

ПРОБЛЕМА ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА (СБОРНИК СТАТЕЙ)

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИТОГИ ДВУХЛЕТНИХ РАБОТ КОМПЛЕКСНОЙ САМОДЕЯТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Г. Ф. ПЛЕХАНОВ

Проблема Тунгусского метеорита вызывает все возрастающий интерес широких кругов общественности. Однако, несмотря на обилие литературы, число достоверных фактов, относящихся к этому явлению, крайне невелико.

В начале 1959 г. при бетатронной лаборатории Томского медицинского института была организована на общественных началах комплексная самодеятельная экспедиция по изучению проблемы Тунгусского метеорита (КСЭ). В ее состав входили научные работники и студенты томских вузов. По мере расширения исследований к работе привлекались специалисты разного профиля из Томска, Новосибирска, Москвы и других городов. В результате двухлетних исследований был накоплен большой фактический материал, который излагается в статьях настоящего сборника.

Данные по Тунгусскому метеориту к 1959 году

1) Показания очевидцев

Показания очевидцев, подтверждающие факт пролета утром 30 июня 1908 г. над Центральной Сибирью огромного огненного тела, обобщены в сводках Л. А. Кулика [1, 2], С. В. Обручева [3], А. В. Вознесенского [4], И. М. Суслова [5], Е. Л. Кримова [6], И. С. Астаповича [7, 8, 9], а также в сообщениях Л. Ф. Брюханова [10], П. Т. Каншина [11], Т. А. Кокориной [12], Т. Н. Науменко [13], из которых вытекает следующее:

1. Направление полета тела — примерно с Ю на С ($\pm 45^\circ$).
2. Скорость движения тела даже приблизительно определить невозможно.
3. Разные очевидцы по-разному характеризуют форму и размеры тела («шар», «бревно», «копье», «с утолщенной головой и острым хвостом», «больше солнца», «величиной с ворота»). Определенного вывода сделать нельзя.
4. Цвет болида, по большинству показаний, красный или белый. Яркость меньше или сравнима с яркостью Солнца.
5. Подавляющее большинство очевидцев не отметило дымового следа болида. При падении Сихотэ-Алиньского метеорита мощный дымовой след был виден несколько часов [14].

6. Пролет и падение тела сопровождались исключительно мощными звуками, напоминавшими револьверную или орудийную стрельбу, раскаты грома. Длительность звуковых явлений до получаса. Последний удар был, по-видимому, наиболее мощным.

7. Очевидцы, находившиеся в момент катастрофы на расстоянии нескольких десятков километров, отметили невероятной силы грохот, жорыв сильного ветра, валившего лес, возгорание тайги.

2) Геофизические данные

К ним относятся сейсмо- и барограммы многих обсерваторий мира, зарегистрировавших колебания почвы и воздуха, связанные с Тунгусской катастрофой. По расчету А. В. Вознесенского, местное землетрясение произошло в точке с координатами $\varphi = 60^{\circ}16'$ и $\lambda = 103^{\circ}6'$. Время его начала 0 час. 17 мин. 11 сек. по Гринвичу. Приход воздушной волны в Иркутск запоздал на 49 сек. против расчетного времени, на основании чего А. В. Вознесенский впервые высказал мысль о том, что воздушная волна вызвана воздушным взрывом метеорита на высоте 20 км [4].

И. С. Астапович [7], а также Уиппл [15], собрав и обработав барограммы Советского Союза и Англии, рассчитали момент взрыва, оказавшийся равным 0 час. $18,6 \pm 2,1$ мин. по Астаповичу, и 0 час. $10,6 \pm 3$ мин. по Уипплу.

3) Свечение ночного неба

«Светлая ночь» 30/VI 1908 г. наблюдалась на всем пространстве от Енисея до побережья Атлантического океана [6]. Впервые с падением Тунгусского метеорита она связана была Л. А. Куликом [16]. Свечение ночного неба в более слабой степени продолжалось 1 и 2 июля, а в отдельных местах и позднее. В. Г. Фесенков [17], изучая данные обсерватории Маунт-Вильсон, заключил, что «запыленность атмосферы», связанная с падением Тунгусского метеорита, имела место в августе 1908 г. и над Северной Америкой. Прямая связь свечения ночного неба с Тунгусской катастрофой считалась к 1959 г. доказанной.

4) Радиальный вывал леса с центром в междуречье Хушмо-Кимчу

Этот район впервые обнаружен Л. А. Куликом в 1927 г. [18] и изучался в дальнейшем всеми последующими экспедициями. Ниже приводится краткий перечень работ, проведенных в этом районе к 1959 г.

1927 г. — первая экспедиция Л. А. Кулика [19]. Установлен радиальный характер вывала, обнаружен равномерный сплошной ожог деревьев на значительной площади, найдены «воронки» размером до нескольких десятков метров; в центре катастрофы выявлена зона «телеграфного леса». Л. А. Куликом высказано предположение, что «воронки» образованы падением роя осколков метеорита.

1928 г. — вторая экспедиция Л. А. Кулика [20]. Выполнены топографические работы. Начаты раскопки «воронок». Проведена пробная магнитометрическая съемка Сусловской воронки (совместно с И. М. Суловым).

1929—1930 гг. — третья экспедиция Л. А. Кулика [21]. Произведено вскрытие Сусловской воронки и бурение ее дна. Никаких осколков метеорита не было найдено. Л. В. Шумиловой обнаружено перемешивание слоев торфа в борту Сусловской воронки. Установлены геодезические пункты на г. Фаррингтон, Шахорма и в Ванаваре (С. Я. Белых).

Л. А. Кулик пришел к выводу о том, что метеорит взорвался при ударе о землю в районе Южного болота.

1937—1938 гг. — проведена аэрофотосъемка центральной части вывала леса [21].

1939 г. — четвертая экспедиция Л. А. Кулика [22]. Проведено исследование рельефа дна Южного болота. Обнаружено резкое перемешивание болотных слоев.

С 1941 г. все работы были прерваны в связи с Великой Отечественной войной и гибелью Л. А. Кулика.

1953 г. — К. П. Флоренским проведено рекогносцировочное аэро-визуальное и наземное обследование района катастрофы [23]. Высказано мнение о том, что Южное болото не похоже на метеоритный кратер, уточнены некоторые границы вывала леса.

В 1957 г. А. А. Явнелем [24] в пробах почвы, привезенных Л. А. Куликом, были обнаружены мелкие частицы метеоритного железа, что явилось предпосылкой организации в 1958 г. новой экспедиции.

1958 г. — экспедиция АН СССР под руководством К. П. Флоренского. Впервые проведено рекогносцировочное изучение всего предполагаемого района падения. Эти данные нанесены на точную топографическую основу. Изучался общий характер вывала леса, а также минералогический и химический состав почв с целью обнаружения распыленных остатков метеорита. Установлено, что вывал леса нельзя объяснить падением обычного кратерообразующего метеорита. Отмечено ускоренное возобновление древесной растительности в районе катастрофы. Высказано предположение о воздушном взрыве или о баллистической волне как причине разрушения. В дальнейшем было установлено, что метеоритные частицы, обнаруженные А. А. Явнелем, не относятся к Тунгусскому метеориту.

К весне 1959 г. в популярной прессе [25, 26, 27] были высказаны предположения об отсутствии на месте катастрофы метеоритного кратера, о воздушном взрыве, о преобладающей роли баллистической волны в механизме разрушений.

Основные предположения и гипотезы можно разделить на две группы:

1. Объяснение Тунгусской катастрофы падением на Землю космического тела, которое в некотором смысле может быть обычным среди других тел Солнечной системы. Сюда относятся предположения о столкновении с Землей гигантского железного метеорита [21, 6], каменного метеорита [27, 28], головы кометы [29, 30, 31], облака космической пыли [32], ледяного метеорита.

2. Объяснение Тунгусской катастрофы столкновением с Землей космического тела качественно отличной природы от известных нам тел Солнечной системы: метеоритом из антивещества [34], «ядерным метеоритом» [35], космическим кораблем [36, 37]. Указанные представления развивались главным образом на страницах популярной прессы.

Кроме того, высказывались версии о мощном урагане, вихре или взрыве облака метана как причине катастрофы. Эти предположения

пытаются только объяснить факт радиального вывала и не соответствуют другим данным.

Обоснование программы работ КСЭ

Первой и основной задачей КСЭ являлось накопление достоверного фактического материала, относящегося как к изучению района катастрофы, так и ко времени ее происшествия. Члены экспедиции не связывали себя заранее какой-либо из существующих точек зрения. Однако, учитывая полное отсутствие фактического материала, подтверждающего или опровергающего вторую группу гипотез, экспедиция уделяла также серьезное внимание и этому разделу работ.

При этом учитывалось, что с момента катастрофы прошло более полувека, прямые следы ее могли стать малозаметными. Поэтому программа работ составлялась не по принципу «работы под гипотезу», а на основе кропотливого сбора малозаметных, подчас косвенных фактов, сопоставление которых в дальнейшем позволило бы выявить истинные обстоятельства катастрофы. Работа проводилась по следующим этапам:

1. Выявление аномалий в районе катастрофы по сравнению с окружающими географическими районами и выявление природных аномалий, совпавших во времени с Тунгусской катастрофой, в других районах земного шара.

2. Установление связи найденных аномалий с Тунгусской катастрофой.

3. Объяснение всего явления или отдельных его моментов.

Работа проводилась в следующих направлениях:

1. Сбор и изучение геофизических данных, относящихся к лету 1908 г. С этой целью нами через ректорат Томского медицинского института (ректор профессор доктор И. В. Торопцев) были разосланы запросы во все 28 магнитологических обсерваторий, функционировавших в 1908 г., более чем в 150 метеорологических обсерваторий и институтов Советского Союза и зарубежных стран, а также в ряд других научных учреждений и организаций различных стран мира. Наряду с этим был предпринят детальный просмотр периодической литературы 1908 г.

Благодаря любезному вниманию сотрудников большинства запрошенных учреждений нами были получены материалы, включающие в себя следующие документы:

а) копии сохранившихся к настоящему времени магнитограмм периода с 25 июня по 5 июля 1908 г.;

б) копии барограмм из ряда обсерваторий США, Франции, Австрии, Швеции, Румынии, Чехословакии;

в) копии метеорологических наблюдений, проведенных в большинстве стран мира как в северном, так и в южном полушариях;

г) материалы по аномальному свечению неба летом 1908 г. из ряда отечественных и зарубежных обсерваторий.

Ввиду того, что в ходе работ выяснилась необходимость сопоставления геофизических данных 1908 г. с аналогичными материалами, характеризующими ядерные взрывы, нами был послан запрос в геомагнитную обсерваторию Апия г. Кулингтону. Благодаря его любезности в настоящее время мы располагаем фотокопиями магнитограмм периода американских ядерных испытаний на о. Джонстон.

2. Изучение предполагаемых районов катастрофы. Принято считать район междуречья Хушмо-Кимчу единственным достоверным

районом, где наблюдаются разрушения, связанные с Тунгусской катастрофой 1908 г. Однако в литературе имеются указания на ряд других районов Центральной Сибири, в которых якобы имеются следы падения частей Тунгусского метеорита. И. М. Суслов [5] на основании опроса эвенков указал на три предполагаемых района падения метеорита: Лакурский хребет, междуречье Хушмо-Кимчу, верховья Южной Чуни. И. С. Астапович [8] на основании рассказа участника геодезической экспедиции 1911 г. П. Н. Липая высказал предположение о наличии в бассейне реки Тэтэрэ бурелома, связанного с Тунгусской катастрофой. Он же [38] считает вероятным падение отдельных глыб метеорита на правобережье Енисея в бассейне р. Большой Пит. П. Л. Драверт [39] на основании данных экспедиции М. А. Сергеева связывал ожог и повал леса в бассейне р. Кети (правый приток р. Оби) с Тунгусской катастрофой. Ни один из перечисленных районов, кроме междуречья Хушмо-Кимчу (Куликовский вывал), не являлся до настоящего времени объектом специальных полевых работ, хотя необходимость их в литературе подчеркивалась неоднократно. Поэтому в программу работ КСЭ были включены рекогносцировочные работы во всех необследованных районах.

Для работы в Куликовском центре была составлена детализированная программа работ по следующим пунктам:

1. Общее изучение района катастрофы.
2. Изучение разрушений.
3. Поиски метеоритного вещества.
4. Изучение радиоактивности.

Учитывая отсутствие полных геоботанических и, в частности, лесоводственных данных изучаемого района, в программу работ был включен широкий комплекс болотоведческих, геоботанических и лесотаксационных работ, методика которых подробно излагается в статьях, публикуемых в данном сборнике [40, 41, 42]. Перед болотоведами была поставлена задача охарактеризовать болота данного района и сопоставить их с контрольным районом. Аналогичная задача стояла перед лесоведами и геоботаниками.

Во второй пункт программы было включено изучение следов механических и термических повреждений леса и торфяного покрова болот с целью выяснения параметров разрушающего воздействия. По размерам и форме площади радиального вывала, а также хаотического бурелома и «телеграфного леса» в центре катастрофы можно сделать заключение о величине разрушающей силы: измеряя направление повала деревьев на разном расстоянии и по разным направлениям от центра, можно было расчетным путем показать, что явилось причиной разрушающего воздействия — один центральный взрыв, несколько взрывов, распределенных по площади, баллистическая волна или комбинация этих факторов. На основании этих же данных можно расчетным путем определить энергию взрыва, его характер (наземный или воздушный), высоту в случае воздушного взрыва, а также скорость и линейные размеры тела, если разрушения вызваны баллистической волной.

Учитывая, что, по литературным данным [6, 19], даже в центре катастрофы уцелели отдельные живые деревья, представлялось целесообразным изучить следы механических и термических повреждений на этих «живых свидетелях» катастрофы.

В работах Л. А. Кулика [6, 43] имеются указания на «равномерный лучистый ожог», следы которого сохранились на стволах деревьев в районе катастрофы. В связи с тем, что эти данные Л. А. Кулика были взяты под сомнение, представляло интерес попытаться отифференци-

ровать предполагаемый лучистый ожог от ожога, вызванного лесным пожаром. Это могло дать материал для суждения о тепловом эффекте взрыва.

Болотоведам предстояло ответить на два основных вопроса. Являются ли болота в центре катастрофы естественными образованиями и если да, то оказала ли на них Тунгусская катастрофа какое-либо влияние?

Третий пункт программы включал в себя работы, направленные на поиски материальных частиц космического тела. Хотя поиски крупных осколков железного метеорита, проведенные Л. А. Куликом, а также поиски мелкодисперсных частиц метеоритного железа экспедицией 1958 г. дали отрицательные результаты, представлялось вероятным, что отдельные крупные глыбы и распыленное вещество метеорита могут быть обнаружены более тонкими методами. Известно, что магнитометрическая съемка, выполненная Л. А. Куликом и И. М. Сусловым, проводилась с помощью несовершенных инструментов. Кроме того, в принципе не исключено, что космическое тело могло состоять из немагнитных материалов. В связи с этим в программу работ были включены подробная магнитометрическая съемка «воронок» на СЗ торфянике и по ряду профилей через Южное болото, обследование миноискателями склонов и вершин холмов, окаймляющих котловину, Лакурского хребта и ряда других мест, металлотрическая съемка по ряду радиусов на расстоянии до 40—50 км от центра. Параллельно с этим намечалось провести спектральный анализ древесной растительности в точках отбора проб. Для датировки предполагаемой аномалии в центре катастрофы предполагалось провести послойное озолечение деревьев, переживших катастрофу, и торфяного покрова болот.

Четвертый пункт программы — исследование радиоактивности почв и золы растений района катастрофы.

Если причиной катастрофы был ядерный взрыв, то при определенных условиях его продукты в виде некоторых долгоживущих изотопов могли сохраниться до настоящего времени. Вероятность обнаружения их весьма мала, так как при воздушном взрыве на высоте около 3—5 км наведенная активность в эпицентре отсутствует, осадки могли рассеяться на значительной площади и частично по всему земному шару. Кроме того, выпадение радиоактивных осадков в результате испытаний ядерного оружия за последние годы сильно исказило картину. Поэтому наиболее правильной методикой изучения радиоактивности в данном случае следует признать такую, с помощью которой можно было бы, помимо обнаружения повышения или аномалий, в изотопном составе активности, определить и сроки ее появления. В соответствии с этим программа работ предусматривала:

1) рекогносцировочное исследование района катастрофы полевыми геофизическими методами с целью обнаружения количественных аномалий радиоактивности в центре катастрофы;

2) послойный отбор образцов золы деревьев и торфа для дальнейших лабораторных анализов с целью выяснения изотопного состава радиоактивности;

3) сбор золы трав и кустарников по профилям для количественного и качественного определения их радиоактивности;

4) изучение заболеваемости местного населения и эксгумацию захоронений, относящихся к периоду катастрофы, с целью обнаружения Sr^{90} в костях трупов;

5) послойное изучение радиоактивности ледников.

Выполнение программы работ

Летом 1959 г. в районе катастрофы экспедиционной группой в составе 12 человек проводились полевые работы в течение 38 дней. Выполнены следующие исследования:

1. Путем радиальных выходов визуально уточнены границы вывала на С, В, Ю, ЮЗ, З. Они оказались дальше, чем это следует из схемы К. П. Флоренского [44]. В 25 км к западу от изб Кулика обнаружен участок мощного вывала, ориентированного в восточном направлении («западный вывал»).

2. Был обследован Лакурский хребет. Следов катастрофы в этом районе не обнаружено. Предпринятые в дальнейшем опросы местных жителей дают основание считать, что эвенкийское и географическое понятия Лакурского хребта различны (первый находится на расстоянии около 15 км на СВ от второго).

3. Были опрошены 47 очевидцев катастрофы или их потомки. Опросные данные совпадают в основном с опубликованными. Некоторые из опрошенных сообщили о наличии мощного вывала в районе Джелиндукона, а также о ямах близ реки Чавидокон, земля по краям которых ночью светится «точно снег блестками». Многие лица указывали на то, что Л. А. Кулик искал не там, где нужно, однако указать истинное место падения никто из них не мог (или, может быть, не хотел).

4. Изучены все имеющиеся в настоящее время материалы по заболеваемости населения Тунгусско-Чунского района с целью обнаружения встречаемости некоторых форм патологии, которые можно поставить в связь со взрывом метеорита. Никаких аномалий в этом смысле в настоящее время выявить не удастся [45].

5. Исследование скорости возобновления древесной растительности в центре показало, что темп роста деревьев после 1908 г. значительно увеличился. Это совпадает с данными В. И. Некрасова и Ю. М. Емельянова [46].

6. Металлических осколков, относящихся к Тунгусскому метеориту, миноискателями не найдено.

7. Выполнена маршрутная металлометрическая съемка по четырем направлениям на расстоянии до 40 км от центра на С, В, Ю, З. В центре также проведена металлометрическая съемка. Всего взято 333 пробы. Спектральный анализ их, проведенный в лаборатории, руководимой И. В. Резниковым, показал, что ни один из элементов не имеет явно повышенной концентрации в центре.

8. Спектральный анализ золы деревьев, спиленных на вершинах холмов, окаймляющих котловину, показал, что в отдельных образцах резко повышено содержание редкоземельных элементов (содержание лантана и церия доходит до 0,1% при кларковом содержании их $1,6-1,7 \cdot 10^{-3}\%$).

9. Полевая радиометрия, проведенная от центра по тем же пяти направлениям радиометрами РП-1 со счетчиком СТС-6 с гильзой и без гильзы, а также прибором СРП-1 (ЮЗ радиус), дала результаты, представленные на рис. 1, 2. Наиболее значительный спад радиоактивности от центра к периферии был отмечен при исследовании золы деревьев. Лабораторные анализы, проведенные в ряде специальных лабораторий, показали, что изотопный состав радиоактивных веществ близок к тому, который наблюдается в осадках после ядерных испытаний.

Таким образом, в результате экспедиции 1959 г. был получен ряд интересных данных, позволяющих предполагать, что Тунгусская катастрофа представляет из себя явление более сложное, чем это считалось

ранее. На основании этих данных была детализирована программа работ экспедиции 1960 г.

Полевые работы летом 1960 г. проводились совместно с группой инженерно-технических работников г. Москвы под руководством В. А. Кошелева, насчитывавшей 22 человека. Общее число участников экспедиции 73 человека. Продолжительность полевых работ 54 дня. Работа экспедиции финансировалась Сибирским отделением АН СССР.

Были проведены следующие виды работ:

1. Исследованы болота и термокарстовые воронки района катастрофы и ряда контрольных районов.

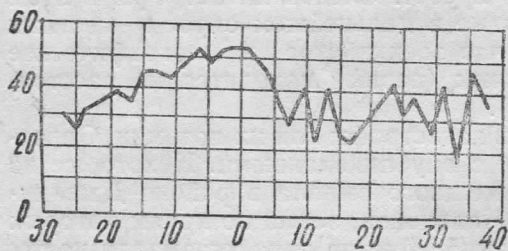


Рис. 1. Радиолоактивность в направлении запад—восток от центра вывала (по вертикали — радиолоактивность в относительных единицах, по горизонтали — километры).

2. Проведены лесотаксационные работы по четырем радиусам (С, В, Ю, З) на расстоянии до 22 км от центра.

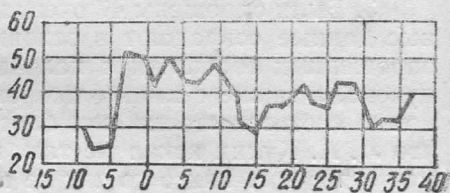


Рис. 2. Радиолоактивность в направлении север—юг.

3. В дополнение к лесотаксационным работам проведено изучение направленности и мощности вывала по четырем радиусам $A=18^\circ, 140^\circ, 215^\circ, 295^\circ$ на расстоянии 30—45 км от центра (5—6 км за границы вывала).

4. Составлена карта деревьев, переживших катастрофу в центре, и описаны их повреждения.

5. Отобрано 210 проб золы деревьев разных пород через каждый километр по четырем радиусам (см. выше) на расстоянии до 30 км. В тех же точках взяты прикорневые пробы почв.

6. Выполнена магнитометрическая съемка Сусловской и Клюквенной воронок (по сетке 2×2 и 5×5 м). Пройдено 5 профилей по Южному болоту, 2 из которых проходят через «центры падения», указанные Л. А. Куликом.

7. Проведена полевая радиометрия центра и по радиусам (С, В, Ю, З) на расстоянии до 15 км.

8. Получено 150 образцов золы трав и кустарников и проведено предварительное изучение их радиолоактивности на полевой установке «Тобол».

9. Проведено послойное озоление живых деревьев более чем столетнего возраста и получено по 2—5 кг золы каждой группы слоев (5 групп) для дальнейших лабораторных исследований.

10. Аналогичная работа выполнена по торфу (взята зола 13 слоев).

11. Проведена съемка профиля дна озера Чеко и отобраны пробы донных илов для выявления в них мелкодисперсного метеоритного вещества.

12. Проводилось обследование и оконтуривание района «западного вывала».

13. Три наземными и двумя воздушными маршрутами проводилось обследование района эвенкийской Лакуры.

14. Путем аэровизуальных наблюдений предпринята попытка об-

наружения восточного вывала. Обследованы районы бассейнов рек Тэтэрэ, Джелиндукон, Сегочамба, Большая Ерема, Хуга, верховья Южной Чуни.

15. С целью установления связи вывалов в бассейне р. Кети и выявления возможных следов Тунгусской катастрофы проведены полевые и опросные работы в бассейнах рр. Сым, Кас, Чистоклет, Пучеглазиха и Кеть, на Обь-Енисейском водоразделе.

16. В течение 1959—1961 гг., помимо камеральной обработки полевых материалов, проводилось изучение геофизических данных, полученных из запрошенных нами научных учреждений.

Подробно методика работ, ход и результаты анализов и исследований описаны в статьях настоящего сборника.

Данные по Тунгусскому метеориту к лету 1961 года

К лету 1961 г. установлены или подтверждены следующие факты:

1. Показания очевидцев о пролете над территорией Центральной Сибири огненного тела, двигавшегося примерно в северном направлении.

2. Катастрофа 30/VI 1908 г. вызвала ряд геофизических явлений, зафиксированных приборами: сейсмические, изменения в барограммах, изменения геомагнитного поля, зарегистрированные в Иркутске (начало изменений 0 час. 20 мин.).

3. Аномальное свечение неба 30/VI 1908 г. было, по-видимому, следствием наложения различных явлений [47], часть которых началась за несколько дней до катастрофы (цветные зори, серебристые облака). Прямая связь этих явлений с Тунгусской катастрофой не может считаться доказанной.

4. Изучение метеорологических данных, относящихся к северному полушарию, показало отсутствие сколько-нибудь выраженного влияния Тунгусской катастрофы на температуру воздуха, атмосферное давление, процессы грозообразования, облачность и т. д. В районе эпицентра в июне-июле 1908 г. могли быть лишь слабые ветры (не более 15 м/сек) [48].

5. Достоверно связанным с Тунгусской катастрофой может считаться лишь район Куликовского вывала. Наличие разрушений в других районах или не подтверждено (Лакурский хребет [49], бассейн р. Тэтэрэ [50]), или эти разрушения не связаны с Тунгусским метеоритом (повал леса в бассейне р. Кети [51]). Район Пит-Городка до настоящего времени не исследован. Западный вывал также, по-видимому, не связан с катастрофой 1908 г.

Все данные, изложенные ниже, относятся только к району Куликовского вывала.

6. Южное болото и мочжины СЗ торфяника являются естественными образованиями. Существенного влияния катастрофы на их естественное развитие не отмечается [40, 53].

7. Возобновление леса в зоне, непосредственно примыкающей к центру радиального вывала, идет ускоренным темпом. Объяснение этого явления экологическими причинами затруднительно. Границы зоны ускоренного роста не соответствуют зоне массового вывала леса [41, 42].

8. Годовое кольцо 1908 г., выявляемое на спилах деревьев, переживших катастрофу в ее центре, заметно разрыхлено и резко выделяется на фоне остальных [41, 46].

9. В непосредственной близости от центра катастрофы сохрани-

лось большое число деревьев, возраст которых превышает 60—70 лет [54]. Все они имеют следы механических и термических повреждений. Большинство ожоговых поверхностей направлено в сторону Южного болота.

10. Форма и площадь массового вывала близки к эллипсу с эксцентриситетом 0,8, большая ось которого направлена на СЗ (азимут 335° , см. схему [44, 67]).

11. Расчет, выполненный на основе замеров азимутов более 4500 поваленных деревьев в различных участках района катастрофы, показал, что вывал имеет строго радиальный характер. Центр его находится около СЗ оконечности Южного болота в точке с координатами $=60^\circ 53', 7$, $\lambda = 101^\circ 53', 5$ [55].

12. Высота взрыва, оцененная по массовости и площади вывала, составляет 6—12 км (наиболее вероятно 10 ± 2 км), что соответствует энергии порядка 10^{23} эрг.

13. Крупные железные массы, по данным магнитометрической съемки, в исследованных районах отсутствуют. Кусков немагнитных металлов также не обнаружено [56].

14. Вокруг эпицентра взрыва, по данным металлометрии и флорометрии, выявлено наличие области с повышенным содержанием Ni, Mo, Be, Y, Yb, La, Ce по сравнению с кларками. Центр этой области смещен к СЗ от центра катастрофы [57].

15. Слой древесины деревьев, переживших катастрофу, включающий в себя кольцо 1908 г., характеризуется повышенным содержанием никеля (этот факт нуждается в уточнении на большем материале).

16. Полевая маршрутная радиометрия, проведенная летом 1960 г., не выявила повышения радиоактивности в центре катастрофы. Измерения радиоактивности золы кустарников и трав показали, что в центре они в 1,5—2 раза в большинстве случаев выше, чем в удаленных районах (Ванавара, европейская часть Союза [58]).

17. Послойное измерение радиоактивности древесной золы не выявило повышенной радиоактивности в слое, включающем в себя слой 1908 года [58].

18. Воздействие катастрофы на заболеваемость и смертность населения данного района не установлено [45].

Отправным пунктом для анализа фактического материала следует принять достоверное положение о том, что между летевшим телом и радиальным вывалом леса с центром в междуречье Хушмо-Кимчу имеется причинно-следственная связь. Вывал леса мог быть вызван только движением воздушных масс большой мощности. Последнее образуется в следующих случаях:

1. Ураганный ветер, вихрь (за счет перепада атмосферного давления).

2. Баллистическая волна (за счет кинетической энергии тела, движущегося со сверхзвуковой скоростью).

3. Взрывы, распределенные в пространстве и времени.

Последний случай может быть рассмотрен в следующих вариантах:

а) наземный взрыв или взрывы;

б) несколько одно- или разномоментных воздушных взрывов, произошедших примерно на одной высоте;

в) серия последовательных воздушных взрывов, расположенных на траектории движущегося тела;

г) центральный воздушный взрыв.

1. Данные анализа ежедневных синоптических карт северного по-

лушария [48] показывают, что с 29/VI по 10/VII 1908 г. поле атмосферного давления вблизи района катастрофы было безградиентным и условий для возникновения ураганного ветра не существовало. Допущение о том, что вывал леса мог быть вызван ветром, исключается.

2. В. М. Родионов и М. А. Цикулин показали [59], что при форме площади вывала, близкой к эллипсу размерами 10×25 км, разрушения могут быть вызваны баллистической волной. Необходимым условием соответствия такого расчета данному конкретному случаю яв-

	Схема вывала	Область распределения точек пересечения на схеме вывала	Форма области распределения точек пересечения
		Мелкий масштаб	Крупный масштаб
1			
2			
3			
4			
5			

Рис. 3. Схематическое изображение картины вывала и области распределения точек пересечения линий, продолжающих направление вывала при различных вариантах разрушающего воздействия: 1) баллистическая волна; 2) центральный воздушный взрыв; 3) несколько взрывов (3), расположенных в одной плоскости; 4) центральный воздушный направленный взрыв; 5) идеализированная схема вывала в районе Тунгусской катастрофы.

ляется осевая ориентация вывала (см. схему). Однако результаты обработки полевых материалов [55] показывают, что вывал имеет строго радиальное направление, и поэтому объяснить вывал типичной баллистической волной, по-видимому, нельзя.

3. а) В районе Куликовского вывала кратера нет. В центре катастрофы стоят целые рощи «телеграфного леса», а также отдельные деревья, пережившие катастрофу. Картина вывала на расстоянии до 15 км от расчетного центра однородная. Следовательно, наземный взрыв, падение кратерообразующего метеорита, а также выпадение роя осколков, при котором суммарно должна была выделяться энергия того же порядка, не соответствуют фактам.

б) В случае серии воздушных взрывов, распределенных в горизонтальной плоскости, при значительном расстоянии между их центрами области максимальной плотности точек пересечения линий, представляющих собой продолжение направлений повала деревьев, на значительном расстоянии от центра должны распределяться на большой площади и соответствовать эпицентрам каждого отдельного взрыва. Однако, как это следует из работ Д. В. Демина и В. Г. Фаста [55, 61], область максимального сгущения точек пересечения (эллипс ошибок) представляет собою эллипс с соотношением полуосей порядка километра, расположенных вблизи одного из центров, указанных Л. А. Куликом [21]. Следовательно, допущение о нескольких взрывах, не расположенных на прямой, не имеет оснований.

в) В случае серии последовательных воздушных взрывов, расположенных на одной прямой, картина вывала должна быть различной в зависимости от угла наклона прямой и меняется от круговой при $\alpha = 90^\circ$ (движение по вертикали) до полосы с осевой ориентацией при $\alpha = 0^\circ$ (горизонтальное движение), т. е. картина вывала должна совпадать с картиной, обусловленной действием баллистической волны, если последовательность взрывов направлена сверху вниз, в противном случае вывал должен быть близок к радиальному (в случае крутой восходящей ветви траектории). Первый из рассмотренных вариантов не отвечает действительности по причинам, указанным выше. Второй представляется мало вероятным в связи с отсутствием указаний на наличие восходящей ветви полета метеорита.

г) Центральный воздушный взрыв. В этом случае вывал леса должен быть строго радиальным на периферии района разрушения и хаотическим в центре, что и наблюдается в районе катастрофы.

Таким образом, можно сделать вывод, что радиальный вывал леса с центром в междуречье Хушмо-Кимчу вызван одним центральным воздушным взрывом, эпицентр которого находится вблизи СЗ части Южного болота [55].

Дальнейший расчет, основанный на размерах площади вывала, показал, что энергия взрыва составляет примерно 10^{23} эрг при высоте около 10 км.

Возможны различные виды исходной энергии взрыва, из которых для нашего случая представляют интерес следующие:

1. Кинетическая.
2. Энергия упругого сжатия.
3. Тепловая.
4. Химическая.
5. Ядерная.

Переход кинетической энергии в энергию взрыва происходит при ударе тела, движущегося с большой скоростью, о преграду. Взрывы подобного типа образуются при падении кратерообразующих метеори-

тов. Как уже указывалось выше, этот вариант может быть исключен из рассмотрения ввиду того, что взрыв был воздушным.

Однако в докладе К. П. Станюковича на IX метеоритной конференции была выдвинута новая концепция, суть которой сводится к тому, что при движении метеорита, плотность которого не выше 1, с большой скоростью может иметь место крайне быстрое испарение тела, приближающееся по характеру к взрыву.

Объяснить Тунгусскую катастрофу с этих позиций можно лишь при следующих условиях:

а) скорость движущегося тела была очень большой (десятки км/сек);

б) плотность тела была не более единицы;

в) объем и масса тела велики.

Возражением против такого объяснения Тунгусской катастрофы может быть то, что тепловой взрыв должен иметь протяженность во времени, т. е. при значительной скорости движения тела быть цилиндрическим. Последний производит разрушения, аналогичные действию баллистической волны [60], что соответствует уже разобранным случаям.

2. Энергия упругого сжатия в данном конкретном случае могла проявиться только в виде баллистической волны. Несоответствие этого варианта действительному положению вещей показано выше.

3. Переход тепловой энергии в энергию взрыва также можно не рассматривать, так как температура метеоритов в момент их падения не достигает больших величин [62].

4. Химический взрыв происходит за счет потенциальной химической энергии, превращающейся в энергию сжатых газов в результате быстрого протекания реакции. Энергия взрыва Тунгусского метеорита имеет порядок 10^{23} эрг [63]. Это значит, что, если бы Тунгусский метеорит состоял из чистого тротила, то его масса в момент взрыва должна была составлять десятки миллионов тонн. В действительности метеориты, состоящие даже частично из взрывчатых веществ или им подобных, до настоящего времени не встречались. Поэтому объяснить Тунгусскую катастрофу химическим взрывом можно только при допущении необычного его химического состава и колоссальной массы. Хотя предположение о взрыве пыле-воздушной смеси и не является невероятным, следует отметить, что подавляющее большинство очевидцев не наблюдало сколько-нибудь мощного дымового следа.

5. Ядерный взрыв является следствием реакций деления, синтеза или аннигиляции. Первые два типа реакций проверены экспериментально и по характеру механических разрушений соответствуют картине, наблюдаемой в Куликовском центре. Последний пока является гипотетическим.

Таким образом, взрыв Тунгусского метеорита мог произойти или за счет кинетической энергии быстро движущегося тела большой массы (как это происходит, пока неясно), или за счет внутренней энергии тела, т. е. должен быть по своей природе химическим или ядерным. Дальнейший анализ в этом направлении возможен при наличии данных о химическом составе или специфических свойствах продуктов взрыва.

Визуальные и инструментальные поиски крупных осколков взорвавшегося тела не привели к желаемым результатам [56]. Учитывая огромную энергию взрыва, можно считать, что обнаружение их в районе катастрофы мало вероятно. Лишь при крайне необычных условиях отдельные осколки его могли выпасть на значительном расстоянии (десятки и сотни км) от центра взрыва по направлению движения тела.

Металлометрическая съемка выявила некоторое повышение в районе катастрофы по сравнению с кларком Mn, Ni, Co, Cu, Zn, Ti, V, Cr, Sn и редкоземельных элементов, а также позволила грубо наметить зону максимального содержания Ni, Co, La, Y, Yb, Ce. Центр этой зоны расположен в нескольких км к СЗ от эпицентра взрыва. Настаивать на том, что эта аномалия связана с Тунгусским метеоритом, пока нельзя. Для выяснения ее природы требуется сгустить сеть отбора проб и тщательно сопоставить результаты с геологией района.

Ускоренное возобновление леса в центральной части катастрофы [41, 42] может быть вызвано рядом причин.

1. Экологические причины:

а) изменение светового режима;

б) удобрение золой в результате лесного пожара;

в) оттаивание и отступление в глубь вечной мерзлоты в результате исчезновения тени от деревьев;

г) отступление вечной мерзлоты в результате потепления климата.

2. Внесение химических элементов в почву за счет распыления взорвавшегося тела:

а) внесение элементов, содержание которых в почве ниже оптимального;

б) внесение микроэлементов-стимуляторов, не содержащихся в почве.

3. Стимулирующее действие радиоактивных продуктов ядерного взрыва.

Обычными экологическими причинами объяснить явление ускоренного роста затруднительно, так как границы вывала леса и зон ускоренного роста не совпадают. Кроме того, ускоренный рост наблюдается у всех древесных пород, произрастающих в центре катастрофы, в то время как экологические требования, предъявляемые ими, различны.

Что касается роли внесения химических элементов, то в литературе имеются указания на стимулирующее действие некоторых лантанидов на рост травянистых растений. Сведения о влиянии лантанидов и других химических элементов, превышающих кларк в центре, на рост деревьев в доступной нам литературе отсутствуют.

В литературе также имеются указания на то, что хроническое облучение малыми дозами ионизирующей радиации вызывает стимуляцию роста травянистых растений [64]. Существует ли аналогичная закономерность в отношении деревьев, сказать трудно, однако, возможность такого рода нельзя считать исключенной.

У всех деревьев, переживших катастрофу в ее центре, обнаруживаются следы повреждений, которые можно разделить на три типа:

1) пальцевидные;

2) лункообразные;

3) кольцевые.

Пальцевидные повреждения представляют собою, по-видимому, следствие термического действия взрыва. В результате лучистого ожога и последовавшего за ним пожара часть камбия оказалась поврежденной. В ходе дальнейшего роста дерева ожоговая поверхность постепенно затягивалась, образуя наслоение последующих годовых колец (см. рис. 3). Интересно то обстоятельство, что многие ожоговые поверхности, относящиеся к 1908 г., обнаруживаются только вблизи вершин деревьев. Это указывает на то, что причиной их появления был, по-видимому, лучистый ожог и последующее местное возгорание. Объяснить это явление верховым пожаром затруднительно, т. к. подавляющее большинство деревьев в момент катастрофы было повалено.

Кроме пожара, причиной пальцевидных повреждений может быть трещина ствола. Процесс заживления раневой поверхности в этом случае идет путем, аналогичным описанному. По-видимому, многие пальцевидные повреждения периферии центрального района (3—5 км), ориентированные в сторону, противоположную эпицентру, могли возникнуть этим путем [54].

Причиной появления кольцевидных повреждений, включающих в себя слой древесины 1908—1912 гг., могли явиться следующие факторы:

1. Срыв кроны дерева ударной волной и как следствие этого нарушение обмена веществ, отразившееся на структуре древесины.

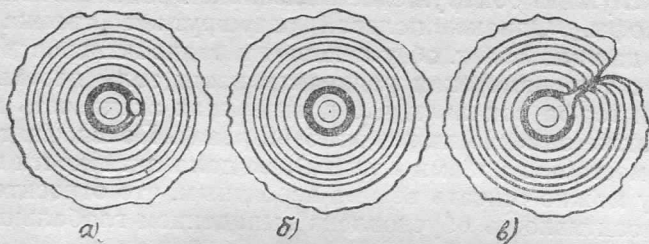


Рис. 4. Схематическое изображение различных типов повреждения деревьев, переживших катастрофу, в центральной части района вывала: а) лункообразные; б) кольцевые; в) пальцевидные.

2. Механическое всестороннее обжатие дерева ударной волной и деформация древесины.

3. Термическое воздействие взрыва.

4. Специфическое действие ядерного взрыва, которое могло проявиться в виде действия проникающей радиации в момент взрыва или в виде хронического облучения осколками деления в течение более продолжительного времени (в соответствии с периодом полураспада короткоживущих изотопов).

Наиболее вероятным является действие первого фактора. Для проверки этого предположения в настоящее время заложена специальная пробная площадь, на которой искусственно воспроизведены повреждения деревьев типа «срыва кроны ударной волной» в различных вариантах. Результат этого эксперимента станет ясен через 3—5 лет.

Всестороннее обжатие ствола ударной волной [46] вряд ли могло явиться причиной кольцеобразного повреждения, так как, согласно расчетам [68], избыточное давление ударной волны в эпицентре не превышало $0,3\text{--}0,5 \text{ кг/см}^2$, а для деформации древесины требуется величина на порядок выше.

Световой импульс при взрыве имеет длительность порядка нескольких секунд [52], за это время благодаря низкой теплопроводности коры температура камбиального слоя не могла существенно измениться. Кроме того, кольцеобразные повреждения имеют одинаковый характер со всех сторон ствола. При действии светового импульса должно было бы сказаться экранирование кроной и стволом.

Что касается специфического действия ядерного взрыва, то в доступной нам литературе сведений о таком типе повреждений не имеется. Теоретически можно допустить, что при значительной начальной радиоактивности выпавших осколков такое явление могло иметь место.

Для проверки этого предположения целесообразно провести эксперименты по облучению молодых деревьев различными источниками ионизирующих излучений (бетатрон, рентген, кобальт и др.).

Лункообразные повреждения представляют собой как бы переходный тип между первыми двумя. Причины появления их не вполне ясны. Можно лишь полагать, что здесь имело место или относительно слабое температурное воздействие, недостаточное для возгорания, но достаточное для частичного поражения камбия, или же здесь имело место снижение местного иммунитета растительной ткани по отношению к микрофлоре.

Как уже отмечалось, прямым указанием на ядерную природу взрыва могло бы служить обнаружение аномальной радиоактивности в районе катастрофы. Однако полевая маршрутная съемка 1960 г. не подтвердила данных 1959 г. об уменьшении радиоактивности на периферии. Вместе с тем измерения радиоактивности золы деревьев, кустарников, трав и торфа показали, что повышенная активность в центре по золе стала также заметно ниже (в 1,5—2 раза). Почва, взятая из экранированных мест (под избами Кулика), не дала активности выше фоновой. Поэтому можно считать весьма вероятным, что относительно повышенная радиоактивность обусловлена выпадением глобальных осадков.

Более вероятным может быть обнаружение не количественной, а качественной аномалии (аномалии изотопного состава) за счет незначительного выпадения и сохранения до настоящего времени части осколков. Эти исследования (радиохимические, α , β , γ -спектроскопия и др.) проводятся в настоящее время специализированными учреждениями.

Послойные измерения радиоактивности объектов, в которых слой 1908 г. мог быть выделен, также пока еще не закончены. Отсутствие общей повышенной радиоактивности в слое древесины, включающем кольцо 1908 г., равно как и авторадиграфические исследования не могут дать однозначного ответа, так как водный обмен в древесине происходит не только в продольном, но отчасти и в поперечном направлениях. Кроме того, как уже указывалось выше, решающим должно быть проводимое сейчас качественное изучение радиоактивности. При камеральной обработке образцов торфа было установлено, что слой, включающий в себя 1908 г., находится глубже, чем предполагалось в поле, и для исследования не был взят.

Таким образом, имеющиеся данные по изучению радиоактивности не дают оснований полагать, что причиной Тунгусской катастрофы был ядерный взрыв. Однако они не дают оснований и к обратному заключению, так как при ядерном взрыве на высоте 10 км никаких следов радиоактивности в эпицентре через 50 лет может не быть.

Анализ геофизических материалов, относящихся к моменту взрыва Тунгусского метеорита, и сравнение их с аналогичными данными ядерных взрывов показывают полную аналогию этих явлений. По-видимому, явно механические проявления (сейсмо- и барограммы) в случае обычных химических взрывов, сравнимых по мощности, должны быть также сходными.

Геомагнитному эффекту при ядерных взрывах посвящена обширная литература, однако вопрос о его механизме остается открытым. Дискусируются в основном две точки зрения, согласно которым геомагнитный эффект вызывается:

1. Ударной волной (механическое действие любого мощного взрыва).

2. Ионизацией верхних слоев атмосферы (специфическое действие ядерного взрыва).

В нашей статье [33] предпринималась попытка объяснить геомагнитный эффект взрыва Тунгусского метеорита чисто механическими причинами. Дальнейший анализ в этом направлении проводится в статье Ковалевского, однако в принципе исключить возможность другого механизма этого явления также нельзя. Обнаруженное нами сходство магнитного эффекта Тунгусского метеорита с магнитным эффектом высотных ядерных взрывов вряд ли можно считать случайным. Несомненно, механизм обоих явлений имеет много общего [65, 66].

Обнаружение геомагнитного эффекта через 52 года после катастрофы и установление чрезвычайно интересного факта схождения геомагнитного возмущения, вызванного Тунгусским метеоритом, с магнитными бурями после высотных взрывов водородных бомб говорит о плодотворности самой идеи проведения последовательной аналогии между Тунгусской катастрофой и высотным ядерным взрывом большой мощности. Насколько глубокой является эта аналогия — могут дать ответ лишь дальнейшие исследования.

ВЫВОДЫ

1. Тунгусская катастрофа 30 июня 1908 года была вызвана одним центральным воздушным взрывом космического тела с энергией порядка 10^{23} эрг, происшедшим на высоте около 10 км.
2. Взрыв по своей природе мог быть тепловым, химическим или ядерным.
3. Дифференцировка трех указанных вариантов не представляется возможной до получения дополнительного фактического материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. А. Кулик. Затерянный Филимоновский метеорит 1908 г. Мироведение, № 1 [40], 1921.
2. Л. А. Кулик. Поиски затерянного Филимоновского метеорита 1908 г. Мироведение, т. XI, № 1 [42], 1922.
3. С. В. Обручев. Еще о месте падения Тунгусского метеорита. Природа, № 12, 1951.
4. А. В. Вознесенский. Падение метеорита 30 июня 1908 г. в верховьях р. Хатанги. Мироведение, т. 14, № 1, 1925.
5. И. М. Суслев. К розыску большого метеорита 1908 г. Мироведение, т. 16, № 1, 1927.
6. Е. Л. Кринов. Тунгусский метеорит. М.—Л., 1949.
7. И. С. Астапович. Новые материалы по полету большого метеорита 30 июня 1908 г. в Центральной Сибири. Астр. журн., 10, № 4, стр. 465—468, 1933.
8. И. С. Астапович. Впечатления первых европейцев о буреломе Тунгусского метеорита. Природа, № 5, 1948.
9. И. С. Астапович. Большой Тунгусский метеорит. Природа, №№ 2, 3, 1951.
10. Л. Ф. Брюханов. Гром и ураган в Кежме (на Ангаре) 30 июня 1908 г. Метеоритика, вып. 2, 1941.
11. П. Т. Каншин. Громовые звуки 30 июня 1908 г. в Кузнецком Алатау. Метеоритика, вып. 2, 1941.
12. Т. А. Кокорина. Воздушная волна 30 июня 1908 г. на Ангаре. Метеоритика, вып. 2, 1941.
13. Т. Н. Науменко. Наблюдение полета Тунгусского метеорита. Метеоритика, вып. 2, 1941.
14. Н. Б. Дивари. Явления, сопровождающие падение метеоритного дождя, и его атмосферная траектория. Сб. «Сихотэ-Алиньский железный метеоритный дождь», т. 1, 1959.
15. Whipple F. J. W. The Great Siberian Meteor and the Waves, seismic and aërial, which it produced. The Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 56, № 236, 1930.
16. Л. А. Кулик. Отчет метеоритной экспедиции о работах, произведенных с 19 мая 1921 г. по 29 ноября 1922 г. Изв. Росс. АН, т. XVI, VI сер., стр. 391—410, 1922.

17. В. Г. Фесенков. Помутнение атмосферы, произведенное падением Тунгусского метеорита 30 июня 1908 г. Метеоритика, вып. 6, 1949.
18. Л. А. Кулик. К истории болида 30/VI 1908 г. ДАН СССР, 1927.
19. Л. А. Кулик. Результаты экспедиции за Тунгусским метеоритом в 1927 г. Мироведение, т. 17, № 3, 1928.
20. Л. А. Кулик. Предварительные итоги метеоритных экспедиций 1921—1931 гг. Труды ин-та Ломоносова, т. 2, 1933.
21. Л. А. Кулик. Данные по Тунгусскому метеориту к 1939 г. ДАН СССР, XXII, № 8, стр. 520—524, 1939.
22. Л. А. Кулик. Метеоритная экспедиция на Подкаменную Тунгуску в 1939 г. ДАН СССР, т. 28, стр. 597—601, 1940.
23. К. П. Флоренский. Некоторые впечатления о современном состоянии района падения Тунгусского метеорита 1908 г. Метеоритика, вып. 12, 1953.
24. А. А. Явнелъ. Метеоритное вещество с места падения Тунгусского метеорита. Астр. журнал, 5, 1957.
25. К. П. Флоренский. Тунгусское диво. Газ. «Комсомольская правда» за 8/II 1959 г.
26. К. П. Флоренский. Поиски продолжаются. Знание — сила, № 4, 1959.
27. Б. И. Вронский. Да, поиски продолжаются. Юный техник, № 3, 1959.
28. Б. И. Вронский. Тайна Тунгусской катастрофы. Природа, № 3, 1960.
29. И. С. Астапович. Новые исследования падения большого сибирского метеорита 30 июня 1908 г. Природа, № 9, 1935.
30. Е. Л. Кринов. Где же Тунгусский метеорит? Природа, № 5, 1960.
31. В. Г. Фесенков, Е. Л. Кринов. Новое о Тунгусском метеорите. Вестник АН СССР, № 12, 1960.
32. В. И. Вернадский. О необходимости организованной научной работы по-космической пыли. Проблемы Арктики, № 5, 1941.
33. Г. Ф. Плеханов и др. О влиянии взрыва Тунгусского метеорита на геомагнитное поле. Геология и геофизика, № 6, 1961.
34. La Paz. Popular Astronomy, 1948.
35. Ф. Ю. Зигель. Неразгаданная тайна. Знание — сила, № 6, 1959.
36. А. Казанцев. Гость из Космоса. Техника молодежи, № 3, 1951.
37. Б. Лапунов. Из глубины Вселенной. Знание — сила, № 10, 1950.
38. И. С. Астапович. Землетрясение 30/VI 1908 г. в Енисейской тайге в связи с падением Тунгусского метеорита. Природа, № 1, 1948.
39. П. Л. Драверт. Бурелом и ожог леса в бассейне р. Кети. Метеоритика, вып. 4, 1948.
40. Ю. А. Львов и др. Болота района падения Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
41. В. И. Некрасов и Ю. М. Емельянов. Особенности роста древесной растительности в районе падения Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
42. В. И. Колесников. Аномальное возобновление древесной растительности в районе Тунгусской катастрофы. См. настоящий сборник.
43. Л. А. Кулик. Тунгусский метеорит. Мироведение, т. 16, № 4, 1927.
44. К. П. Флоренский и др. Предварительные результаты работ Тунгусской метеоритной экспедиции 1958 г. Метеоритика, вып. 19, 1960.
45. Н. В. Васильев. Тунгусская катастрофа 1908 года и ее влияние на здоровье населения Тунгусско-Чунского района Красноярского края. См. настоящий сборник.
46. Ю. М. Емельянов, В. И. Некрасов. Об аномальном росте древесной растительности в районе падения Тунгусского метеорита. ДАН СССР, т. 135, вып. 5, 1960.
47. А. Ф. Ковалевский, Н. В. Васильев. К вопросу о свечении ночного неба летом 1908 г. См. настоящий сборник.
48. З. П. Коженкова и др. Синоптико-метеорологические условия лета 1908 года. См. настоящий сборник.
49. В. М. Кувшинников, Г. П. Колобкова. К вопросу о падении глыб Тунгусского метеорита в районе Лакурского хребта. См. настоящий сборник.
50. В. К. Журавлев, В. А. Кошелев, Н. В. Васильев. Поиски восточного вывала. См. настоящий сборник.
51. Н. В. Васильев и др. Гипотеза профессора П. Л. Драверта в свете результатов экспедиции 1960 года. См. настоящий сборник.
52. Д. И. Лоусон. Атомная бомба и пожары. ИЛ. 1955.
53. Ю. А. Львов, Г. Иванова. Провальные (термокарстовые) депрессии на крупнобугристых торфяниках района падения Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
54. Г. М. Зенкин и др. Характеристика деревьев, переживших Тунгусскую катастрофу в ее эпицентре. См. настоящий сборник.

55. В. Г. Фаст. К определению эпицентра взрыва Тунгусского метеорита по характеру вывала леса. См. настоящий сборник.
56. А. Ф. Ковалевский и др. Магнитометрические работы в районе падения Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
57. А. Л. Ковалевский и др. Некоторые данные о распределении химических элементов в почвах и растениях в районе падения Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
58. М. П. Гречушкина, Е. В. Кириченко. О радиоактивности почвы и растений в районе падения Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
59. О Тунгусском метеорите. Природа, № 11, 1959.
60. М. А. Цикулин. Приближенная оценка параметров Тунгусского метеорита. Народнохоз. исполъз. взрыва, вып. 6, Сиб. отд. АН СССР, 1959.
61. Д. В. Демин. О среднеквадратическом отклонении азимутов поваленных деревьев как параметре вывала. См. настоящий сборник.
62. Е. Л. Кринов. Основы метеоритики, 1955.
63. Е. Маслов. К вопросу о высоте и мощности взрыва Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
64. Спэрроу и Ганкел. Влияние длительного облучения гамма-лучами радиокобальта на растения. Материалы межд. конф. по мирному исп. атомной энергии, т. 12, 1958.
65. А. Ф. Ковалевский. Магнитный эффект взрыва Тунгусского метеорита. См. настоящий сборник.
66. В. К. Журавлев. К вопросу об интерпретации геомагнитного эффекта 1908 года. См. настоящий сборник.
67. Н. И. Некрытов, В. К. Журавлев. Визуальное определение границ вывала. См. настоящий сборник.
68. Действие ядерного оружия. М., 1960.

Preliminary results of biannual Complex Expedition for exploration of Tungus meteorite problem

G. F. Plekhanoff

There is exposed a brief investigation history of this question as well as data obtained before 1959 year. The work plan and its organization are founded, results of 1959—1960 work are summarized and preliminary analysis is given. The conclusion is drawn, that the cause of Tungus catastrophe might be a single central air explosion. As to its character, it might be thermal (after Stanyukovich), chemical or nuclear. A further strict scientific analysis is impossible so long as additional virtual data are not recovered.