

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

ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО
АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

КОМИССИЯ ПО МЕТЕОРИТАМ И КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВОПРОСЫ МЕТЕОРИТИКИ

Проблема Тунгусского метеорита
(сборник статей)

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Томск — 1976

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

*Н. В. ВАСИЛЬЕВ, Д. В. ДЕМИН, В. К. ЖУРАВЛЕВ,
Ю. А. ЛЬВОВ, В. Г. ФАСТ*

Явление, известное под названием «падение Тунгусского метеорита», не укладывается в представления классической метеоритики и требует теоретической разработки многих специальных вопросов в различных областях науки. Уникальность явления и необходимость основываться в его изучении на анализе, главным образом, косвенных данных затрудняют исследования, тем более, что давность события и различные побочные эффекты ослабили и скрыли следы катастрофы. Все это заставляет даже при решении второстепенных вопросов накапливать большой фактический материал. По ряду направлений такой материал уже накоплен, что позволяет делать обоснованные заключения по многим существенным характеристикам этого сложного явления (Васильев, Журавлев и др., 1967).

Исследование Тунгусского метеорита шло в основном по следующим направлениям:

- 1) сбор свидетельских показаний и изучение геофизических аномалий,
- 2) исследование вызванных им разрушений,
- 3) поиски его материальных остатков,
- 4) изучение последствий падения,
- 5) создание и разработка теории явления в целом.

Показания очевидцев. В последние годы были предприняты большие усилия по сбору и систематизации показаний очевидцев о световых, звуковых и иных явлениях, сопровождавших падение. Составлена картотека этих показаний. Большое количество дополнительных показаний из разных районов Сибири было собрано В. Г. Коненкиным (1967), В. И. Цветковым, А. И. Бояркиной (1966), Л. Е. Эпиктетовой (1971). Выяснилось, что в настоящее время еще имеется много долгожителей, отчетливо помнящих падение метеорита. Их показания удовлетворительно согласуются с показаниями очевидцев, собранными Л. А. Куликом и Е. Л. Криновым в 20—

30-е годы (Кринов, 1949). Анализ этого материала позволяет утверждать, что Тунгусский метеорит пролетал примерно с востока — юго-востока на запад — северо-запад и пересек реку Лену между населенными пунктами Мироново и Ичора, а Нижнюю Тунгуску — южнее села Преображенка, что согласуется с более ранней оценкой азимута траектории около 95° , полученной И. Г. Зоткиным (1966). Угол наклона траектории по оценке И. Г. Зоткина получается 28° , а по оценке Г. Н. Андреева — не более 16° , что ближе к ранним оценкам И. С. Астаповича (1951) и Е. Л. Кринова (1949) (не более 15°).

Оптические эффекты лета 1908 г. могут быть разделены на в последние годы дополнительные сборы и анализ материалов, относящихся к лету 1908 г. (Васильев, Фаст, 1972), позволили составить подробную карту зоны распространения светлых ночей лета 1908 г., а также перечень районов, в которых эти аномалии достоверно не наблюдались. Оказалось, что представления о границах района, изложенные И. Т. Зоткиным (1961), Н. В. Васильевым, В. К. Журавлевым и др. (1965), не изменились: оптические аномалии наблюдались на территории, ограниченной с востока Енисеем, с юга — линией Ставрополь, север Италии, Бордо, с запада — Атлантическим океаном. Максимум оптических аномалий приходится на ночь с 30 июня на 1 июля, в дальнейшем в течение 2—3 суток они резко упали в интенсивности.

Оптические эффекты лета 1908 г. могут быть разделены на 3 категории: а) яркие пестрые зори; б) серебристые облака; в) усиление свечения ночного неба. Все они развивались одновременно. Сопоставление их с другими периодами оптических аномалий выявило их близкое сходство с тем, что имеет место при попадании в атмосферу Земли больших количеств мелкодисперсного космического вещества. Есть основания полагать, что в развитии оптических аномалий лета 1908 г. важную роль играли ионизационные процессы в мезосфере, так как обнаружена связь между образованием серебристых облаков, свечением ночного неба в области линии гидроксила и появлением спорадического слоя E.

Интенсивность свечения ночного неба в период светлых ночей лета 1908 г. в настоящее время может быть оценена только по косвенным данным. В качестве таковых была использована фотометрия поведения птиц в сумерках. Известно, что во время светлых ночей лета 1908 г. чайки и галки бодрствовали всю ночь. М. А. Тарасов в окрестностях Саратова и Т. И. Водоламская в Казанском заповеднике установили, что чайки и галки перестают летать при освещенности не ниже 50 лк в районе Саратова и 80—70 лк в районе Казани. Видимо, освещенность светлой ночи 30 июня 1908 г. была не ниже нескольких десятков люкс.

Помимо аномалий сумеречного и ночного неба падение

Тунгусского метеорита привело к нарушению атмосферной поляризации. Поляриметрический эффект начала июля 1908 г. был обнаружен в 1908 г. Бушем (Busch, Jensen, 1911) и связан с падением Тунгусского метеорита Иенсенем (1937). Этот эффект был подробно проанализирован нами (Васильев, Журавлев и др., 1965) и сопоставлен с другими поляриметрическими нарушениями вулканической или космической природы. Показано, что поляриметрическая аномалия лета 1908 года имеет характер, резко выделяющий ее среди всех известных явлений подобного рода.

Пролет Тунгусского метеорита в атмосфере Земли закончился его разрушением на высоте 5—7 км. В последнее время И. П. Пасечником (1971), В. А. Бронштенем (1971), А. В. Золотовым (1971) было показано, что при заданном поле разрушений на местности и на основании накопленного опыта регистрации сейсмических и воздушных волн воздушных ядерных взрывов энергия Тунгусского взрыва оценивается в 10^{24} эрг. Прежние оценки энергии взрыва были занижены из-за неучета ослабления волны при распространении в более плотные слои атмосферы.

Барограммы и сейсмограммы Тунгусского метеорита были рассмотрены на современном уровне И. П. Пасечником (1971). Он определяет время в эпицентре Тунгусского взрыва — 00 час. 14 мин. $23 \pm 28,5$ сек. по Гринвичу, магнитуду землетрясения от 4,5 до 5, энергию взрыва — от $1,3 \cdot 10^{24}$ до $2,1 \cdot 10^{24}$ эрг.

Локальное возмущение геомагнитного поля (геомагнитный эффект), зарегистрированное Иркутской обсерваторией в момент падения Тунгусского метеорита, было обнаружено Г. Ф. Плехановым, А. Ф. Ковалевским и др. (1960) при изучении материалов всех магнитометрических станций, существовавших в 1908 г. Одновременно этот эффект был описан К. Г. Ивановым (1961). В дальнейшем было выявлено его сходство с геомагнитным эффектом при ядерных взрывах. Исходя из определенной интерпретации геомагнитного эффекта, А. Ф. Ковалевский (Плеханов, Васильев и др., 1963) определил высоту и момент взрыва Тунгусского метеорита. Позднее К. Г. Иванов (1964) уточнил это определение и указал высоту 6—9 км и момент взрыва 0 час. 16,9 мин. GMT.

Не исключено, что с геомагнитным эффектом Тунгусского метеорита связано необычное полярное сияние, отмеченное Моусоном 30 июня 1908 г. в Антарктической экспедиции Шеклтона. Подтверждение этого представило бы большой интерес для понимания геомагнитного эффекта, так как вулкан Эребус, близ которого находился лагерь Шеклтона, географически расположен не слишком далеко от сопряженной с местом падения Тунгусского метеорита точкой земного магнитного поля.

Вывал леса с центром в междуречье Хушмо-Кимчу является наиболее достоверным следом падения Тунгусского метеорита. Экспедициями был накоплен большой фактический материал, характеризующий вывал леса, систематизированный В. Г. Фастом, А. П. Бояркиной и М. В. Баклановым (1967). Статистический анализ этого материала произведен в ряде работ (Фаст, 1963, 1967; Бояркина, Демин и др., 1964). Установлено, что Тунгусский метеорит произвел вывал леса на площади 2150 ± 50 км². Вывал в первом приближении имеет радиальный характер. По средним направлениям повала деревьев определяется особая точка поля направлений, имеющая координаты $\lambda = 101^{\circ}53'40''$, $\varphi = 60^{\circ}53'09'' \pm 6''$. Эту точку не совсем обоснованно называют «эпицентром». Ее физический смысл заключается в том, что в ней ударная волна впервые достигла земной поверхности.

Своеобразную форму области вывала принято называть «бабочкой». Особая точка находится на оси симметрии «бабочки», ближе к ее передней части.

Ось симметрии области вывала, построенная на основе исследования кривизны изолиний направлений повала (изоклин) имеет направление 295° (от истинного меридиана). Оно подтверждается и общей конфигурацией области вывала.

Внутренняя структура поля направлений повала обнаруживает наименьшую симметрию около оси с направлением 279° . Эта ось симметрии подтверждается конфигурацией изолиний таких полей, как поле стандартных отклонений направлений повала, поле плотности распределения старых живых деревьев и поле количества оставшихся на корню мертвых деревьев. Представляется, что направление 279° для оси симметрии вывала обосновано лучше, чем направление 295° и подтверждается рядом параметров вывала.

В результате статистической обработки выяснились некоторые характерные особенности поля средних направлений повала деревьев, подробно изложенные в настоящем сборнике.

Существенный вклад в понимание общей картины Тунгусского взрыва может внести его моделирование. При моделировании на полигонах (Зоткин, Цикулин, 1966) были получены картины распространения ударной волны при взрывах модельных зарядов над полигончиком. Наиболее близкое сходство модельного поля разрушения с Тунгусским было достигнуто при наклоне в 30° детонирующего шнура к горизонту и небольшом усилении его на конце. Авторами сделан вывод, что образование лепестков при Тунгусском вывале объясняется особенностями отражения от поверхности Земли баллистической волны, ось которой наклонена к горизонту. В настоящее время ведется работа по численному расчету модельных задач (В. П. Коробейников, П. И. Чушкин, Л. В.

Шуршалов), что представляется нам весьма перспективным.

Лучистый ожог деревьев является вторым достоверным и наиболее информативным следом падения Тунгусского метеорита. Область поля ожога выявлена на основании исследования 120 лиственниц, которые могли содержать ожоговые поражения, и равна примерно 200 км^2 . Область имеет яйцевидную форму с тупым передним концом, ось симметрии ее совпадает с проекцией траектории, рассчитанной по вывалу леса. Световая энергия Тунгусского взрыва оценивается Г. М. Зенкиным и А. Г. Ильиным (1964) в $1,2 \cdot 10^{21}$ — $1,4 \cdot 10^{23}$ эрг. Из работы В. К. Журавлева (1967), использовавшего данные о границах светового ожога, вытекает оценка световой энергии, выделившейся при падении Тунгусского метеорита в $5,4$ — $20 \cdot 10^{21}$ эрг. Если учесть современные оценки энергии, выделившейся при падении Тунгусского метеорита (Пасечник, 1971), то на долю световой энергии приходится около 1% общей энергии.

Прямых доказательств наличия у Тунгусского взрыва излучения в коротковолновой части спектра нет, существуют, однако, некоторые косвенные данные, которые можно объяснить наличием такой радиации. К ним относится прежде всего изменение термолюминесценции траппов в районе падения Тунгусского метеорита. Известно, что термолюминесценция материалов повышается в результате облучения их жесткой ионизирующей радиацией, высокотемпературное воздействие, напротив, ее гасит. В 1966 г. была проведена съемка района падения Тунгусского метеорита с целью изучения термолюминесценции траппов. Известно, что термолюминесценция траппов в центре района несколько повышена по сравнению с периферией. На востоке имеется область пониженной термолюминесценции. Конфигурация восточной границы представлена на рис. 1. Видно, что в восточной части имеются два симметричных выступа повышенных значений термолюминесценции.

В 1963—1968 гг. в том же районе были проведены работы по изучению мутационного фона у сосны. Основанием для этих исследований послужили сведения о том, что у радиационных мутантов сосны характерным признаком соматической мутации является треххвойность пучков. Установлено, что частота встречаемости деревьев с повышенным количеством пучков уменьшается с удалением от эпицентра, достигая в 20 км фоновых значений. Форма области, где прослеживается этот эффект, также представлена на рис. 1. Из него видно, что, как и в предыдущем случае, восточная граница контура имеет двулепестковую форму, схожую с подобной границей областей термолюминесценции и интенсивного ожога. Следует указать, что биологический механизм появления треххвойных пучков сосны не вполне ясен.

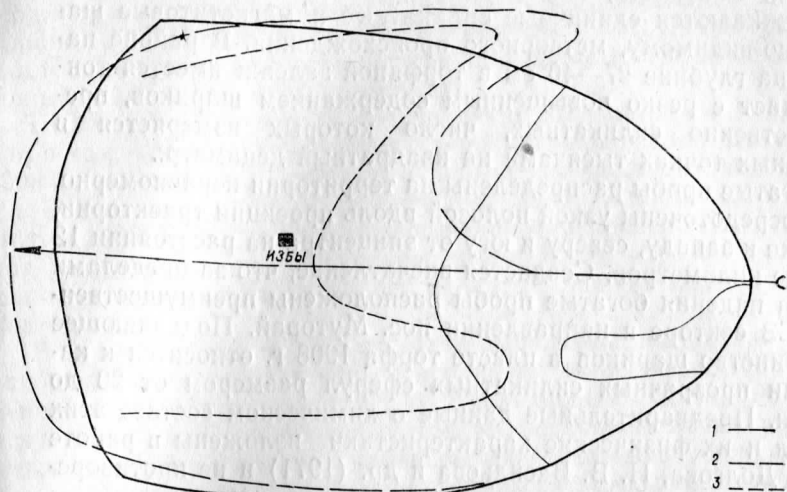


Рис. 1. Соотношение границ проявления эффектов лучистого ожога, повышения термолюминесценции траппов и биологических аномалий сосны в районе эпицентра Тунгусского взрыва.

Условные обозначения: 1 — границы области ожога; 2 — границы зоны высокой «мутации» сосен; 3 — границы повышенной термолюминесценции траппов

Поиски вещества. Работами последних лет подтвержден сделанный ранее вывод об отсутствии следов падения крупных частей метеорита. В 1961—1962 гг. под руководством К. П. Флоренского была предпринята первая попытка изучить распределение мелкодисперсного космического вещества на большой площади (1963). В ряде проб была обнаружена метеорная пыль (силикатные и магнетитовые шарики) и выявлена область ее повышенной концентрации в почве. Оставалось неясным, относятся ли указанные частицы к выпадениям 1908 г. или же их можно объяснить флуктуациями фона метеорной пыли. В связи с этим дальнейшие усилия были направлены на изучение космического вещества в стратифицируемых субстратах. Предпочтение было отдано торфу, так как последний широко распространен на больших площадях в Сибири. Методика взятия и исследования образцов изложена в настоящем сборнике.

Полевые работы по отбору проб торфа проводились с учетом закономерностей выпадения мелкодисперсного вещества при крупных высотных взрывах (Кириченко, 1971) и наиболее вероятного для времени падения профиля ветра (Фаст, Павлова, 1971). В настоящее время взято 415 колонок торфа на расстоянии до 70 км от эпицентра, а также в контрольных

районах. Оказалось, что во всем профиле торфяной залежи обнаруживаются единичные силикатные и магнетитовые шарики, по-видимому, метеорного происхождения. В районе падения на глубине 27—40 см в торфяной залежи имеется тонкий пласт с резко повышенным содержанием шариков, преимущественно силикатных, число которых измеряется в отдельных точках тысячами на квадратный дециметр.

Богатые пробы распределены на территории неравномерно. Они сосредоточены узкой полосой вдоль проекции траектории, а также к западу, северу и югу от эпицентра на расстоянии 12 и более километров. Создается впечатление, что за пределами района падения богатые пробы расположены преимущественно в СЗ секторе в направлении пос. Муторай. Подавляющее большинство шариков в пласте торфа 1908 г. относится к категории прозрачных силикатных сферул размером от 20 до 60 мкн. Предварительные данные о химическом составе этих сферул и их физические характеристики изложены в работе Ю. А. Долгова, Н. В. Васильева и др. (1971) и не противоречат представлениям о космической природе шариков.

В качестве дополнительного индикатора слоя торфа 1908 г. было использовано повышенное содержание в торфе земной пыли, которая должна была быть поднята в воздух воздушной волной. Предполагалось, что загрязнение торфа должно наблюдаться на некоторой площади в районе эпицентра. Выяснилось, что поле проб с повышенным содержанием золы в слое 1908 г. имеет сложную внутреннюю структуру, которая может быть объяснена множественными локальными очагами запыления преимущественно в западной части района падения.

Таким образом, есть основания предполагать, что в результате проведенных работ обнаружено мелкодисперсное, как правило, переплавленное, силикатное вещество, надфоновые количества которого, возможно, относятся к остаткам Тунгусского метеорита.

Помимо работ по выделению шариков в районе эпицентра была проведена металлотрическая съемка, которая не выявила достоверной космохимической аномалии. Тем не менее, необходимо отметить, что из 35 проанализированных элементов иттербий, марганец и свинец в структуре своего распределения по площади обнаруживают организацию около эпицентра и проекции траектории.

Радиоактивность района падения изучалась неоднократно. В 1960 г. Л. В. Кириченко и М. П. Гречушкиной (1963), в 1969—1970 гг. А. Н. Аммосовым была проведена обработка материала площадной радиотрической съемки. Оказалось, что радиоактивность почвы в районе падения не выходит за пределы колебания земного фона. Имеет место небольшое относительное повышение радиоактивности в районе

эпицентра, а также на хребте Хладном (юго-западная часть района). Обработка данных Л. В. Кириченко и М. П. Гречушкиной по радиометрии золы кустарников, проведенная Д. В. Деминым, дала аналогичный результат.

Помимо этого, в печати неоднократно высказывалось мнение о том, что в годичных слоях деревьев, включающих слой 1908 г., наблюдается небольшое повышение радиоактивности (А. В. Золотов, 1969; В. Н. Мехедов, 1967; Либби, Коуэн, Этлури, 1965). Эти публикации вызвали ряд проверочных работ, результаты которых противоречивы. Таким образом, имеющийся материал не позволяет сделать окончательного заключения.

В период с 1960 по 1966 гг. были выполнены исследования ускоренного прироста деревьев в районе катастрофы. Полученные В. И. Некрасовым, Ю. М. Емельяновым (1963, 1967) результаты свидетельствуют о том, что на значительной территории в районе падения наблюдается ускоренный прирост как молодых, так и старых, переживших катастрофу деревьев. Границы этого района не совпадают с границами пожара и вывала. По поводу причин этого явления единого мнения нет, одни авторы (Бережной и Драпкина, 1964) связывают его с действием естественных экологических причин, другие (Некрасов и Емельянов, 1963, 1967) высказывают предположение о стимулирующем действии метеоритного вещества. В последнее время получены данные о том, что ускоренный прирост прослеживается у молодых деревьев и подроста преимущественно в зоне проекции конечного отрезка траектории.

Создание и разработка теории явления в целом представляется в настоящее время наиболее сложной задачей. Попытки создания такой теории предпринимались неоднократно, но не привели пока к созданию концепции, которая бы удовлетворительно объясняла всю имеющуюся совокупность фактов. По-видимому, условия для этого еще полностью не созрели, и поэтому более перспективным представляется детальное выяснение главных, фундаментальных обстоятельств катастрофы. Именно на этом пути получены результаты, которые вряд ли будут пересмотрены: представление о высотном характере Тунгусского взрыва и источника термического поражения, определение проекции траектории и некоторые другие.

Все же следует отметить, что наибольшее число фактов объясняется в настоящее время кометной гипотезой. Так, в ее рамках находят свое объяснение основные черты комплекса оптических аномалий лета 1908 года, высотный характер взрыва, структуры вывала леса и, по-видимому, преимущественно силикатный состав тугоплавкой его составляющей.

В то же время следует подчеркнуть необходимость существенной доработки этой концепции: с количественной стороны

она обоснована явно недостаточно, вопрос о механизме разрушения Тунгусского метеорита остается все еще спорным, нет полного объяснения аномального развития серебристых облаков в ночь с 30 июня на 1 июля 1908 года. Можно считать доказанным, что некоторые явления, относящиеся к комплексу оптических атмосферных аномалий, разворачивались именно на высоте 80 км, в то время как остается неясным, каким образом вещество кометного хвоста могло проникнуть до этих высот, не задержавшись выше.

Есть основания думать, что в настоящее время исследование Тунгусского метеорита приближается к тому моменту, когда сбор фактического материала будет в первом приближении закончен. Важнейшей задачей в связи с этим стали его анализ и интерпретация.

Основными направлениями работ на ближайшие несколько лет, очевидно, будут следующие:

1. Теоретическое рассмотрение возможных вариантов разрушений Тунгусского метеорита, образования ударной волны и теплового излучения и их согласование с имеющимися на местности разрушениями.

2. Физическое и математическое моделирование отдельных сторон Тунгусского падения.

3. Сбор и анализ мелкодисперсного оплавленного материала в районе падения Тунгусского метеорита. Сравнение его с различными видами мелкодисперсного космического материала. Изучение закономерностей его пространственного распределения.

4. Решение вопроса о природе радиоактивности в районе Тунгусского падения. Изучение изотопного состава радиоактивных элементов и сопоставление его с контрольными районами.

5. Исследование механизма геомагнитного возмущения, вызванного падением, и, возможно, связанных с ним нарушением палеомагнитных свойств почв района Тунгусского падения.

6. Дальнейшее выяснение механизма комплекса атмосферных оптических аномалий, связанных с Тунгусским падением.

Изучение столь сложного и необычного явления, как падение Тунгусского метеорита, требует разработки принципиально новых методических подходов. В частности, для прямого решения вопроса о принадлежности тела Тунгусского метеорита к классу комет целесообразным представляется планирование экспериментов с использованием космической техники. Вряд ли можно сомневаться в том, что при нынешних темпах развития космических исследований зондирование кометного ядра может оказаться вполне реальным в обозримом будущем.

Астапович И. С. (1951). Большой Тунгусский метеорит. «Природа», № 2, 3, 23—32, 13—23.

Бережной В. В., Драпкина Г. И. (1964). Изучение аномального прироста леса в районе падения Тунгусского метеорита. Метеоритика, вып. 24. М., «Наука», 162—169.

Бояркина А. П., Демин Д. В., Зоткин И. Т., Фаст В. Г. (1964). Изучение ударной волны Тунгусского метеорита по вызванным им разрушениям леса. Метеоритика, вып. 24, М., «Наука», 112—128.

Бронштэн В. А. (1971). Распространение ударных волн от Тунгусского метеорита в неоднородной атмосфере. Сб. «Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 6—7.

Васильев Н. В., Журавлев В. К., Ковалевский А. Ф., Плеханов Г. Ф. (1965). Ночные светящиеся облака и оптические аномалии, связанные с падением Тунгусского метеорита. М., «Наука».

Васильев Н. В., Журавлев В. К., Львов Ю. А., Плеханов Г. Ф., Фаст В. Г. (1967). Изучение проблемы Тунгусского метеорита комплексной самостоятельной экспедицией. Сб. «Итоги исследований по математике и механике за 50 лет». Изд-во Томского ун-та, 137—149.

Васильев Н. В., Фаст Н. П. (1972). Границы зоны оптических аномалий лета 1908 года. См. настоящий сборник.

Долгов Ю. А., Васильев Н. В., Шугурова Н. А., Львов Ю. А., Лаврентьев Ю. Г., Гришин Ю. А. (1971). Химический состав силикатных шариков из торфов района падения Тунгусского метеорита. Докл. АН СССР, 200, № 1, 201—204.

Журавлев В. К. (1967). К оценке световой энергии Тунгусского взрыва. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 120—123.

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

Золотов А. В. (1971). Оценка энергии Тунгусского взрыва 1908 г. Сб. «Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 22—23.

Золотов А. В. (1969). Проблема Тунгусской катастрофы 1908 г. Минск, Изд-во «Наука и техника».

Зоткин И. Т. (1961). Об аномальных оптических явлениях в атмосфере, связанных с падением Тунгусского метеорита. «Метеоритика», вып. 20, 40—53.

Зоткин И. Т. (1966). Траектория и орбита Тунгусского метеорита. «Метеоритика», вып. 27, 109—118.

Зоткин И. Т., Цикулин М. А. (1966). Моделирование взрыва Тунгусского метеорита. Докл. АН СССР, № 1, 59—62.

Иванов К. Г. (1961). Геомагнитные явления, наблюдавшиеся на Иркутской магнитной обсерватории вслед за взрывом Тунгусского метеорита. Метеоритика, вып. 21, М., «Наука», 46—48.

Иванов К. Г. (1964). Геомагнитный эффект Тунгусского падения. Метеоритика, вып. 24, М., «Наука», 141—151.

Кириченко Л. В. (1971). К вопросу образования локального следа выпадений от взрыва космического тела в 1908 году. Сб.: «Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 28.

Кириченко Л. В., Гречушкина М. П. (1963). О радиоактивности почвы и растений в районе падения Тунгусского метеорита. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 139—152.

Коненкин В. Г. (1967). Сообщения очевидцев о Тунгусском метеорите 1908 г. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 31—36.

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

Мехедов В. Н. (1967) (препринт). О радиоактивности золы деревьев в районе Тунгусской катастрофы. Объединенный институт ядерных исследований. Дубна.

Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. (1967). Некоторые итоги и задачи изучения роста леса в районе падения Тунгусского метеорита. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 127—134.

Некрасов В. И., Емельянов Ю. М. (1963). Особенности роста древесной растительности в районе падения Тунгусского метеорита. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 59—72.

Пасечник И. П. (1971). Предварительная оценка параметров взрыва Тунгусского метеорита 1908 года по сейсмическим и барографическим данным. Сб. «Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 31—35.

Плеханов Г. Ф., Васильев Н. В., Демин Д. В., Журавлев В. К., Зенкин Г. М., Ковалевский А. Ф., Львов Ю. А., Тульский А. С., Фаст А. Г. (1963). Некоторые итоги изучения проблемы Тунгусского метеорита. «Геология и геофизика», № 1, 111—123.

Плеханов Г. Ф., Ковалевский А. Ф., Журавлев В. К., Васильев Н. В. (1960). О геомагнитном эффекте взрыва Тунгусского метеорита. Изв. вузов, Физика, 236—237.

Фаст В. Г. (1963). К определению эпицентра взрыва Тунгусского метеорита по характеру вывала леса. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита». Томск, 203—211.

Фаст В. Г. (1967). Статистический анализ параметров Тунгусского вывала. Сб. «Проблема Тунгусского метеорита», вып. 2. Томск, Изд-во Томского ун-та, 62—105.

Фаст Н. П., Павлова Л. В. (1971). О возможном ветре на высотах 30 июня 1908 года в районе падения Тунгусского метеорита. Сб. «Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 42—43.

Флоренский К. П. (1963). Предварительные результаты Тунгусской метеоритной комплексной экспедиции 1961 г. «Метеоритика», вып. 23, М., «Наука», 3—29.

Цветков В. И., Бояркина А. П. (1966). Результаты опроса новых очевидцев падения Тунгусского метеорита 1908 г. Сб. «Метеорная материя в атмосфере Земли». М., «Наука», 81—92.

Эпиктетова Л. Е. (1971). Показания очевидцев падения Тунгусского метеорита. Сб. «Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита». Томск, Изд-во Томского ун-та, 44—45.

Busch F., Jensen Chr. (1911). Tatsachen und Theorien der atmosphärischen Polarisation nebst Anleitung zu Beobachtungen verschiedener Art. Mitteilungen aus dem Physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg. Wissenschaft. Anstalten, XXVIII, 1910, Hamburg.

Jensen Chr. (1937). Die Verfolgung der neutralen Punkte der atmosphärischen Polarisation in Arnsberg i W. während eines Zeitraums von 19 Jahren. Meteorologische Zeitschrift, März.

Mowson. Цит по Shackleton E. H. (1909). The Heart of the Antarctic. London.