

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ТУНГУССКОЙ МЕТЕОРИТНОЙ
ЭКСПЕДИЦИИ 1958 г.**

***К.П.Флоренский, Б.И.Вронский, Ю.М.Емельянов,
И.Т.Зоткин, О.А.Кирова***

Предпосылки работ. Полевые работы по изучению района падения Тунгусского метеорита, которые производились Л.А.Куликом, закончились в 1939 г. Наиболее подробно результаты этих экспедиций изложены в сводной работе Е.Л.Кринова [1], который дополнил их собственными наблюдениями и данными частичной обработки аэрофотосъемки 1938 г. Другую сводку всех сведений о метеорите дал И.С.Астапович [2]. Последующий период характеризуется сравнительно небольшим количеством оригинальных работ, в которых так или иначе пересматривается собранный ранее материал. Из таких работ необходимо отметить статью акад. В.Г.Фесенкова [3], который на основании помутнения атмосферы в июле 1908 г., по данным единственной в то время актинометрической станции на горе Вильсон в Калифорнии, оценил количество распыленного в атмосфере вещества порядка 10^6 т, связывая его с Тунгусским метеоритом.

Н.Н.Сытинская [4] на основании анализа немногочисленных свидетельских показаний, собранных ранее Комитетом по метеоритам, показала, что траектории метеорита, определенные Е.Л.Криновым [1] и И.С.Астаповичем [2], равновероятны, т. е., по существу, недостаточно надежны.

Б.Ю.Левин [5] дал анализ вероятных скоростей Тунгусского метеорита и пришел к выводу, что метеорит относился не обязательно к встречным, а скорее к числу догоняющих метеоритов, и его скорость могла колебаться в широких пределах. При параболической гелиоцентрической скорости вариант траектории Астаповича соответствует 12,0–67,1 км/сек, а вариант Кринова — 12,0–46,8 км/сек.

К.П.Станюкович [6] показал, что сотрясение почвы и воздуха, как и наземные разрушения, которые ранее однозначно объяснялись взрывом метеорита при ударе о землю, могли возникнуть и под действием баллистической волны метеорита, без непосредственного удара его вещества о землю с космической скоростью.

Пересмотр данных Уиппла [7] показывает, что энергия Тунгусского метеорита, которую Уиппл определил в $3,2 \cdot 10^{20}$ эрг, должна, вероятно, быть повышена до 10^{23} эрг, так как ранее не были учтены потери энергии на нагревание воздуха при распространении ударной волны.

Таким образом, все исследования показывают, что известных фактических данных совершенно недостаточно для однозначного и достоверного суждения о природе метеорита, и необходимо получение дополнительного фактического материала.

Напомним, что сам район падения метеорита в целом оставался вовсе не обследованным, границы наземных разрушений (ывала леса) не установленными и условно намечались на заведомо неверной топографической основе; никаких систематических поисков вещества метеорита вне воронок (термокарстовых) не производилось, а произведенная аэрофотосъемка захватила только центральную часть поваленного леса и оставалась необработанной.

В то же время, в части литературы, особенно популярной, известные факты излагались неточно, тенденциозно или просто неверно. В результате существующим гипотезам придавался характер достоверных фактов или, наоборот, вся «Тунгусская катастрофа» представлялась как какая-то необъяснимая загадка, при решении которой допустимо любое произвольное предположение, лишь бы оно не выглядело совершенно абсурдным. Довольно разноречивые в деталях описания свидетелей, собранные через 20–25 лет после падения, давали достаточный простор такому произволу.

Неверное изложение фактов встречается и в научной литературе. Так в книге «Между планетами» [9] дан снимок Сусловской термокарстовой воронки, которая представлена как воронка взрыва Тунгусского метеорита.

Кратковременное посещение района падения К.П.Флоренским в 1953 г. [10] показало, что наземные разрушения, произведенные метеоритом, сохранились до сих пор и их возможно обследовать более основательно.

В 1957 г. А.А.Явнель, исследуя в Комитете по метеоритам образцы почв, привезенные Л.А.Куликом и К.П.Флоренским, обнаружил в них железные частицы метеоритного происхождения и микроскопические, очевидно магнетитовые, шарики [11, 12]. Возникло предположение, что эти частицы относятся к распыленным остаткам Тунгусского метеорита. Хотя впоследствии выяснилось, что такой вывод, вероятно, является преждевременным, он давал ключ к более широким поискам аналогичных частиц, что придавало уже значительную определенность задачам намечающейся экспедиции.

Таким образом, вся история изучения Тунгусского метеорита говорит о необходимости серьезного пополнения фактической основы наших знаний о нем путем

коллективного изучения этого сложного явления специалистами разных отраслей естественных наук. Нужно воздержаться от поспешных и преждевременных выводов до получения вполне надежного и достаточно полного фактического материала.

Экспедиция, организованная Комитетом по метеоритам АН СССР в 1958 г., в построении своей работы исходила из следующих основных положений.

1. Работа предыдущих лет (Л.А.Кулик) строилась на изучении очень небольшого участка центральной части вываленного леса. Весь район падения в целом до сих пор не изучался.

2. Падение Тунгусского метеорита должно было сопровождаться весьма сильным рассеянием мелкодисперсного вещества, вероятность нахождения которого во много раз превышает вероятность нахождения крупных кусков метеорита, поискам которых были посвящены предыдущие работы.

3. Метеорит в существенной части был железным и частицы метеоритного железа сохранились в почве до настоящего времени в неокисленном состоянии.

Задачи и состав экспедиции. В силу кратковременности работ экспедиция должна была носить рекогносцировочный характер и перед ней стояли следующие конкретные задачи:

1. Провести маршрутные пересечения района вываленного в 1908 г. леса и установить общий характер вывала и его границы, нанеся их на современную топографическую основу, полученную аэрогеодезическим путем.

2. Произвести сбор образцов почвы с обогащением их в поле до магнитного шлиха. Шлих должен был быть проанализирован минералогическим и химическим путем, с определением отношения $Ni : Fe$ для получения изолиний содержания этих металлов и дальнейшего заключения о месте концентрации частиц метеорита. Часть проб предполагалось дублировать для детальной обработки в Москве. Пробы должны были браться по сетке, со стороны квадрата около 5 км.

3. Произвести общую оценку района падения метеорита, с целью выяснения направления и перспектив дальнейших работ.

Организация такой экспедиции была поручена сотруднику Института геохимии и аналитической химии им. Вернадского геохимику К.П.Флоренскому. В состав экспедиции вошли минералог О.А.Кирова (Алешкова), геолог Б.И.Вронский, химик Ю.М.Емельянов, астроном И.Т.Зоткин, физик С.А.Кучай, химик П.Н.Палей, лаборанты КМЕТ Е.И.Малинкин и Т.М.Горбунова и коллектор К.Д.Янковский — участник экспедиции 1929–1930 гг., который мог оценить изменения, происшедшие в районе за 28 лет.

Экспедицию вели старшие проводники — эвенки А.И.Дженкоуль и А.И.Доонов. К экспедиции примкнул кинооператор Московской студии научно-популярных фильмов М.А.Заплатин.

К месту работ экспедиция добиралась поездом до Красноярска, самолетом до Ванавары (с пересадкой в Кежме) и оленьим караваном до базы, расположенной в избушках Кулика. Организационно экспедиция разделялась на три отряда; два из них вели маршрутную работу, опираясь на базу, в которой производилось полевое минералогическое и химическое изучение собранных образцов. Все маршруты с базы проходили пешком.

Экспедиция выехала из Москвы 3 июня и возвратилась 10 августа, пробыв на месте работ 34 дня.

Ниже излагается методика работы и предварительные результаты Тунгусской метеоритной экспедиции 1958 г.

Вывал леса. Вывал леса остается до сих пор главнейшим следом падения метеорита в этом районе и поэтому на его характеристике необходимо остановиться подробнее.

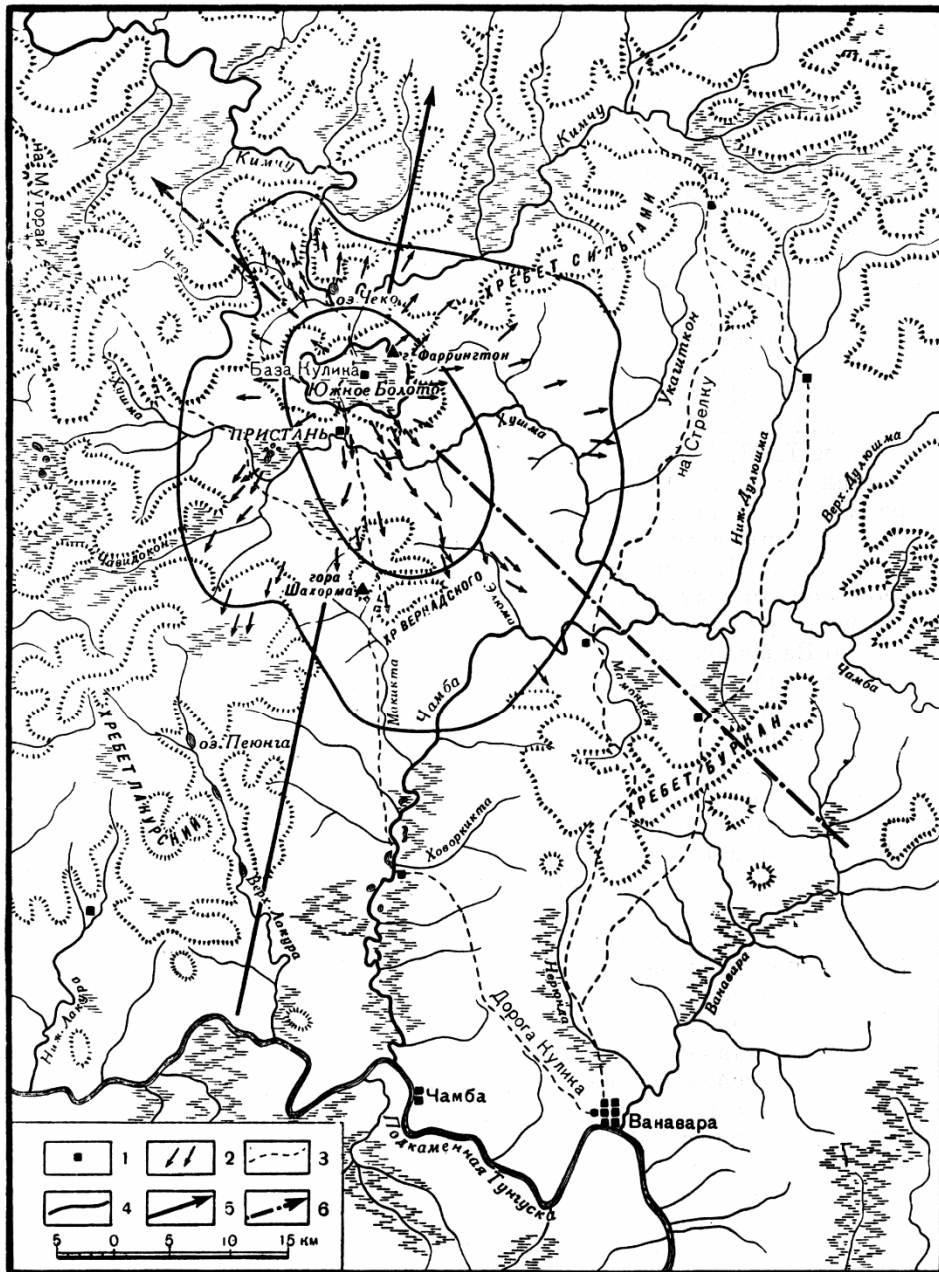
Общая площадь поваленного леса занимает около 1500 км^2 и резко выделяется от наблюдаемых в этом районе ветровалов своей упорядоченностью и масштабом (фиг. 1). Схема маршрутов, вдоль которых производились наблюдения, дана на фиг. 2. Замеренные азимуты поваленных деревьев указаны на карте (см. фиг. 1) в виде стрелок, основание которых соответствует точке наблюдения. Каждая стрелка соответствует господствующему направлению поваленных деревьев на значительной площади и нанесена с точностью около 5° . Поваленные деревья лежат в общем параллельными рядами¹, но точные измерения на ровном месте показывают отклонения в порядке указанной величины, которые зависят, вероятно, от формы кроны, расположения корневой системы и других индивидуальных особенностей дерева, не поддающихся учету.

В результате маршрутного обследования полностью подтверждается общий радиальный характер вывала леса на большой территории, что было установлено Куликом для центральной и южной частей района. Однако выявление нескольких местных центров вывала, лежащих около южного болота, которые пытался выделить Л.А.Кулик (см. [1], стр. 146 и фиг. 35), вряд ли носит объективный характер и требует более тщательного изучения местных условий.

¹ Стрелка (к западу от Южного болота) отмечает случай антипараллельного вывала, при котором вершины деревьев обращены в прямо противоположные стороны; точке наблюдения соответствует середина стрелки.

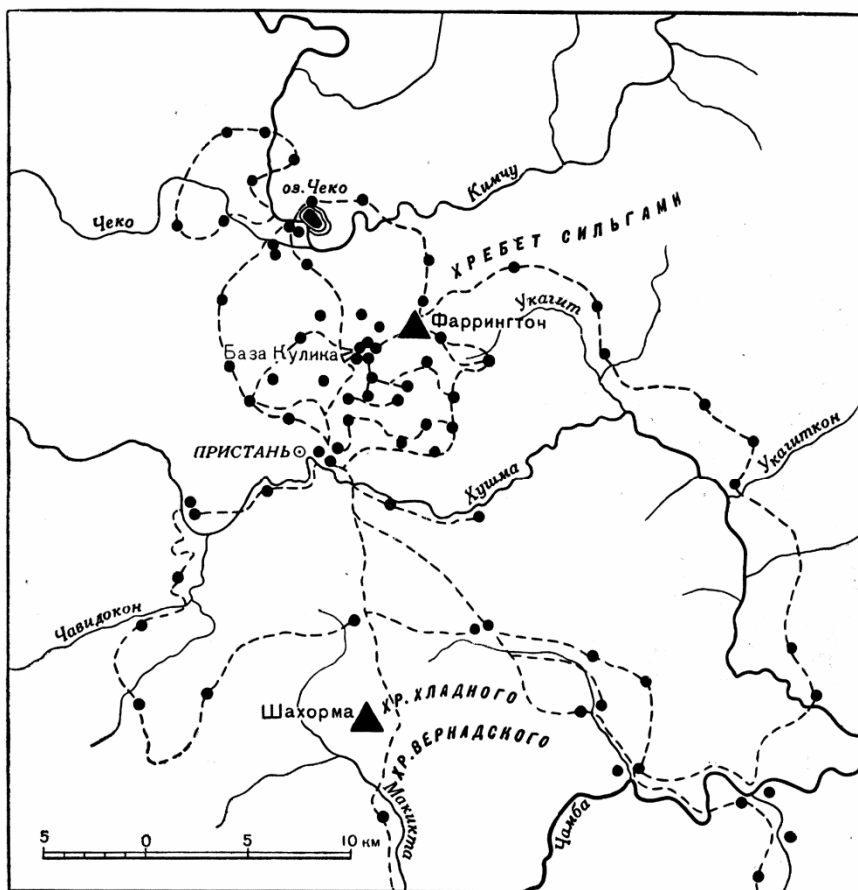
Влияние рельефа на направление вывала отмечалось Е.Л.Криновым [13] и в ряде случаев несомненно наблюдается на местности. Особенно четко это проявляется в периферических частях района, где действовала уже ослабленная волна, хотя иногда прослеживается и в более центральных частях. Среди таких мест можно отметить складки рельефа в горах севернее р. Хушма к востоку от ручья Чургима и верховья р. Макикты, где направление вывала стремится принять направление вдоль речной долины, если она образует небольшой угол с общим направлением вывала. Оно сохраняется некоторое время при резком повороте долины.

При полевых работах была сделана попытка обнаружить общее отклонение от центральной симметрии в направлениях поваленных деревьев, но произведенных наблюдений слишком мало для того, чтобы решать этот вопрос. Ввиду его важности для общей характеристики явления, он должен быть поставлен как при камеральном изучении имеющегося аэросъемочного материала (м. 1 : 5000 для центральной и м. 1 : 50 000 для периферической части района), так и при последующей экспедиционной работе. Особое внимание при этом следует обратить на периферические части района, лежащие в стороне от предполагаемой траектории метеорита.



Фиг. 1. Район работы Тунгусской метеоритной экспедиции 1958 г. На карте указаны направления поваленных деревьев, границы вывала леса различной мощности и варианты проекций траектории

1 — острова, 2 — вывал деревьев, 3 — тропы, 4 — границы зон повреждений, 5 — траектория по Астаповичу, 6 — траектория по Кринову.



Фиг. 2. Схема маршрутов экспедиции и пункты взятия проб почвы

Следует отметить, что 50 лет, прошедшие со времени падения метеорита, значительно затруднили изучение всего явления в целом. Последующие пожары и ветровалы во многих местах маскируют вывал 1908 г. Остатки лиственного леса полностью сгнили за это время, и места бывших березовых и осиновых рощ навсегда останутся белыми пятнами в общей картине вывала. Хвойные деревья, как менее подверженные гниению, достаточно хорошо наблюдаются до сих пор, но поросль молодого, уже крупного леса (фиг. 3–5) сильно затрудняет изучение. Многие детали, характеризующие тип разрушения, также или исчезли вовсе или наблюдаются с большим трудом.

Среди различных типов разрушения леса можно выделить:

- 1) вывороты деревьев с корнем — преобладающий тип на основной площади, особенно типичен для лиственницы (фиг. 6);
- 2) переломы дерева вблизи корня без отрыва вершины (фиг. 7);
- 3) столбы — засохшие деревья с обломанной в 1908 г. кроной — наиболее типичны для сосны (фиг. 8);
- 4) хлысты — деревья (иногда очень крупные), засохшие на корню без излома ствола, вероятно, вследствие потери ветвей и хвои при падении метеорита — преобладают лиственницы (фиг. 9);

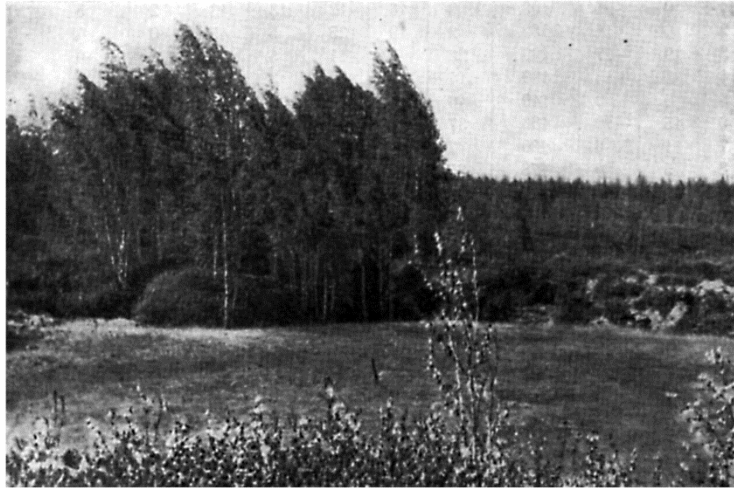
- 5) сухие деревья, засохшие без потери ветвей — возможно вследствие обгорания и высыхания хвои при пожаре;
- 6) частично поврежденные деревья (фиг. 10).



Фиг. 3. Поваленные деревья к западу от Южного болота среди молодого леса



Фиг. 4. Избушка Кулика около Пристани в 1958 г.
Виден лес, выросший за 20 лет



Фиг. 5. Воронка Сулова в 1958 г. Березняк вырос на месте выкопанной в 1929 г. траншеи для спуска воды



Фиг. 6. Вывороченное с корнями дерево в районе Пристани



Фиг. 7. Перелом у корня. Снимок сделан на сопках восточнее ручья Чургима



Фиг. 8. Столбы — стволы деревьев с оторванной
красной (в районе Пристани)



Фиг. 9. Хлысты — мертвые деревья с обломанными
ветвями (лиственницы). Район к югу от Южного
болота



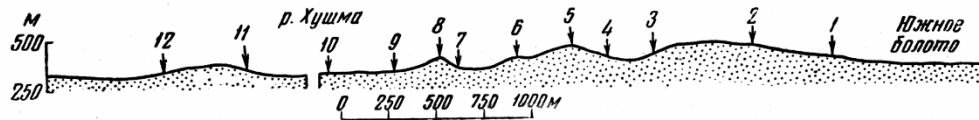
Фиг. 10. Повреждение дерева, характерное для зоны частичного вывала леса: вывернутое дерево осталось жить, в рост пошел боковой сук

Образование первых двух типов разрушения связано, по-видимому, с соотношением силы ударной волны и прочностью корневой системы дерева, которая зависит от условий произрастания и породы дерева. Границы между последними типами сейчас не всегда четки и требуют изучения каждого дерева отдельно, так как за 50 лет, прошедших со дня катастрофы, наблюдается естественное опадение подгнивших сучьев и верхушек деревьев. Сейчас все явление сильно усложнено последующими ветровалами уже мертвых деревьев.

Нам представляется, что изучение статистического распределения разных типов разрушений при детальном изучении с учетом биологических особенностей дерева может дать ценную характеристику ударной волны, но это — весьма трудоемкая задача.

Такая попытка была предпринята И.Т.Зоткиным и С.А.Кучаем на 12 участках, по 0,3 га каждый, между Южным болотом и р. Хушма, вдоль течения ручья Чургима. Этот район имеет несколько резких переломов в рельефе (фиг. 11 и 12), и было интересно установить какую-либо закономерную связь между разрушениями и ориентировкой склонов с целью выявления участков, затененных от действия волны. Собранные данные еще подлежат дальнейшей обработке (см. табл. 1), но предварительные результаты скорее говорят о том, что в центральной части района, лежащего вблизи проекции траектории метеорита, такая связь недостаточно четко выражена. Из таблицы видно, что на склонах,

обращенных к северу, средний процент выворота с корнями равен 7, а на склонах, обращенных к югу, он доходит до 35% от общего числа деревьев.



Фиг. 11. Разрез рельефа вдоль ручья Чургима. Стрелками указаны площадки, где производился подсчет поврежденных деревьев



Фиг. 12. Водонад на ручье Чургима

Различные типы повреждений деревьев* между Южным болотом и р. Хушма

вдоль ручья Чургима

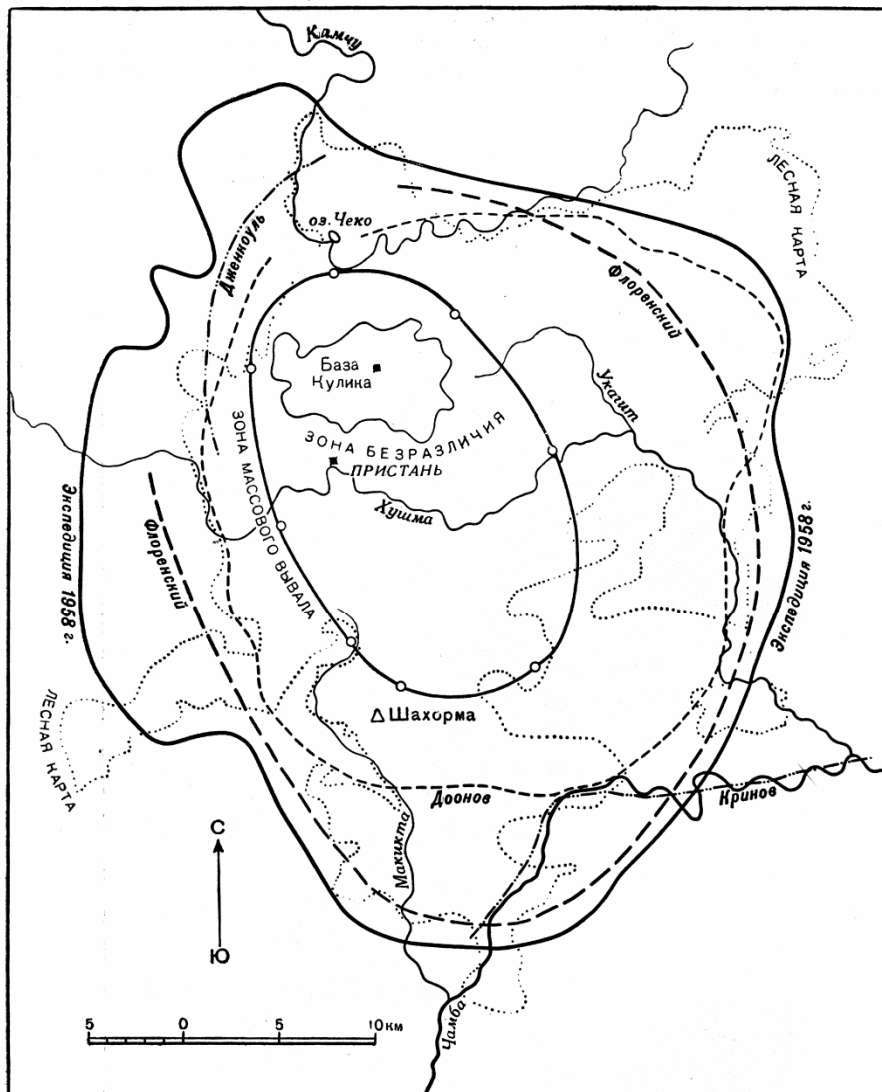
Номер участка	Экранирование, град	Наклон, град	Мертвых деревьев на 0,3 га	Выворот с корнями	Столб		Хлыст		Перелом у корня	Пень, обломанный, неизвестного происхождения	Старые живые деревья
					на корню	упавший	на корню	упавший			
1	0	+5	199	9	16	12	13	43	2	5	0
2	0	+11	182	2	19	25	5	45	0	4	0
3	29	-17	199	22	4	14	5	53	2	0	0
4	5	+13	130	14	26	22	3	26	6	3	0
5	0	0	149	46	11	2	0	20	19	2	0
6	15	-10	186	37	11	12	3	29	6	2	0
7	11	+6	100	2	17	17	20	42	2	0	0
8	5	0	178	35	7	13	2	32	8	3	0
9	21	-14	204	28	7	6	8	45	6	0	0
10	8	-1	155	51	6	14	2	13	12	2	0
11	4	+16	167	10	2	15	3	49	10	11	0
12	0	-10	360	34	3	13	5	32	8	5	0

* Повреждения даны в процентах

В таблице знаком «+» обозначен наклон участка к северу, знаком «-» наклон, обращенный в противоположную сторону. Экранированием назван угол между горизонтом и направлением на вершину ближайшего хребта, загораживающего данный участок с севера. Предполагаемое направление движения волны и направление поваленных деревьев — с севера на юг. Терминами «на корню» и «упавший» обозначены процент хлыстов и столбов, сохранивших вертикальное положение и подгнивших и упавших после 1908 г., соответственно.

Границы вывала леса. Обследование производилось главным образом К.П.Флоренским и Б.И.Вронским, при участии К.Д.Янковского, Ю.М.Емельянова и С.А.Кучая. Определение точных границ вывала, как и всякого постепенно затухающего явления, не имеет вполне объективного характера, особенно если учесть ряд усложняющих факторов, связанных с 50-летней давностью явления.

В периферических частях района наблюдается зависимость мощности вывала от рельефа: поваленные деревья обнаружены на гребнях гор и в продольных к направлению действия волны долинах. Отдельные пятна поваленного леса замечаются на возвышенностях, далеко за указанными на прилагаемой схеме (фиг. 1 и 13) границами, но разграничение метеоритных разрушений от случайно совпадающих по направлению ветровалов весьма затруднительно.



Фиг. 13. Схема вариантов границ области пораженного леса: по Е. Л. Кринову (1949 г. контур резко изменился в связи с уточнением топоосновы), по К. П. Флоренскому (1953 г.), по лесной карте (1954 г.; участки леса моложе 40 лет), по расспросным сведениям (1958 г. — по А. И. Дженкоулю и А. И. Доонову), по обследованию экспедиции (1958 г.)

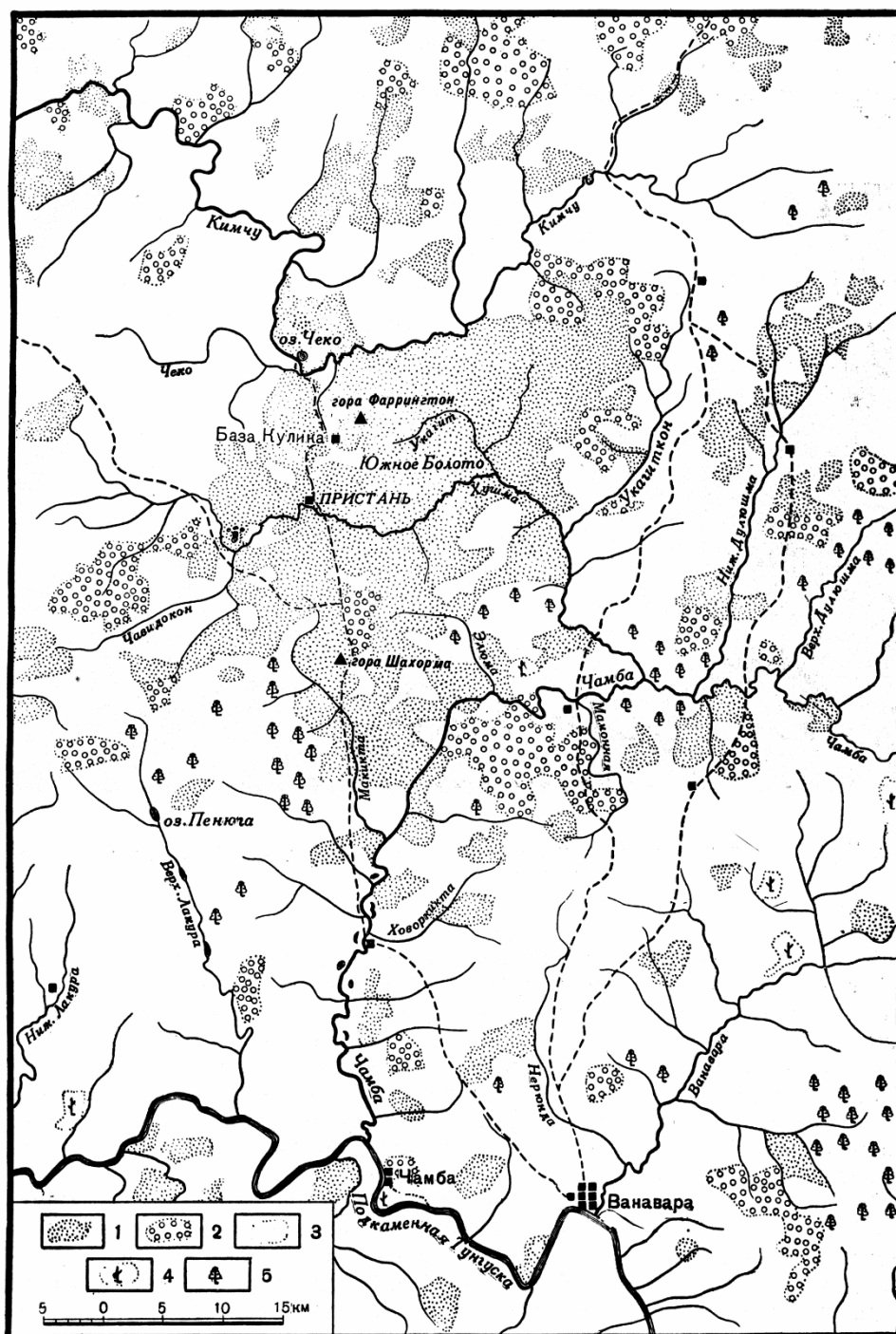
При составлении схематической карты вывала, помимо собственных наблюдений, нами использована лесная карта м. 1 : 250 000, составленная в 1954 г. аэровизуальной экспедицией Ленинградского треста «Леспроекта» (фиг. 14). Сделанная с привлечением аэрофотосъемки, она отражает распределение леса разного возраста. Однако проверкой на месте в ряде случаев отмечено, что угнетенный лес в заболоченных местах попадает на

лесной карте в несоответствующую возрастную группу. Кроме того, лесная карта указывает пятна молодого леса независимо от причин их появления и поэтому дает лишь дополнительный материал, не являясь исчерпывающей основой работы.

Следует подчеркнуть, что предлагаемая схематическая карта (см. фиг. 13) является первой схемой поваленного леса, выполненной на точной топографической основе; все построения и выводы, связанные с предыдущими схемами (Обручев, Суслов, Кулик, Кринов, Флоренский) должны быть переоценены применительно к новой карте, с учетом указанных оговорок. Она может быть значительно детализирована при последующей обработке аэросъемок и пока еще не является точной основой для количественных математических расчетов, достаточно верно отражая качественную характеристику явления.

Мы выделяем среди пострадавшего леса три зоны.

1. Зона, где отсутствует ориентированный вывал леса, условно называемая нами «зоной безразличия или беспорядочного вывала». Она располагается в пределах котловины вокруг Южного болота и соответствует тому центральному району, от которого начинается ориентированный радиально вывал леса. В пределах этой зоны наблюдается очень широкое развитие сухостоя (фиг. 15) в виде хлыстов и столбов («телеграфный лес» Кулика), беспорядочно падавшего на землю уже после 1908 г., без определенной ориентировки, в зависимости от местных ветров. Эта зона охвачена аэросъемкой 1938 г. и может быть оконтурена с достаточной точностью при камеральной обработке.



Фиг. 14. Карта размещения молодого леса в районе падения Тунгусского метеорита.

1 — лес в возрасте 40 лет и моложе, кроме молодых березняков; 2 — лес старше 40 лет с примесью 40-летнего; 3 — лес старше 40 лет; 4 — новые гари; 5 — березняки

2. Зона массового вывала. Она называется нами «зоной массового радиального вывала», хотя в ее пределах сохранились отдельные группы и рощи деревьев и одиночные деревья. Глазомерно можно оценить ее границу в 80–90% поваленных деревьев. «Зона безразличия» расположена в зоне массового вывала явно эксцентрично, располагаясь в северной или северо-западной ее части, как и предполагал Е.Л.Кринов. Для окончательного

суждения о форме зоны массового вывала необходима тщательная обработка аэросъемки 1938 и 1949 гг. или дополнительные маршруты для уточнения границ зоны.



Фиг. 15. Местность в нескольких километрах к западу от Южного болота, характерная для «зоны безразличия»

3. Зона частичного вывала, границы которой наиболее расплывчаты. Сопоставление принятых нами на карте границ с границами вываленного леса, как их рисуют охотники, хорошо знающие этот район (А.И.Доонов и А.И.Дженкоуль), а также с границами, которые давал Е.Л.Кринов (по глазомерной съемке для южной и юго-восточной части района) и К.П.Флоренский (по аэровизуальному обследованию и опросным данным) показывает степень их объективности (см. фиг. 13). Расхождение между этими границами не превышает 5 км (обычно меньше) и дает представление о возможной величине ошибки. Схематизированная граница вывала частично может быть уточнена на основании имеющихся данных аэрофотосъемки. То же относится и к выявлению отдельных участков старого леса, сохранившегося внутри указанной территории. Граница частичного вывала соответствует, вероятно, 15–25% поваленных деревьев. Полное восстановление картины произведенных разрушений теперь уже вряд ли возможно и, во всяком случае, очень трудоемко, так как должно предусматривать сплошную наземную лесную съемку со значительным количеством контрольных порубок для установления истинного возраста деревьев.

Пожар 1908 г. Л.А.Кулик и Е.Л.Кринов [1] указывают, что на большинстве деревьев в центральной части области поваленного леса заметны следы ожога. Они усматривают специфичность этого ожога в том, что обожжены изломы и толстых и тонких сучьев, излом с угольком на конце направлен книзу и напоминает «птичий коготок», ветви у стоящих

деревьев загнуты дугообразно книзу. Это позволило им сделать вывод о мгновенном действии ожога, после которого не последовало пожара¹. Уже в 1953 г. К.П.Флоренский [10] отмечал, что он не смог установить признаков, указывающих на такую картину явления.

Наши наблюдения могут быть сформулированы следующим образом.

1. Вблизи от центра разрушения многие старые изломы сучьев действительно носят следы ожога, т. е. в общем подтверждается старое правило — «нет излома без ожога» [14]. Это четко определяет последовательность явлений, при которой ожог произошел **после** действия ударной волны.

2. Следы ожога на сохранившейся коре столбов не имеют определенной ориентировки на центральную часть поваленного леса. Кое-где они носят кольцевой характер, иногда их ориентировка неопределенна, в значительной же части района они преобладают с восточной стороны столба, указывая на господствующее направление ветра во время пожара.

3. Отдельные сухостойные пни и деревья совершенно отчетливо носят следы длительного горения, т. е. не возникает никаких сомнений в том, что мгновенный ожог, даже если он и был действительно, сейчас очень сильно замаскирован возникшим лесным пожаром.

Версии о мгновенном ожоге противоречит установленное Б.И.Вронским в пределах Южного болота наличие двух хорошо развитых живых лиственниц-близнецов. После того, как одна из них была срублена, оказалось, что возраст ее равен 104 г. (фиг. 16). Эти деревья не несут никаких следов ожога и сохранились благодаря тому, что находились среди болота, далеко от берега, куда не мог дойти пожар, уничтоживший живую растительность в этой части района в 1908 г.

¹ Наши наблюдения над старыми пожарищами не подтверждают особой специфичности этих признаков.



Фиг. 16. Одна из двух лиственниц-близнецов, обнаруженных в пределах Южного болота, в 350 м к востоку от Северных островов. Вторая лиственница, возраст которой равен 104 годам, срублена

4. Вероятно, пожар возник в результате катастрофы. Помимо указаний свидетелей, это подтверждается характером выгорания древесины стоящих деревьев, который показывает, что огонь охватывал еще сырые, но уже обломанные деревья. Это видно по типичному выгоранию дерева отдельными ямками, около скоплений смолы (сухие деревья обгорают более равномерно).

На то же указывает отсутствие следов ожога на участках древесины, покрытых в то время свежей корой, которая обгорела лишь с поверхности (фиг. 17).



Фиг. 17. Обгорелое дерево в долине ручья Чургима. При возникшем после падения метеорита пожаре древесина не обгорела в тех местах, где она была прикрыта сырой корой

5. Этот пожар все же отличается от типичных таежных пожаров тем, что во многих местах носил явно верховой характер (видны обгоревшие вершины деревьев) и им была сравнительно равномерно охвачена значительная площадь около центральной части поваленного леса. Можно считать достоверным, что как лесной пожар, так и вывал леса вызваны одним и тем же сложным явлением¹.

Особенности развития деревьев. В литературе встречались указания на то, что растительность в районе падения метеорита носит угнетенный характер и даже высказывалось предположение, что причиной этого могла бы быть высокая насыщенность почвы частицами метеорита, обогащенными никелем [2].

В условиях горно-болотистого района с неравномерным развитием вечной мерзлоты общая интенсивность роста деревьев подвержена резким колебаниям; наряду с участками

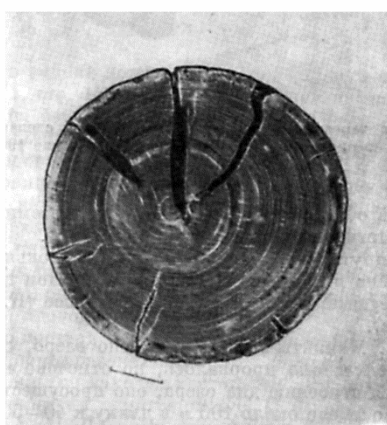
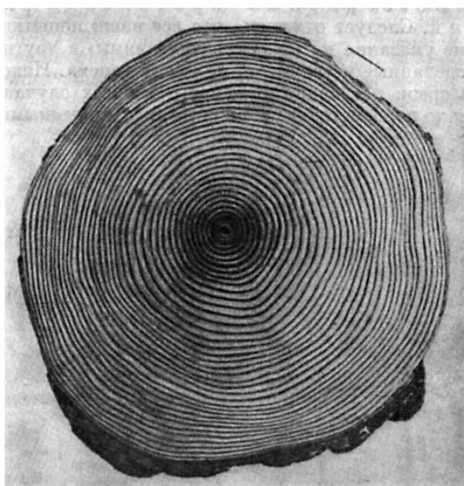
¹ Общая граница пожара приближается к границе массового вывала леса. Это мы объясняем тем, что горело именно нагромождение поваленных деревьев. В отдельных местах отчетливо видно, что дальнейшему распространению пожара положила предел естественная преграда — река (Чавидокон) или болото (Западное).

полноценного строевого леса встречаются участки угнетенного мелколесья, и не всегда легко судить об истинном возрасте деревьев по их внешнему виду.

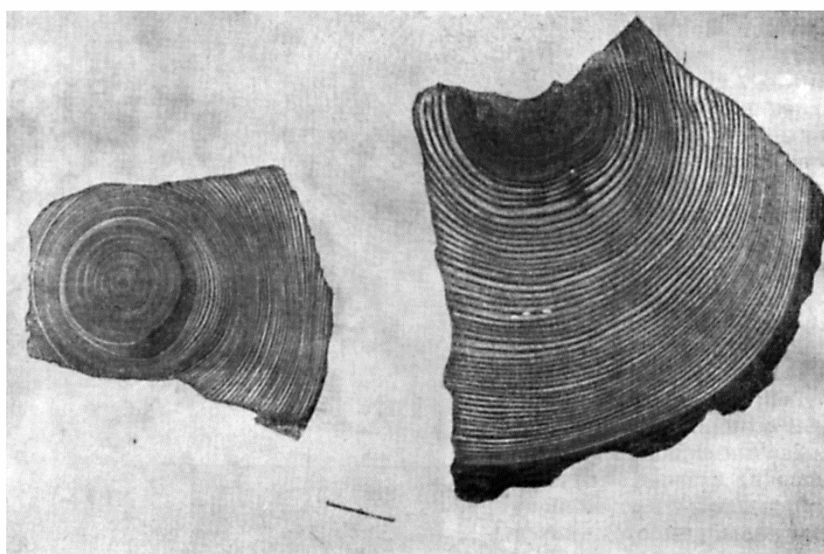
Так, на первый взгляд, в непосредственной близости от центральной части вывала растет много старых деревьев (сосна, лиственница), толщина которых превышала толщину сухостойких стволов, имеющих возраст 100 и даже 300 лет. Однако обследование, произведенное Ю.М.Емельяновым и др. на Кобаёвом острове, на горе Стойковича и в других местах, показало, что число годовых колец у большинства таких деревьев не превышает 35–40, при средней толщине колец около 4 мм (фиг. 18). При этом толщина отдельных колец достигала 9 мм, что указывает на очень благоприятные условия роста. До падения Тунгусского метеорита годовой прирост деревьев был равен 0,2–1,0 мм. В более отдаленных участках — в долине р. Хушма, в верховьях р. Макикты и др. было обнаружено много старых деревьев, для которых характерен усиленный рост после падения Тунгусского метеорита. В 1908 г., например, годовой прирост деревьев держится на уровне 0,4 мм для сосны и 0,16 мм для ели, после 1908 г. годовой прирост сосны составил около 1,6 мм и ели — около 1,0 мм (фиг. 19).

По полевым данным можно сделать следующие выводы.

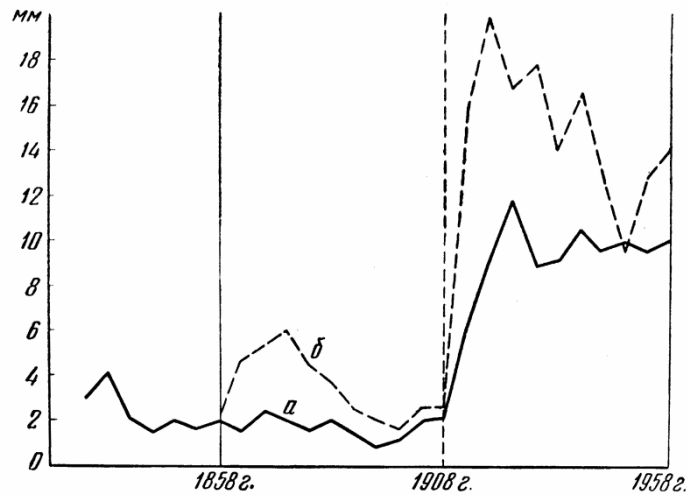
Молодые деревья хорошо растут на месте пожарища; старые деревья, которые были угнетены до пожара, но сохранились неповрежденными при происшедшей разрядке леса, после 1908 г. обнаруживают интенсивный прирост древесины (фиг. 20); старые деревья, росшие в условиях непроредевшей чащи, по-видимому, не дают указания на изменение уровней прироста в 1908 г.; старые деревья, росшие до 1908 г. в благоприятных условиях, дают сужение годовых колец в течение нескольких лет после пожара, очевидно, вследствие потери части сучьев и ожога хвои, а затем восстанавливают или даже увеличивают годичный прирост. Очевидно существуют деревья с сильно оборванными сучьями и хвоей, которые не смогли оправиться и засохли на корню через несколько лет после пожара, но выявление их затруднено невозможностью датирования их смерти. Таким образом, несомненно значение биологических показателей для выявления особенностей 1908 г. и общих изменений условий, вызванных падением метеорита.



Фиг. 18. Спи́лы деревьев с горы Стойковича, сделанные в 1958 г.
Вверху — живая лиственница в возрасте 40 лет; внизу — лиственница, погибшая 1908 г. в возрасте 300 лет; фотоснимки даны в одном масштабе



Фиг. 19. Спи́лы деревьев в возрасте более 100 лет, сделанные в 1958 г.
Заметно различие в скорости роста до и после 1908 г.
Слева — ель; справа — сосна



Фиг. 20. Пятилетний прирост диаметра деревьев, переживших 1908 г. Измерения проводились по одному радиусу. За диаметр приняты удвоенные значения радиусов
а — ель, б — сосна

Интересными были бы более достоверные заключения о биологически активных факторах (осветление в связи с разрядкой леса, влияние зольного удобрения, изменение режима вечной мерзлоты, возможное действие микроудобрений и т. д.) на основании детального изучения срезов деревьев и последующих специализированных наблюдений в районе работ.

Пока можно допустить, что влияние взрыва 1908 г. на рост деревьев не носит характера специфического угнетения (скорее — наоборот).

Поиски метеоритных кратеров и наземных разрушений. Следует отметить, что все наши попытки конкретизировать известные указания на «сухую речку», «ямы» и другие непосредственные следы, сделанные метеоритом, не имели успеха. Некоторые слухи, имеющие место среди населения Ванавары, во всех случаях, когда нам удавалось дойти до первоисточника, оказывались лишенными конкретного основания.

Нам не удалось обнаружить никаких следов наземного взрыва, который мог бы соответствовать энергии в 10^{20} – 10^{23} эрг.

Во время маршрута, проходившего через верховья р. Макикты, по водоразделу бассейна р. Хушма и В.Лакуры и затем по р. Чавидокон и левобережью р. Хушма, было отмечено следующее (К.П.Флоренский, Ю.М.Емельянов).

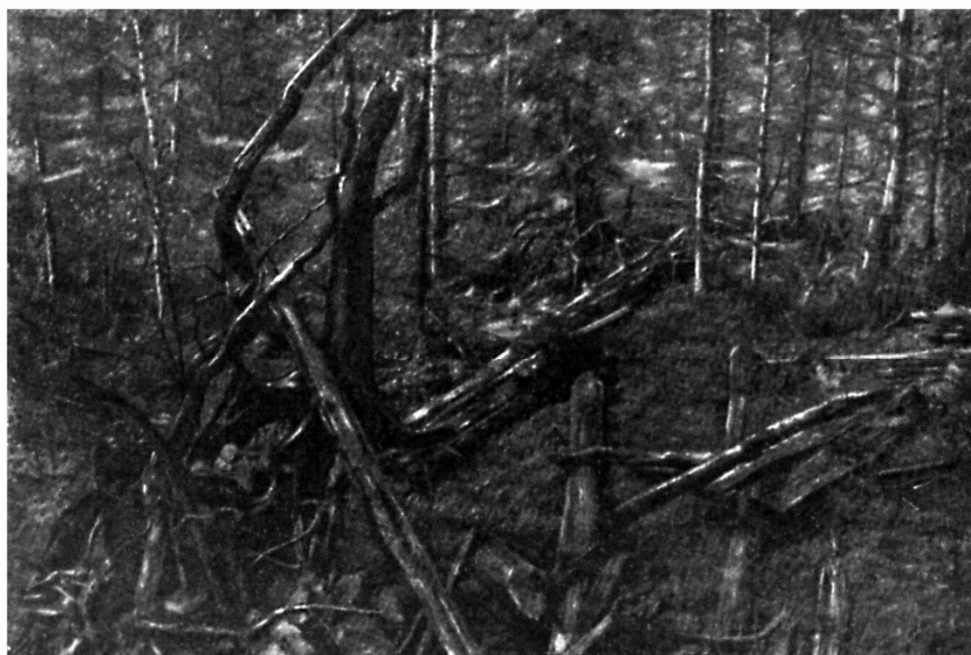
В верховьях р. Макикты было обнаружено озеро, образовавшееся от лесного завала. Сейчас оно прорвалось, но отмечено на карте. Судя по сформировавшемуся строению дна озера, оно просуществовало несколько десятков лет. Озеро имело около 100 м в длину и 40–50 м в ширину. Несмотря на это, никакого особенного разрушения в этом месте не было, и запруда возникла в результате того, что группа деревьев, поваленных через речку в 1908 г., была занесена землей и мусором, случайно образовав достаточно прочную плотину. Не о

таких ли запрудах на «реке Огнии» слышал Л.А.Кулик [1, стр. 13], если считать, что «обрушение прибрежных утесов» является уже вольностью рассказчика или переводчика?

На левом берегу р. Чавидокон (в 4 км от устья) были осмотрены «большие ямы», которые уже видел К.П.Флоренский [10] (на его карте река названа Чавида). Повторный осмотр подтвердил их карстовое происхождение. Некоторые из ям представляют собою крупные (около 50 м ширины и 7 м глубины) воронки, на дне которых обнаружены выходы белого и розоватого гипса. В переводе А.И.Дженкоуля эвенкийское слово «чавида» и обозначает гипс.

Крупный выход гипса до 10 м мощности и до 40–50 м длиной был обнаружен на левом берегу р. Хушма между устьем р. Чавидокон и Пристанью. Отдельные глыбы гипса розоватого цвета представляют собою необычную для этого района породу. Не о них ли рассказывал Л.А.Кулику И.В.Елкин [1, стр. 146], говоря о странном камне — «как олень», «как голландка» — на берегу р. Хушма?

В районе излучины р. Хушма, чуть выше устья р. Чавидокон, были обнаружены остатки разрушенного лабаза (фиг. 21). Построенные на небольшой сухой трапповой гряде, на опушке леса, они сохранились довольно хорошо. Ясно видно, что разрушение лабаза (стоявшего на столбах) связано с общим вывалом леса в этом районе. Следов ожога на остатках лабаза не отмечено, никаких остатков утвари (кроме берестяных коробочек) не найдено. По рассказам, лабаз принадлежал Василию Ильичу Онкоулю (Дженкоулю), он же В.И.Ильюшонок — дядя Андрея Ивановича Дженкоуля, нашего проводника.



Фиг. 21. Остатки разрушенного эвенкийского лабаза в излучине реки Хушмо

В этом районе лес пострадал, в общем, незначительно и эвенки посещали это место. А.И.Доонов рассказывал, что в двадцатых годах, еще мальчиком, в излучине реки, он находил кости погибших в 1908 г. оленей.

Другая группа депрессий, осмотренных К.П.Флоренским и И.Т.Зоткиным по указанию А.И.Доонова, находится в 4–5 км от устья р. Момонная, левого притока р. Чамба. В заболоченной долине речки, на ее левом берегу, находится несколько небольших (15–20 м диаметром), круглых, но неправильным ям, заполненных водой. Торфяные берега их носят следы вспучивания и покрыты старым лесом. Достоверно происхождение их не установлено, но больше всего напоминает термокарстовый характер. Судя по тому, что в ямах находятся засохшие деревья, а кругом растет старый лес, происхождение их не имеет катастрофического характера.

Пересечение Южного болота (фиг. 22) как одного из предполагавшихся мест падения метеорита производилось четыре раза (К.П.Флоренский, Ю.М.Емельянов, Б.И.Вронский).



Фиг. 22. Южное болото. Видны торфяные валы и отдельные деревья. Никаких следов мощных нарушений не наблюдается. Снимок сделан с Северных островов, расположенных на Южном болоте

В настоящее время Южное болото проходимо летом везде, за исключением отдельных, небольших участков, поблизости от окон. Это типичное моховое болото, через которое проходят неправильные, более плотные гряды, покрытые зарослями карликовой березы. Никаких следов нарушений, которые можно было бы связать с мощным взрывом в пределах болота, нами отмечено не было. О том же говорят остатки старых сухостойных деревьев, встречающихся во всех более сухих участках болота, и две вышеупомянутые живые лиственницы возрастом более 100 лет. На берегах болота отсутствуют какие-либо

признаки выброса горных пород или торфа, которые можно было бы ожидать при явлении взрывного характера. Нам представляется несомненным, что возможность существования кратера, имевшего сотни метров в диаметре и полностью затянувшегося за 50 лет, должна быть исключена. Сравнивая аэрофотоснимки 1938 и 1949 гг., можно сказать, что микрорельеф Южного болота в общем отличается постоянством. Болото, зарастающее не вполне равномерно, а образующее систему отдельных гряд («валов», как их называли в литературе о метеорите) ничего необычного не представляет и характерно для Сибири (фиг. 23).

Разбросанные по болоту острова сложены торфом и носят характер бугристых торфяников. Некоторые из них сохранили явные следы пожара.

По возрасту ягеля, не достигшего еще полного развития, можно думать, что они отвечают пожару 1908 г.

Осмотр Северных островов Южного болота (фиг. 23) с несомненностью показывает, что рост бугристых торфяников (и углубление воронок) продолжается до сих пор. Это отчетливо видно на юго-восточном борту Клюквенной воронки, где наблюдаются свежие обрывы искривленных, но сохраняющих общую параллельность слоев торфа. В центре Клюквенной воронки (как в воронке Сулова) сохранился сухой пень сломанного дерева, указывающий на термокарстовый ее характер (фиг. 24).



Фиг. 23. Северные острова. Аэрофотоснимок в масштабе 1 : 5000; сделан в 1938 г. Видны валы на болоте, деревья на островах и Клюквенная воронка



Фиг. 24. Пень в середине Клюквенной воронки

Все сотрудники экспедиции единодушно пришли к выводу, что Южное болото не могло быть наземным центром взрыва, вызвавшего общий вывал леса.

Это утверждение, разумеется, никак не связано с возможностью попадания в Южное болото (как и любое другое место) отдельных метеоритных масс, падение которых не вызвало мощных взрывных явлений.

Является вполне вероятным, что общее изменение теплового режима района, связанное с падением метеорита 1908 г. (резкое уменьшение залесенности, мощный пожар с выгоранием мохового покрова, нарушение целостности покрова вывороченными корнями деревьев и, возможно, падение отдельных кусков метеорита) могло резко сказаться на режиме вечной мерзлоты. По-видимому, именно с этим надо связывать общее изменение режима болота, на которое указывал Лючеткан [1, стр. 130]. Подтверждение этого мы видим в работах Л.В.Шумиловой [1, стр. 131], установившей изменение режима торфообразования с 1908 г. Возможно, что именно с этого времени началось усиленное образование термокарстов и рост бугристых торфяников, так поразивших Л.А.Кулика.

Изучение этого вопроса должно производиться при участии опытного болотоведа, знакомого с районами развития вечной мерзлоты.

Таким образом, экспедицией 1958 г. не было обнаружено никаких явных наземных следов удара метеорита. Отрицать существование небольших кратеров, не связанных с общим разрушением леса, безусловно невозможно, так как такое детализированное обследование всей площади района было непосильно для нашей экспедиции.

Пробы почв и их изучение. Как уже указывалось, имеются все основания предполагать, что падение Тунгусского метеорита должно было сопровождаться значительным рассеянием его вещества, каков бы ни был процесс его разрушения. Вероятность нахождения таких мелкодисперсных частиц значительно больше, чем нахождения крупных кусков его. Если метеорит в основной части состоял из железа [11, 12], такие частицы легко выделить и по химическому составу установить их метеоритное происхождение. Нахождение железной частицы в пробе, отобранной в районе Ванавары в 1953 г., позволяло надеяться на их сохранность до сих пор. Применительно к такому представлению было отобрано во время маршрутов около 80 образцов почвы.

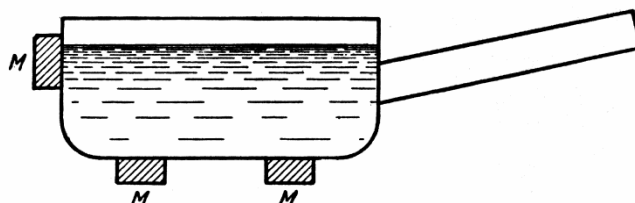
Для взятия пробы выбиралась ровная площадка, на которой трудно было ожидать значительного изменения толщины (смыва или намыва) почвенного покрова и не было следов нарушения целостности почвы.

На площади около 5 дм^2 руками выщипывались трава или мох. Слой почвы с дерновиной, толщиной около 5 см , срезался лопатой до подпочвы или до подзолистого горизонта A_2 . Из этой пробы руками выбирались корешки, при промывании их над промывочным магнитным ковшом или магнитной переносной бутарой, а сама почва промывалась.

Многочисленные наблюдения показывают, что скорость нарастания почвы в этих районах значительно менее 5 см за 50 лет, и, следовательно, слой, соответствующий 1908 г., полностью попадал в пробу.

Магнитный промывной ковш (фиг. 25) представляет собой алюминиевый ковш или миску достаточных размеров (диаметр около $30\text{--}35 \text{ см}$), с наружной стороны которого укреплялось три многополюсных магнита Сочнева; два из них помещались на дне ковша, а один укреплялся на боковой стороне его таким образом, чтобы отмучиваемые частицы при сливании взвеси проходили через магнитное поле.

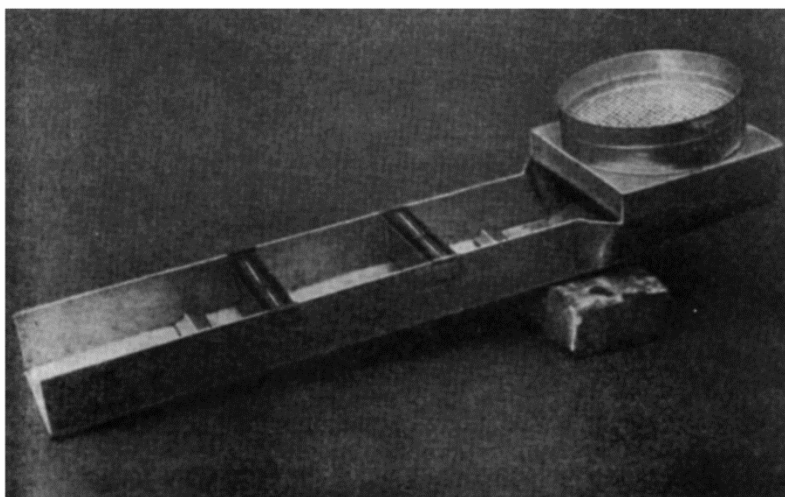
В ковше проводилась осторожная отмывка магнитного шлиха, подобно тому как это делается обычно при изучении тяжелой фракции глинисто-песчаных пород (К.П.Флоренский и Б.И.Вронский).



Фиг. 25. Схема промывочного ковша; М — магниты

Магнитная бутара была изготовлена также из алюминия (фиг. 26) и имела несколько сит для облегчения промывки. Магниты Сочнева в два последовательных ряда устанавливались в желобе бутары в специальном карманчике так, чтобы величина зазора, через который происходит слив взвеси, не превышала 3–5 мм. Взвесь собиралась в ведро и еще несколько раз пропусклась через бутару для полноты извлечения магнитной фракции.

Такая промывка обеспечивала достаточно полное извлечение магнитной песчаной фракции с размером зерна выше 0,1 мм и, частично, давала магнитные зерна в несколько сотых долей миллиметра. Более мелкие частицы могут быть потеряны полностью. Отмывка велась до так называемого серого шлиха, еще содержащего значительное количество светлых минералов. Попадавшаяся в пробу галька выбиралась руками при процеживании взвеси сквозь пальцы и тщательно просматривалась.



Фиг. 26. Бутара, снабженная двумя магнитными улавливателями

Просушенный шлик еще раз обогащался магнитом и поступал на химический анализ (П.Н.Палей, Ю.М.Емельянов).

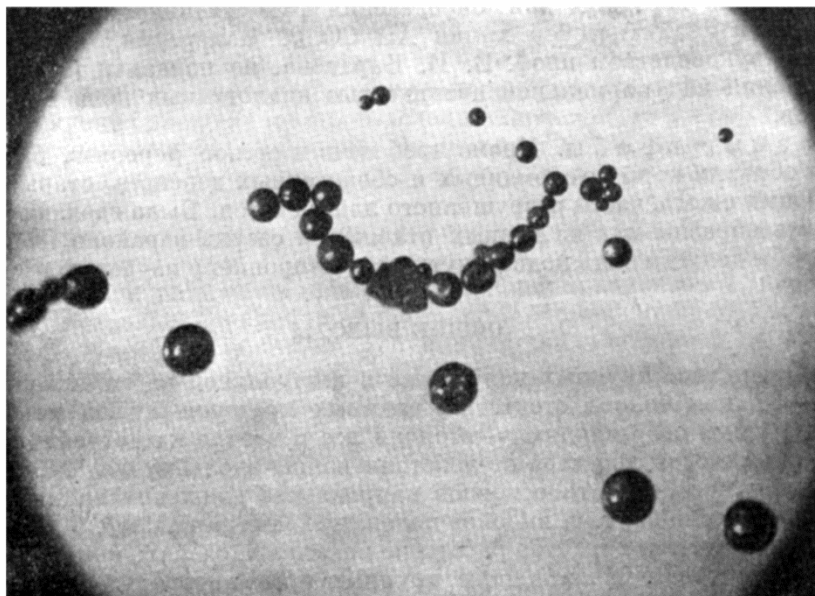
Солянокислая вытяжка шлиха (навеска шлиха 0,1–1,0 г), полученная при кипячении, визуально колориметрировалась с роданистым аммонием и диметилглиоксимом. При этом аналитик добивался равенства окраски со стандартными растворами Ni²⁺ и Fe³⁺. Чувствительность реакции соответствовала ~0,5 мг Ni или Fe во всей навеске шлиха. После получения ряда отрицательных результатов на содержание Ni была применена другая методика: из шлиха выделялась наиболее магнитная фракция и просматривалась под бинокулярной лупой (О.А.Кирова). Химическому анализу подвергались уже отдельные выделенные под лупой железные частицы. Взвешивание было заменено химическим определением абсолютного содержания Fe в частице, а само определение шло по сходной методике, при этом открываемый минимум Ni составлял несколько десятков гамм.

Для более тщательного и разностороннего изучения (особенно силикатной части) пробы почвы дублировались и привезены в Москву в нетронутном виде. Помимо таких типовых проб был выделен магнитный остаток из ряда проб, сохранившихся на пристани от сборов Кулика, и взяты пробы почвы с больших площадей (около 6 м²) на Северном болоте и в районе Пристани на р. Хушма.

От первоначального плана взятия образцов по равномерной сетке пришлось отказаться, значительно сгустив ее к центру (см. фиг. 2), так как наши пробы упорно показывали отсутствие железных метеоритных частичек, а имеющиеся данные [11, 12] связывали их именно с центральной частью района, примыкающей к Южному болоту.

В собранных пробах при минералогическом изучении были неоднократно замечены и выделены отдельные чешуйки и кусочки железа. Никакой закономерности в территориальном распределении их обнаружено не было. При их химическом анализе всегда оказывалось, что они или вовсе не дают реакции на никель, или содержат лишь следы его. Такой их состав заставляет нас отрицать их метеоритное происхождение и признать их за частицы железных инструментов, при помощи которых брались пробы почвы.

В ряде проб, без определенной территориальной закономерности, были обнаружены мельчайшие, вероятно, магнетитовые и силикатные шарики по 1–4 штуки на пробу. Лишь в одной пробе, взятой в устье р. Укагиткон, левого притока р. Хушма, О.А.Кировой было найдено большое количество (212) таких шариков (фиг. 27), химический состав которых еще не исследовался. Проба была взята в пойме реки и вполне вероятно вторичная концентрация шариков при перемыве почвы.



Фиг. 27. Шарики из пробы, взятой в устье ручья Укагиткон

Указанные шарики имеют пористое строение или иногда оказываются полыми и по внешнему виду неотличимы от шариков, имеющих явное метеоритное происхождение, которые описаны, например, Е.Л.Криновым [13]. Мы склонны признать их космическое происхождение, но не видим основания утверждать, что они связаны именно с Тунгусским метеоритом. Возможно, они являются следами метеорной пыли, имеющей повсеместное распространение.

Следует добавить, что методика изучения образцов не обеспечивает полноты выделения мельчайших пустотелых шариков, и этот вопрос может быть пересмотрен после изучения дубликатов проб почвы в лабораторных условиях.

Таким образом, по полевому изучению железных частичек можно сделать следующие выводы:

1. Методика взятия и обогащения проб почвы производилась правильно, так как в пробах сохраняются мелкие частицы железа и даже мельчайшие магнетитовые шарики.
2. В распределении указанных железных частиц закономерности не обнаружено.
3. Все обследованные железные частицы относятся к железу земного происхождения и ни одной крупной (более 0,1 мм), явно метеоритной частицы не было обнаружено¹.
4. Найденные мельчайшие магнетитовые шарики, вероятно, имеют космическое происхождение, но пока нет никаких оснований отождествлять их с остатками именно Тунгусского метеорита.

Кроме шлихового метода поисков железных частиц нами применялся метод поисков «случайных» частиц, который был основан на использовании при ходьбе посоха с магнитным наконечником. Прилипший к магниту материал время от времени счищался, просматривался под биноклем и, если нужно, подвергался химическому исследованию. Железных метеоритных частиц таким способом также не было найдено.

По приезду в Москву несколько проб почвы и торфа из района Южного болота были переданы для определения радиоактивности в Институт геохимии и аналитической химии АН СССР. Измерения, проведенные там под руководством проф. В.И.Баранова, не показали какого-либо превышения над нормальной активностью аналогичных почв из других районов.

Разные пробы. Кроме проб почв и срезов деревьев, были собраны образцы коры со сломанных и обожженных деревьев, старые сучья со следами ожога, части разрушенного

¹ Метеоритные частицы были обнаружены А.А.Явнелем в пробах, хранение и обработка которых производились в стенах КМЕТ. Отсутствие их в пробах Кулика, хранившихся на Пристани на р. Хушма, заставляет нас допускать возможность засорения московских проб железной пылью, получаемой при распиловке других метеоритов.

лабаза и т. д. Была сделана попытка взять образцы ила из донных отложений озера в районе Пристани. Эти пробы должны быть подвергнуты разностороннему изучению в Москве.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Отсутствие крупных нарушений в центральной части поваленного леса — Южном болоте, отсутствие видимых кратеров взрыва метеорита, наличие «зоны безразличия» — стоячий лес в центре катастрофы, слабая экранированность деревьев от действия волны вдоль ручья Чургима — позволяют предполагать основное направление движения волны в этом районе сверху вниз, т. е. высокое положение центра волны¹.

2. Маршрутный характер работы не позволяет сделать никаких выводов об отсутствии падения даже крупных кусков метеорита без мощного кратерообразования (по типу, например, Сихотэ-Алинского падения) в любом участке пройденной территории.

3. Специфический характер ожога деревьев, который наблюдался еще Л.А.Куликом и Е.Л.Криновым, нами не был установлен. Однако, судя по характеру возникшего пожара, можно говорить о многочисленных очагах поражения, возникновение которых наиболее вероятно также при воздействии сверху. Общая граница пожара близко совпадает с границей сплошного вывала леса. Точное установление границ пожарища вряд ли представляет серьезный интерес, так как дальнейшее распространение пожара шло обычным путем, что затемнило картину первоначального возгорания.

4. Форма зоны массового вывала леса и эксцентричное положение в ней зоны безразличия говорит о направленном действии ударной волны, не имевшей правильной сферичности и центральной симметрии. Этому, казалось бы, противоречит то, что направление поваленных деревьев имеет радиальный характер и не было замечено осевой симметрии в их расположении; последнее может объясняться и недостаточной полнотой произведенных измерений.

5. Во время полевых работ не удалось найти заведомых материальных остатков железного метеорита в виде частиц более 0,1 мм.

¹ Первый исследователь падения метеорита — Л.А.Кулик — также считал, что действие волны было направлено сверху («Струю огненной из раскаленных газов и холодных тел метеорит ударил в котловину с ее холмами, тундрой и болотом и, как струя воды, ударившись о плоскую поверхность, рассеивает брызги на все четыре стороны, так точно и струя из раскаленных газов с роем тел вонзилась в землю и непосредственным воздействием, а также и взрывной отдачей произвела всю эту мощную картину разрушений». — Л.А.Кулик. За Тунгусским дивом. Красноярск, 1927).

Учитывая, что это являлось, по существу, первой попыткой систематических поисков вещества метеорита, такой результат может объясняться целым рядом причин: дисперсностью вещества, не улавливаемого примененными методами, полным окислением железных частиц за 50 лет, значительным отклонением эллипса рассеяния от центра вывала леса. Следует подчеркнуть, что само допущение о железной природе метеорита лишено достаточных фактических оснований. Распыленные частицы другого состава (например, каменного) обнаружить в почве весьма затруднительно; никаких попыток такого выделения еще не производилось. Говорить о принадлежности метеорита к более редким типам (угольный, ледяной и т. д.) преждевременно; необходимо дальнейшее изучение собранного материала.

6. Заслуживает внимания некоторое противоречие между общим помутнением атмосферы летом 1908 г. и неопределенностью указаний свидетелей на дымовой след метеорита: никто не подчеркивает его мощности. Явление заставляет допустить вероятность отрыва мощного пылевого хвоста метеорита еще в самых верхних частях атмосферы, т. е. сближает метеорит с головой небольшой кометы (Астапович, Уиппл), состав и строение которых изучен еще недостаточно.

7. Показания очевидцев, хранящиеся в Комитете по метеоритам и вновь пересмотренные нами, не позволяют утверждать обязательность мощного взрыва в момент падения метеорита, а тем более говорить о наземном источнике его. Показания однозначно говорят о полете мощного болида, но носят достаточно общий и неопределенный характер при описании деталей падения. Это позволяет по-разному представлять сущность явлений, сопровождавших падение, и допускать различную интерпретацию описаний: «огненный столб» как столб взрыва (Астапович) и след болида в плоскости траектории (Кринов); «облако дыма», как пылевые продукты взрыва (Астапович), и дым вспышки лесного пожара (Кулик) и т. п.

Общее сопоставление всех полученных результатов позволяет прийти к выводу, что отнесение Тунгусского метеорита к группе типичных кратерообразующих метеоритов — преждевременно. Сама теория разрушающих метеоритов должна быть дополнена случаем, при котором достаточно мощные наземные разрушения происходят без образования кратера на поверхности Земли. Можно полагать, что такой случай не является исключительной редкостью, так как все следы падения настоящих кратерообразующих метеоритов носят доисторический характер и могут сохраняться десятки тысяч лет.

Разрушения же, произведенные на поверхности (например, вывал леса), относительно быстро (в пределах сотни лет) стираются полностью, и их следы остаются только в легендах, попадающих в сферу научного изучения лишь случайно.

Рассмотрение подобного случая в общем виде, где разрушение вызывается действием баллистической волны, было произведено К.П.Станюковичем. По просьбе акад. А.П.Виноградова предварительное рассмотрение материалов экспедиции 1958 г. было произведено М.А.Цикулиным и В.Н.Родионовым [15]. Оно показало, что наблюдаемые разрушения легче всего объясняются действием баллистической волны метеорита, который испытывает резкое торможение.

Подобное торможение неизбежно возникает при внезапном дроблении метеорита. Дробление могло иметь взрывообразный характер, но мощность такого «взрыва» могла быть и не велика, лишь бы она привела сравнительно монолитную массу в достаточно дисперсное состояние. Подобные «взрывы» неоднократно отмечаются на фотографиях следов метеоров в верхних частях атмосферы. Дробление метеоритов является вполне типичным явлением. Относительная сила дробления легко может быть увеличена целым рядом усложняющих обстоятельств (силы упругости, резкое окисление распыляющихся продуктов и многое другое) и не представляет чего-либо исключительного.

Соотношение силы действия баллистической волны и точечного взрыва и выявление ряда параметров летящего тела на современном уровне знаний поддается определенному расчету при наличии достаточно надежной и подробной карты наземных разрушений.

При подобном объяснении явления возникает большая вероятность несовпадения эллипса рассеяния метеорита с эпицентром действия ударной волны, что может быть учтено при дальнейших работах.

Мы сознательно почти не останавливались на объяснениях явления, так как убеждены в полном отсутствии ценности всякого рода предположений, не подкрепленных достаточным числом надежных фактов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ

1. Фактической основой, необходимой для количественного расчета разрушающей волны и определения причин и условий ее возникновения (величина и скорость полета метеорного тела, высота и относительная мощность его взрыва и т. п.), должна являться подробная карта, на которой были бы отражены все аспекты повреждений леса. Представляет интерес отразить следующие данные:

- а) границы зон разрушений леса с указанием процента поврежденных деревьев;
- б) числовые характеристики, отражающие зависимость вывала леса от рельефа на разном расстоянии от центра волны (экранирование, обтекание и т. д.);
- в) участки неповрежденного старого леса;

г) направление поваленных деревьев на большой площади, вплоть до границ частичного вывала;

д) характеристики, отражающие биологические особенности леса (влажность, характер почвы, развитие корневой системы деревьев и т. п.), для уточнения особенностей действия ударной волны.

Основная часть такой карты может быть составлена по аэрофотосъемке 1939 г., м. 1 : 5000, для центральной части района и аэрофотосъемке 1949 г., м. 1 : 50000, для периферических частей его. Эти съемки должны быть подвергнуты специальной фотограмметрической обработке, позволяющей сделать выводы хотя бы по 6 радиально расходящимся от общего центра полосам.

Отдельные районы, где не удастся определить направление поваленных деревьев, должны подвергнуться наземному обследованию или тщательному изучению с вертолетов.

Таковы, например, междуречье рек Хушма и Элюмы, участки к северу от оз. Чеко и др.

Путем наземного обследования должна быть продолжена работа по подсчету различных типов поврежденных деревьев. Вероятно, необходимо будет сделать несколько лесотаксационных разрезов длиной около 40 км через всю область поваленного леса.

Составленная таким путем достаточно точная карта должна быть подвергнута теоретическому изучению для получения однозначного ответа на поставленные вопросы и выяснения взаимоотношений мощности баллистической и центральной взрывной волн.

2. Поиски материальных остатков метеорита для выяснения его состава должны быть продолжены. При этом должны быть тщательно обследованы привезенные образцы почв для выделения мелкодисперсного железного и каменного метеоритного материала с одной стороны, и произведено дополнительное обследование района падения — с другой. При полевых работах заслуживают внимания следующие вопросы:

а) послойное изучение донных иловых отложений озер для выявления особенностей осадкообразования 1908 г;

б) поиски эллипса рассеяния метеорита вдоль продолжения его траектории далее на север и на юг, с выходом за область поваленного леса, до границ, полученных расчетным путем на основе вероятной высоты взрыва и наклона траектории метеорита.

3. Дополнительные работы могут предусматривать следующие разделы:

а) аэровизуальное (с вертолета) обследование всего района для общей характеристики вывала, выявления наиболее интересных участков наземных работ и поисков мелких кратеров;

б) работы биологического характера для уточнения влияния падения метеорита на рост растительных сообществ (древесная и болотная растительность);

в) болотоведческие работы для окончательного определения действия метеорита на деформацию торфов и изменение режима в Южном болоте с учетом возможного изменения режима вечной мерзлоты. Детальное изучение характера термокарстовых образований, столь широко развитых в районе падения, с целью установления их связи с падением метеорита;

г) экспериментальные работы по выяснению скорости окисления мелких железных метеоритных частиц в почве в условиях, сопоставимых с областями падения Тунгусского (и Сихотэ-Алинского) метеоритов.

Для выполнения всех указанных работ необходима расширенная камеральная обработка всех собранных материалов и организация комплексной экспедиции, оснащенной вертолетами и включающей в себя представителей различных специальностей. Организация такой экспедиции не должна откладываться, так как следы падения Тунгусского метеорита постепенно сглаживаются и могут быть уничтожены случайным лесным пожаром.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Е.Л.Кринов*. Тунгусский метеорит. Изд-во АН СССР, 1949.
2. *И.С.Астапович*. Большой Тунгусский метеорит. Природа, №2 и 3, 1951.
3. *В.Г.Фесенков*. Помутнение атмосферы, произведенное падением Тунгусского метеорита 30 июня 1908 г. Метеоритика, вып. 6, 1949.
4. *Н.Н.Сытинская*. К вопросу о траектории Тунгусского метеорита. Метеоритика, вып. 13, 1955.
5. *Б.Ю.Левин*. К вопросу о скорости и орбите Тунгусского метеорита. Метеоритика, вып. 11, 1954.
6. *К.П.Станюкович, Г.С.Голицын*. Ударные волны. Природа, №12, 1958.
7. *F.Whipple*. The Great Siberian Meteor and the waves, seismic and aerial wich it produced. Journ. of the Roy. Metoological Soc., 56, №236, 1930.
8. *F.Heide*. Kleine Meteoritenkunde, 1934.
9. *Ф.Ватсон*. Между планетами. Гостехиздат, 1947.
10. *К.П.Флоренский*. Некоторые впечатления о современном состоянии района падения Тунгусского метеорита 1908 г. Метеоритика, вып. XII, 1955.
11. *А.А.Явнель*. Метеоритное вещество с места падения Тунгусского метеорита. Астр. журн., 5, 1957.
12. *А.А.Явнель*. О составе Тунгусского метеорита. Геохимия, №6, 1957.
13. *Е.Л.Кринов*. Основы метеоритики. Гостехиздат, 1955.

14. *Л.А.Кулик*. Данные по Тунгусскому метеориту к 1939 г. Докл. АН СССР, 22, №8, 520–524, 1939.
15. *М.А.Цикулин*. Приближенная оценка параметров Тунгусского метеорита 1908 г. по карте разрушений лесного массива. Народнохозяйственное использование взрыва, вып. 6, Сибирское отд. АН СССР, 1959.