А. и др. Химический состав силикатных шариков из торфов района падения Тунгусского метеорита. - Докл. АН СССР, 1971, т.200, № I, с.201-204.
37. Драгавцев В.А., Лаврова Л.А., Шеханова Л.Г. Экологогенетический анализ линейного прироста сосны обыкновенной в районе Тунгусской катастрофы 1908г. - В кн.: Проблемы метеоритики. Новосибирск: Наука, 1975, с.132-141.
38. Журавлев В.К. К вопросу об интерпретации геомагнитного эффекта 1908г. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во ун-та, 1963, с.195-197.
39. Журавлев В.К., Демин Д.В., Демина Л.Н. О механизме магнитного эффекта Тунгусского метеорита. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып.2, Томск: Изд-во ун-та, 1967, с.154-161.
40. Зенкин Г.М., Ильин А.Г. О лучевом ожоге деревьев в районе взрыва Тунгусского метеорита. - Метеоритика, 1964, вып.24, с.128-140.
41. Зигель Ф.Ю. К вопросу о природе Тунгусского тела. - В кн.: Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск: Наука, 1983, с.151-161.
42. Золотов А.В. К вопросу о зависимости геомагнитного эффекта, вызванного ядерным взрывом, от высоты взрыва. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып.2. Томск: Изд-во ун-та, 1967, с.162-167.
43. Золотов А.В. К вопросу о концентрации энергии при взрыве Тунгусского космического тела. - Журнал техн.физики. Вып.11, т.37, 1967, с.2089.
44. Золотов А.В. Проблема Тунгусской катастрофы 1908 года. Минск: Наука и техника, 1969. 204 с.
45. Зоткин И.Т. Об аномальных оптических явлениях в атмосфере связанных с падением Тунгусского метеорита. - Метеоритика, 1961, вып. XX, с.40-53.
46. Зоткин И.Т., Цикулин М.А. Моделирование взрыва Тунгусского метеорита. - Докл. АН СССР, 1966, т.167, № I, с.59-62.
47. Зосимович И.Д. Геомагнитная активность и устойчивость корпускулярного поля Солнца. М.: Наука, 1981. 190 с.
48. Иванов К.Г. О причине последующих изменений поля в геомагнитном эффекте Тунгусского метеорита. - Геомагнетизм и аэронамия, 1961, т.1, № 4, с.616-618.
49. Иванов К.Г. Геомагнитные явления, наблюдавшиеся на Иркутской магнитной обсерватории вслед за взрывом Тунгусского метеорита. - Метеоритика, 1961, вып. XXI, с.46-48.
50. Иванов К.Г. Геомагнитные эффекты взрывов в нижней атмосфере. - Геомагнетизм и аэронамия, 1962, т.П, № I, с.153-160.
51. Иванов К.Г. О высоте взрыва Тунгусского метеорита. - Астроном. журнал, 1963, т.40, вып.2, с.329-331.
52. Иванов К.Г. Классификация вспышечных ситуаций на Солнце и изолированное возмущение в околосолнечном, межпланетном и околоземном пространстве. - В кн.: Межпланетная среда и магнитосфера Земли. М.: Наука, 1982, с.3-25.
53. Иванов А.И., Рыбкин Г.И. Поражающее действие ядерного взрыва. М.: Воениздат, 1960. 380 с.
54. Иванова Г.М., Львов Ю.А., Ковалевский А.Ф. Новые опросные данные о падении Тунгусского метеорита, полученные в 1964г. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып.2. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.31-35.
55. Идлис Г.М., Карягина З.В. О кометной природе Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритика, вып. XXI. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с.32-43.
56. Калинин Ю.Д. Геомагнитные вековые вариации в СССР и внутреннее строение Земли. М.: Гидрометеиздат, 1946. 47 с.
57. Карзас У., Латтер Р. Электромагнитное излучение космического ядерного взрыва. - В кн.: Ядерный взрыв в космосе, на земле и под землей. М.: Воениздат, 1974, с.31-50.
58. Касьяченко Л.Г. Влияние изменений магнитного поля Земли на наблюдаемой аномалии. - Геомагнетизм и аэронамия, 1979, т. XIX, № 3, с.576-579.
59. Ковалевский А.Ф. К вопросу о механизме геомагнитных эффектов крупных взрывов. - Тр. СФТИ при Томском ун-те, 1962, вып. 41, с.87-91.
60. Ковалевский А.Ф. Магнитный эффект взрыва Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во ун-та, 1963, с.187-194.
61. Коненкин В.Г. Сообщения очевидцев о Тунгусском метеорите 1908 года. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып.2, Томск: Изд-во ун-та, 1967, с.31-35.
62. Коробейников В.П., Чушкин П.И., Шуршалов Л.В. О расчете наземных разрушений при воздушном взрыве метеорита. - В кн.: Космическое вещество на Земле. Новосибирск: Наука, 1976, с.66-71.
63. Коробейников В.П., Чушкин П.И., Шуршалов Л.В. Моделирование и расчет взрыва Тунгусского метеорита. - В кн.: Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. Новосибирск: Наука, 1980, с.115-138.
64. Кринов Е.Л. Тунгусский метеорит. М.-Л.: Изд-во АН СССР 1949. 196 с.
65. Ксанфомалити Л.В. Электрическая активность атмосферы Венеры. - Космические исследования, 1983, т. XXI, вып.2, с.279-295.
66. Кулик Л. Бразильский двойник Тунгусского метеорита. - Природа и люди, 1931, № 13-14, с.6-11.
67. Левин Б.Ю. К вопросу о скорости и орбите Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритика. Вып. XI, М.: Изд-во АН СССР, 1954, с.132-136.
68. Логико-информационные исследования в геологии / Дмитриев А.Н., Красавчиков В.О., Смертин Е.А. и др. Новосибирск: Изд. ИГиГ, 1977. 146 с.
69. Ляцкий В.Б., Мальцев Ю.П. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие. М.: Наука, 1983. 190 с.
70. Львов Ю.А., Васильев Н.В. Лучистый ожог деревьев в районе падения Тунгусского метеорита. - В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.53-57.
71. Львов Ю.А., Васильев Н.В., Ваулин П.П. и др. Зола в слое торфа 1908 года. - В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.94-98.

72. Мартынюк М.М. Роль фазового взрыва космического вещества в процессе разрушения метеоритов. - В кн.: Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. Новосибирск: Наука, 1980, с.168-177.

73. Маслов Е.В. К вопросу о высоте и мощности взрыва Тунгусского метеорита. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во ун-та, 1963, с.105-112.

74. Матвеев М.И., Портянский А.Н., Лунешкин С.Б. Анализ высокоширотных геомагнитных эффектов в атмосферном электричестве. - В кн.: Исследование геомагнетизма и аэронамии и физики Солнца. М.: Наука, 1981, вып.57, с.147-152.

75. Намгаладзе А.А., Пушкова Г.Н., Шашункина В.М., Юдович Л.А. О проникновении магнитосферного электромагнитного поля в среднеширотную ионосферу. - Геомагнетизм и аэронамия, 1979, т. XIX, № 3, с.447-453.

76. Науменко Т.Н. Наблюдение полета Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритика. М.: Изд-во АН СССР, 1941, вып. II, с.119-120.

77. Некрасов В.И., Емельянов Ю.М. Изучение роста леса в связи с проблемой Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритика. Вып. XXIV, М.: Наука, 1964, с.152-161.

78. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.

79. Ночные светящиеся облака и оптические аномалии, связанные с падением Тунгусского метеорита / Н.В. Васильев, В.К. Журавлев, Р.К. Журавлева и др. М.: Наука, 1965. III с.

80. Обашев С.О. Геомагнитном эффекте Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритика. Вып. XXI. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с.49-51.

81. Онуфриев А.Т. Теория движения вихревого кольца под действием силы тяжести. Подъем облака атомного взрыва. - Журнал приклад. мех. и техн. физ. (ПМТФ), 1967, № 2, с.3-15.

82. Падение метеоритов и образование континентов. - Природа, 1983, № 1. с.116.

83. Палеомагнитология / А.Н. Храмов, Г.И. Гончаров, Р.А. Комиссарова и др. Л.: Недра, 1982. 322 с.

84. Пасечник И.П. Оценка параметров взрыва Тунгусского метеорита по сейсмическим и микросарографическим данным. - В кн.: Космическое вещество на Земле. Новосибирск: Наука, 1976, с.24-54.

85. Паркер Е. Космические магнитные поля. Ч. I. М.: Мир, 1982. 608 с.

86. Пахольчик А. Радиогалактики. М.: Мир, 1980. 239 с.

87. Петров Г.И. Стулов В.П. Движение больших тел в атмосферах планет. - Космич. исследования, 1975, т.13, № 4, с.587-594.

88. Плеханов Г.Ф., Ковалевский А.Ф., Журавлев В.К., Васильев Н.В. О влиянии взрыва Тунгусского метеорита на геомагнитное поле. - Геол. и геофиз., 1961, № 6, с.94-95.

89. Покровский Г.И. О возможном варианте взрыва метеоров. - В кн.: Метеоритика. Вып. XXIV. М.: Наука, 1964, с.108-111.

90. Поспелов Г.Л. Об "очаговой зоне" земной коры, "магматогенной короне" Земли, "ареалах магматизма", и "структурных ассоциациях интрузивов". - Изв. АН СССР. Сер. геол., 1959, № 3, с.19-35.

91. Поспелов Г.Л. Об основных структурно-энергетических уровнях возможных состояний реальных магмомасс Земли. - Геол. и геофиз., 1970, № 5, с.14-29.

92. Поток солнечной энергии и его изменения / Ред. О.Уайт. М.: Мир, 1980. 658 с.

93. Проявление космических факторов на Земле и звездах / Ред. В.С. Попов. М.-Л.: ВАГО АН СССР, 1980. 263 с.

94. Путьгин Б.В. О воздействии на Землю излучения при полете крупных метеоритных тел в атмосфере. - Докл. АН СССР, 1980, т.252, № 2, с.318-320.

95. Разин С.А. Оценка координат источника ожоговых повреждений по распределению интенсивности поражающего воздействия в районе падения Тунгусского метеорита. - В кн.: Космическое вещество на Земле. Новосибирск: Наука, 1976, с.66-71.

96. Ротанова Н.М., Пушков А.Н. Глубинная электропроводность Земли. М.: Наука, 1982. 294 с.

97. Рыкунов Л.Л. Сопоставление крупномасштабных особенностей геофизических полей. - Доклад АН СССР, 1982, т.267, № 6, с.1336-1340.

98. Савинский К.А., Тутолесов А.А. Геофизические характеристики и некоторые особенности глубинного строения Сибирской платформы. - В кн.: Региональные геофизические исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, 1967, с.59-74.

99. Савченко Ю.Н. Геомагнитные возмущения ударными волнами крупных метеоритных тел. - Геомагнетизм и аэронамия, 1975, т. XV, № 6, с.1047-1053; 1976, т. XVI, № 3, с.518-525.

100. Сапронов Н.Л., Соболенко В.М. Некоторые черты геологического строения Куликовского палеовулкана нижнетриасового возраста. - В кн.: Проблемы метеоритики, Новосибирск: Наука, 1975, с.13-19.

101. Сингер С. Природа шаровой молнии. М.: Мир, 1973. 239 с.

102. Соболев Г.А., Демин В.М. Механоэлектрические явления в Земле. М.: Наука, 1980. 215 с.

103. Солнечные вспышки / Алтынецов А.Т., Банин В.Г., Кукулин Г.В., Томозов В.М. М.: Наука, 1982. 247 с.

104. Станюкович К.П., Шалимов В.П. О движении метеоритных тел в атмосфере Земли. - В кн.: Метеоритика, Вып. XX. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с.54-58.

105. Степанов В.Е., Касинский В.В., Томозов В.М. Международная программа "Год солнечного максимума" - основные результаты. - Природа, 1983, № 12, с.82-90.

106. Суворов И.И. Некоторые воспоминания очевидцев Тунгусского падения. - В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.35-38.

107. Сурдин В.Г., Ромейко Б.А., Коваль В.И. К вопросу о Тунгусском метеорите. - Астроном. циркуляр., 1982, № 1206, с.1-8.

108. Сытинская Н.Н. К вопросу о траектории Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритика, Вып. XIII. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с.86-91.

109. Фадеев Ю.И. Разрушение метеоритных тел в атмосфере. - Физика горения и взрыва, 1967, т.3, № 2, с.276-280.

110. Фаст В.Г. Статистический анализ параметров Тунгусского вывала. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып.2, Томск: Изд-во ун-та, 1967, с.40-61.

111. Фаст В.Г., Бояркина А.Л., Бакланов М.В. Разрушения, вызванные ударной волной Тунгусского метеорита. - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып.2. Томск: Изд-во ун-та, 1967, с.62-104.

112. Фаст В.Г., Ковалевский А.Ф., Плеханов Г.Ф. Некоторые замечания к статье Г.М.Иддиса и З.В.Каргиной "О кометной природе Тунгусского метеорита". - В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во ун-та, 1963, с.203-211.

113. Фаст Н.П., Фаст В.Г. О возможном влиянии падения Тунгусского метеорита на осадки лета 1908 года. - В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.132-142.
114. Фаст В.Г., Фаст Н.П., Голенберг Н.А. Каталог повала леса, вызванного Тунгусским метеоритом. - В кн.: Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск: Наука, 1983, с.24-74.
115. Фесенков В.Г. О природе Тунгусского метеорита. - В кн.: Метеоритика. Вып. XX. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с.27-31.
116. Фесенков В.Г. Проблемы падения Тунгусского метеорита. - Астроном. журнал, 1966, т.43, № 2, с.242-265.
117. Физические основы прогнозирования магнитосферных возмущений / М.И. Пудовкин, В.П. Козелов, Л.Л. Лазутин и др. Л.: Наука, 1977. 312 с.
118. Фурьев В.В. Лесные пожары в районе падения Тунгусского метеорита и их влияние на формирование лесов. - В кн.: Проблемы метеоритики. Новосибирск: Наука, 1975, с.72-87.
119. Физический энциклопедический словарь. Т. IV. М.: Сов. энциклопедия, 1965, с.168-169.
120. Фотиади Э.Э., Каратаев Г.И. Стрoение земной коры Сибири и Дальнего Востока по данным региональных геофизических исследований. - Геол. и геофиз., 1963, № 10, с.94-114.
121. Цветков В.И., Бояркина А.П. Результаты опроса новых очевидцев падения Тунгусского метеорита 1908г. - В кн.: Метеоритная материя в атмосфере Земли. М.: Наука, 1966, с.81-92.
122. Цикулин М.А. Приближенная оценка параметров Тунгусского метеорита 1908г. по картине разрушений лесного массива. - В кн.: Метеоритика. Вып. XX. М.: Наука, 1969, с.87-94.
123. Цикулин М.А. Ударные волны при движении в атмосфере крупных метеоритных тел. М.: Наука, 1969. 86 с.
124. Шило Н.П., Николаевский А.А. Плотностная характеристика верхней мантии территории СССР. - Докл. АН СССР, 1983, т.271, № 5, с.1199-1202.
125. Эпиктетова Л.Е. Новые показания очевидцев падения Тунгусского метеорита 1908г. - В кн.: Вопросы метеоритики. Томск: Изд-во ун-та, 1976, с.20-34.
126. Ядерный взрыв в космосе, на земле и под землей. (Электромагнитный импульс ядерного взрыва). М.: Воениздат, 1974. 234 с.
127. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л.: Изд-во ун-та, 1978. 578 с.
128. Ben-Menahem A. Source parameters of the Siberian explosion of June 30, 1908, from analysis and synthesis of seismic signals at for stations. - Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1975, v.11, p.1-35.
129. Bostick W.H. a) Experimental Study of Ionized Matter Projected Across a Magnetic Field. - Phys. Rev., 1956, v.104, N 3, p.292-299; b) Experimental Study of Plasmoids. - Phys. Rev., 1957, v.106, N 3, p.404-412.
130. Fireballs, volcanism and quakes. - Geotimes, 1982, v.27, N 7, p.27-28.
131. Greenberg J.M. What are comets made of? - Very dirty snowballs. - Occas. Repts. Roy. Observ., Edinburgh, 1982, N 9, p.24-31.
132. Hemenway C.L., Erkes J.W., Greenberg J.M.A.O. Do Some of the sub-micrometer cosmic dust particles come from the Sun? - COSPAR Space Research XIII. Berlin, Akad. Verlag, 1973, p.1121-1125.
133. Hope E.R. Geotectonics of the Arctic Ocean and the Great Arctic Magnetic Anomaly. - J. Geophys. Res., 1959, v.64, N 4, p.407-428.
134. Howard R.A., Michels D.J., Sheeley W.R., Koomen M.J. The observation of a coronal transient directed at Earth. - Astrophys. Journal., 1982, v.263, N 2, pt.2, p.101-104.
135. Kanelakos D.P. Response of the ionosphere to the passage of acoustic-gravity waves generated by low-altitude nuclear explosions. - J. Geophys. Res., 1967, v.72, N 17, p.4559-4576.
136. Lambert D.L., Mallia E.A. The  $C^{12}/C^{13}$  ratio in the solar photosphere. - Astrophys. Letters, 1968, v.1, p.85-87.
137. Lang B. The Astapovich-Whipple-Fessenkov (AWF) hypothesis and the mechanism of the Tunguska explosion of 1908. - Meteoritics, 1979, v.14, N 4, p.468-469.
138. Lehnert B. Dynamics of Charged Particles. Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1964. 300 p.
139. Levy E. The dynamics of hydromagnetic bubbles and double radiosources. - Astrophys. Journal., 1971, v.164, p.23-37.
140. Maccabee S. Photometric properties of a bright object seen of the coast of New Zealand. - Applied Optics, 1979, v.18, N 15, 2527 p.
141. Millman P.M. Cometary meteoroids. - In: Nobel Symposium 21. From plasma to planet. Stockholm: Almaquist and Wiksel, 1971, p.157-168.
142. Persinger M.A., Lafrenière G.F. Space-Time Transients and Unusual Events. Chicago: Nelson-Hall, 1977. 260 p.
143. Porath H., Dziewonski A. Crustal resistivity anomalies from geomagnetic deep-soundings studies. - Rev. Geophysics and Space Physics, 1971, N 9, p.891-915.
144. Scorer R.S. The dispersion of a pressure pulse in the atmosphere. - Proc. Roy. Soc., 1950, v.201, N 1064, p.137-157.
145. Turko R.P., Toon O.B., Park C. et al. An analysis of the physical, chemical, optical and hysterical impacts of the 1908 Tunguska meteor fall. - Icarus, 1982, v.50, N 1, p.1-52.
146. Whipple F.L.W. On phenomena related to the Great Siberian Meteor. - Quart. J. the Royal Meteorolog. Soc., 1934, N 256, p.505-513.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
Г Л А В А I. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ .....	8
I.1. Основные слагаемые Тунгусского феномена .....	9
I.2. Актуальность поиска новой модели .....	13
I.3. Проблемы общей модели .....	15
Г Л А В А II. ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СВИДЕТЕЛЬСТВ ОЧЕ- ВИДЦЕВ ТУНГУССКОГО ФЕНОМЕНА .....	20
2.1. Первичная обработка исходных информации .....	22
2.2. Пространственно-временная характеристика .....	31
2.3. Табличное задание исходной информации .....	37
2.4. Неидентичность восточных и южных комплексов явле- ний .....	38
2.5. Привязка к положению Солнца .....	46
2.6. Сопоставление Тунгусского феномена и Сихотэ-Алин- ского метеоритного дождя .....	51
Г Л А В А III. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ГЕОЭФФЕК- ТИВНОСТЬ ТУНГУССКОГО ФЕНОМЕНА .....	59
3.1. Планетарный уровень .....	59
3.2. Региональный уровень .....	64
3.3. Геоэффективность Тунгусского феномена .....	69
3.4. Возможность локальных геофизических реакций .....	74
3.5. Тунгусский взрыв и высотные ядерные взрывы .....	79
Г Л А В А IV. ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТУНГУССКОГО ВЗРЫВА .....	84
4.1. Методы предыдущих моделей .....	84
4.2. Количественные модели феномена .....	87
4.3. Химический состав Тунгусского объекта .....	92
4.4. Энергия взрыва .....	94
4.5. Концентрация энергии .....	96

Г Л А В А V. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЗРЫВА И ОСНОВЫ ПЛАЗМЕННОЙ МОДЕЛИ .....	99
5.1. Механизм регионального геомагнитного эффекта .....	99
5.2. Локальный магнитный эффект .....	104
5.3. Физические и космофизические предпосылки .....	109
5.4. Плазмодная модель Тунгусского космического тела ...	117
5.5. Тунгусский феномен как популяция плазменных образо- ваний .....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	131
ЛИТЕРАТУРА .....	134

Стр.



План выпуска изданий СО АН СССР, 1984г. (монографии), поз.22

Алексей Николаевич Дмитриев  
Виктор Константинович Куравлев

ТУНГУССКИЙ ФЕНОМЕН 1908 ГОДА -  
ВИД СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

Ответственный редактор  
Брай Александрович Долгов

Редактор Е.Ф.Иванова  
Технический редактор Н.Н.Александрова  
Корректор З.В.Белоусова

---

Подписано к печати 29.12.84. МН 06537.  
Бумага 60x84/16. Печ.л. 9,0. Уч.-изд.л. 8,2.  
Тираж 600. Заказ 128. Цена 60 коп.

---

Институт геологии и геофизики СО АН СССР  
Новосибирск, 90. Ротапринт.