

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР. ТОМСКИЙ ОТДЕЛ
БЕТАТРОННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
МЕДИЦИНСКОГО ИНСТИТУТА

Труды, том V

1963

ПРОБЛЕМА
ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА
(СБОРНИК СТАТЕЙ)

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Томск — 1963

МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В РАЙОНЕ ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

А. Ф. КОВАЛЕВСКИЙ, В. Г. ФАСТ, Г. М. ИКОННИКОВА, Л. Н. НЕКРАСОВА

В июле—августе 1960 г. в предполагаемом районе падения Тунгусского метеорита авторами были выполнены некоторые магнитометрические работы. Основанием для постановки работ послужило то, что основные существующие гипотезы о природе метеорита не исключают возможности наличия в его составе магнитного вещества, возможно, достигшего поверхности Земли в виде больших кусков или даже целых глыб. Правда, теперь уже, по-видимому, бесспорный факт взрыва метеорита в воздухе, результаты работ экспедиции К. П. Флоренского [1], не обнаружившей никаких материальных его остатков, и отрицательные результаты поисков металлических осколков, выполненных с помощью армейских миноискателей комплексной самостоятельной экспедицией в 1959 г. под руководством Г. Ф. Плеханова, значительно уменьшили эту возможность. Тем не менее, мы считали желательным проведение магнитометрических работ.

В последние годы большинство исследователей пришло к выводу, что распространенные в районе «воронки» являются образованиями, связанными с условиями районов вечной мерзлоты. Однако после экспедиции К. П. Флоренского 1958 г. Б. И. Вронский вновь высказал предположение о метеоритной природе наблюдаемых в районе «воронок» [2]. По его мнению, метеорит был каменный, отдельные обломки его, пробив вечную мерзлоту, вызвали интенсивное образование термокарстовых воронок. Размеры этих воронок могут быть значительно больше вызвавшей их образование упавшей массы. Поэтому наличие в Сусловской воронке пня, обнаруженного Л. А. Куликом, еще не может служить доказательством того, что она не образовалась от падения сюда осколка метеорита. Эти же рассуждения можно приложить, по-видимому, и к железному метеориту.

Кометная гипотеза также не отрицает возможности наличия в кометном ядре крупных железных глыб [3].

Наконец, известно, что даже каменные метеориты могут обладать остаточным намагничиванием, значительно превосходящим индуцированное [4].

Л. А. Куликом в октябре 1928 г. была проведена магнитная съемка Сусловской воронки и близлежащей депрессии (около 160 точек наблюдений). Измерения проводились магнитометром М-1 и дефлекторным магнитометром [5]. Их точность не превышала 450—500 л. Такие измерения, конечно, совершенно недостаточны для окончательного ответа на вопрос о наличии или отсутствии магнитных масс в воронках. Впрочем, и сам Кулик признавал, что съемка не удалась [6].

Однако магнитный метод уже нашел успешное применение при отыскании осколков Сихотэ-Алиньского метеорита [7, 8, 9, 10] и съемке Аризонского кратера [11].

Для окончательного решения поставленного перед нами вопроса нужно было, по нашему мнению, выполнить следующие магнитометрические работы.

1) Для создания общего представления о магнитном поле района пройти несколько маршрутных ходов длиной 8—10 км.

2) Для интерпретации магнитных наблюдений провести хотя бы немногочисленные определения магнитных свойств пород района.

3) Пройти через Южное болото несколько профилей в разных его частях, в частности через центры, в которых, по Л. А. Кулику [12], сходятся направления поваленных деревьев. Такие измерения дадут представление об общем характере магнитного поля над болотом, а также позволят выяснить, имеются ли на дне болота по линии профилей крупные скопления магнитного метеоритного вещества.

4) Произвести съемку нескольких воронок по густой сети.

Измерения выполнялись с двумя магнитометрами М-2 с ценой деления около 17γ (частично 32γ). Наблюдения велись, в основном, на зыбких болотах, что сильно усложняло работы и неизбежно снижало точность наблюдений. Работы при 4-х посадках магнитной системы не дали бы желаемой точности, выполнять же 8 посадок трудно, так как моховая сплавина постепенно прогибается под тяжестью наблюдателя и нивелировка прибора нарушается. Ввиду этого наблюдения выполнялись при 6 посадках системы.

Попытка производить измерения, начиная от Ванавары по тропе Кулика, успехом не увенчалась, так как в трудных условиях таежного похода у приборов постоянно нарушалась регулировка. Все последующие измерения в районе радиального вывала леса, который мы принимали за эпицентр взрыва метеорита, привязаны к контрольному пункту на заимке Кулика.

В районе работ развита Тунгусская свита, представленная преимущественно мергелями, алевролитами и известняками. Она обильно прорывается мезозойскими вулканическими породами — траппами (интрузивы и эффузивы), так что встречаются лишь отдельные, по-видимому небольшие островки первичной осадочной толщи среди мощных трапповых полей. Как известно, траппы сильно магнитны [13]. Нами было отобрано 22 образца и грубо, с помощью магнитометра М-2, измерены их магнитные свойства. Результаты измерений приведены в табл. 1. (см. стр. 115). Пять образцов были ориентированными. Значения азимута A вектора остаточного намагничивания I_r и угла наклона i приведены в табл. 2. (см. стр. 115). Как видно из этих немногочисленных и грубых определений, магнитные свойства очень изменчивы. Вектор остаточного намагничивания имеет разнообразные направления, в том числе и обратные современному геомагнитному полю. Это, по-видимому, находится в соответствии с палеомагнитными данными [15]. Остаточное намагничение обычно на порядок выше индукционного. Разнообразие магнитных свойств объясняется, по-видимому, следующим. Траппы легко выветриваются, ожелезняются и всегда с поверхности или по трещинам покрыты железистой пленкой. Размеры пленки, а также отдельные скопления магнетита и определяют поле в точке наблюдения. По нашим определениям I_i и I_r значительно выше, чем приводится в работах [13, 15]. Это также объясняется тем, что мы брали для определений образцы с поверхности массива, сильно ожелезненные.

Для ознакомления с общим характером поля в районе были пройдены четыре маршрутных хода с шагом 250 м от изб Кулика на север, восток, юг и запад. Длина каждого хода 8—10 км., количество точек

Таблица 1

№ образца	$I_i \cdot 10^4$ CGSM	$I_r \cdot 10^4$ CGSM	Магнитная восприимчи- вость $\times 10^4$ CGSM	Место взятия образца
1	80	290	130	Тропа на оз. Чеко
2	6	100	10	"
3	230	1400	390	г. Фаррингтон
4	13	130	22	Тропа на оз. Чеко
5	50	250	84	"
6	14	69	23	Северный склон. г. Стойкович
7	20	110	34	"
8	36	200	60	"
9	10	500	17	г. Севергин
10	42	38	69	В 5 км. к востоку от займки Кулика
11	15	480	25	"
12	8	14	14	г. Фаррингтон
13	13	390	22	"
14	32	450	54	"
15	160	820	270	Южный склон г. Фаррингтон
16	48	1000	80	"
17	220	2200	360	"
18	65	500	110	Юго-зап. склон г. Фаррингтон
19	2,3	1100	3,8	"
20	30	860	50	"
21	21	630	35	"

Таблица 2

№ образца	3	4	12	13	14
A	150	180	160	260	330
i	11	7	11	60	50

30—40, всего 146 точек. Измерения показали, что поле чрезвычайно изменчиво (рис. 1), что, конечно, объясняется вышеуказанными свойствами траппов. На выходах коренных пород часто встречаются отрицательные аномалии, видимо, обусловленные обратной намагниченностью.

Отметим, что такой характер поля сильно затруднил бы интерпретацию даже в случае надежно известного наличия в районе железных

метеоритных осколков, во всяком случае, в местах выхода траппов на поверхность.

По одному из этих профилей (пристань на р. Хушмо — оз. Чеко) проводились также измерения радиоактивности (бета-активности). Ни-

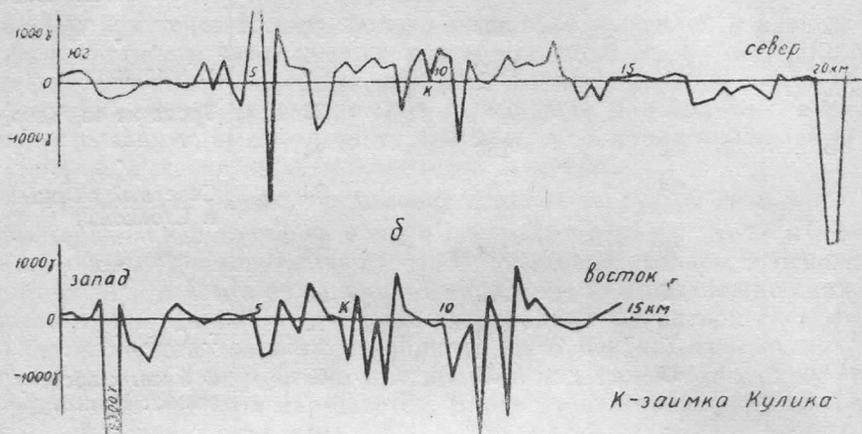


Рис. 1. Маршрутные магнитметрические хода: а) юг — север (Пристань — оз. Чеко), б) восток — запад.

какой корреляции между магнитными и радиоактивными измерениями не установлено.

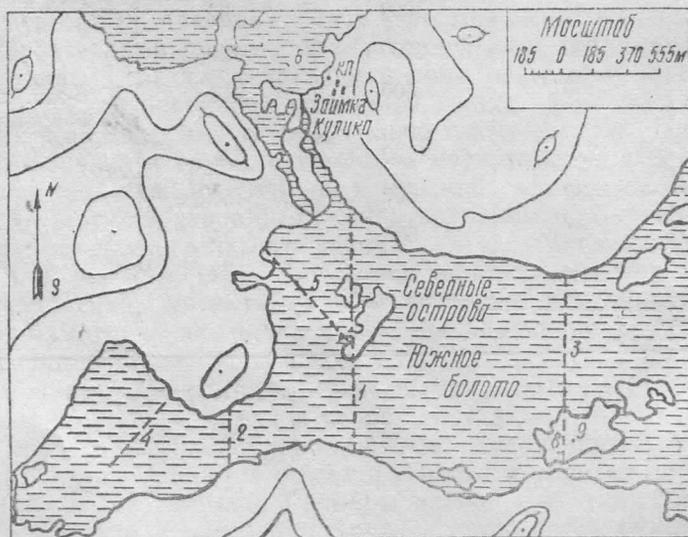


Рис. 2. Схема расположения магнитметрических профилей: 1—5 — профили, 6 — Суловская воронка, 7 — Клюквенная, 8, 9 — Круглая и Эллиптическая воронки.

По Южному болоту были пройдены 3 профиля с шагом наблюдения 10 м. На тех же точках болотоведческой группой под руководством

Ю. А. Львова проведено зондирование болота. Первый профиль длиной 1710 м пройден в центральной части болота, второй — в западной части, длиной 470 м и третий, 1155 м, — в восточной части (рис. 2). Рассмотрение профилей показывает, что повышения напряженности поля, которые можно было бы связать с крупными метеоритными магнитными массами или скоплениями, на них нет. Бросается в глаза (рис. 3, 4, 5) любо-



Рис. 3. Профиль № 1 через Южное болото.

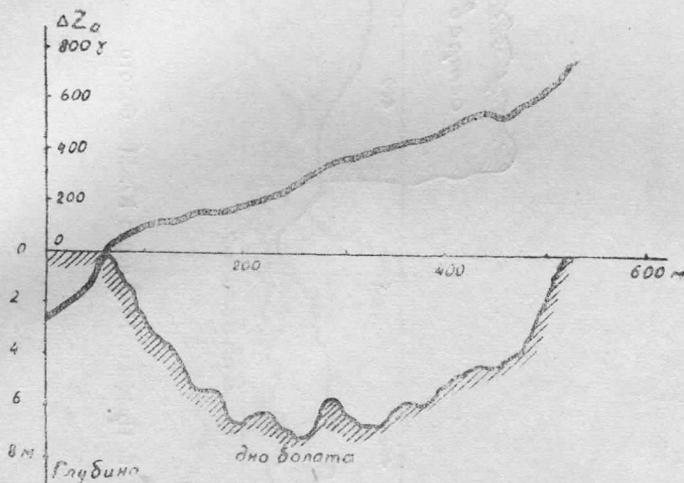


Рис. 4. Профиль № 2 через Южное болото.

пытный с геологической точки зрения факт, что углублениям дна болота отвечают повышения ΔZ_{α} . Возможными причинами этого могут быть или накопление во впадинах дна болота сравнительно тяжелой магнитной фракции разрушающихся пород, или обратная намагниченность подстилающих траппов.

По Л. А. Кулику, направления поваленных деревьев сходятся в нескольких центрах, два из которых находятся в пределах Южного болота — один в его западной части, другой у Северных островов. С северного берега болота были пройдены два всячих профиля через эти центры длиной по 600 м (рис. 6, 7). Промеры глубин по этим профилям нами не выполнялись. В 1939 г. Кулик провел измерения глубин в этих местах [12], однако их нельзя достоверно привязать к нашим профилям. Можно лишь судить, что по профилю 4, проходящему через западный центр, глубина, постепенно увеличиваясь, достигает 8—8,5 м. В 20 м от начала профиля 5 на берегу Южного болота были обнаружены два очень старых живых кедра с обломанными вершинами (рис. 8). Диаметр одного из них у корня 53 см, высота 24 м. Наличие этих деревьев ставит под сомнение реальность этого центра.

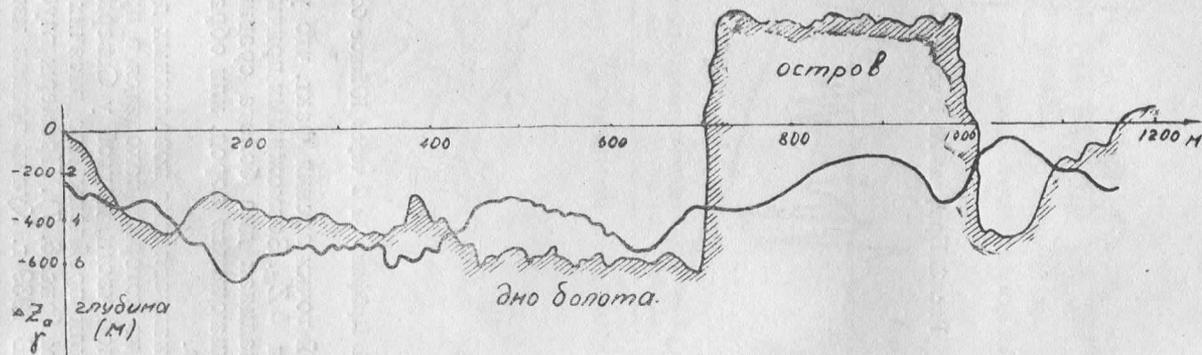


Рис. 5. Профиль № 3 через Южное болото.

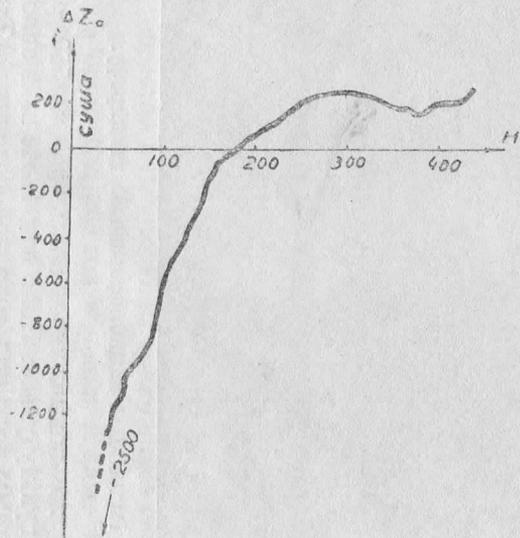


Рис. 6. Профиль № 4 по Южному болоту.

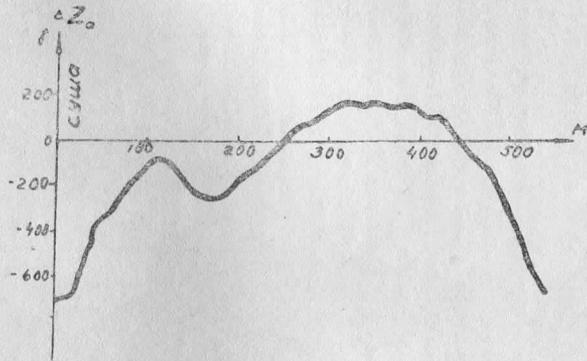


Рис. 7. Профиль № 5 по Южному болоту.

Одна из воронок, так называемая Сусловская, была снята по сети 2×2 м, с выходом профилей на берега. Общее количество точек 500. Средняя квадратичная погрешность наблюдений на воронке по 35 повторным наблюдениям равна $\pm 13 \gamma$. Поле над воронкой довольно спо-



Рис. 8. Два кедра, пережившие катастрофу.

койное (рис. 9), но повышенное примерно на 550γ по отношению к контрольному пункту у изб. Поле над восточной половиной воронки ниже на $40-50$ гамм поля над западной половиной. Такое понижение поля наблюдается и за пределами воронки и явно связано с геологическими особенностями подстилающих пород. Несколько выделяется небольшая локальная двухполюсная аномалия в северной части воронки, где в 1930 г. Куликом была пройдена буровая скважина глубиной в $31,5$ м [6]. Возможно, что эта аномалия связана с оставшейся в скважине обсадной трубой.

Другая воронка, Клюквенная, была снята по сети 5×5 м. Количество точек 179, средняя квадратичная погрешность по 12 повторным

наблюдениям $\pm 18 \gamma$. На воронку падает магнитная аномалия (рис. 10), имеющая явно геологические причины. Аномалия простирается и за пределы воронки и полностью нами не окурена.

Следует отметить, что развитие воронок идет медленно, и нельзя согласиться с мнением Б. И. Вронского, что началом процесса послужило выпадение кусков метеорита. В 1929—1930 гг. диаметр Сусловской воронки был 32 м. В 1960 г. размеры ее остались почти теми же: диаметр в направлении север—юг и восток—запад равен 31,5 м. Неболь-

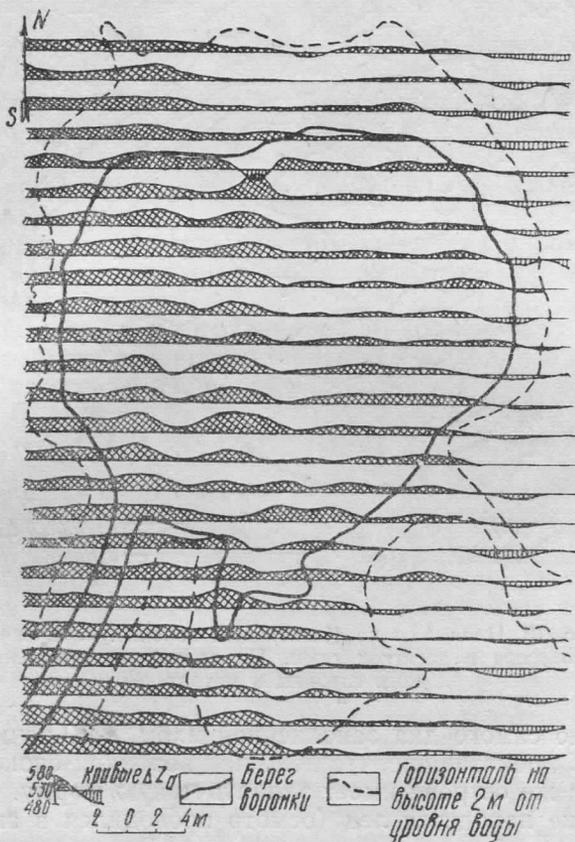


Рис. 9. Профиль ΔZ_a на Сусловской воронке.

шие изменения диаметра в разные годы возможны в связи с изменениями уровня воды в воронке. Многочисленные работы, проводившиеся Л. А. Куликом на борту Сусловской воронки, и даже траншея длиной в 20 м и глубиной до 4 м не способствовали ускоренному протеканию термокарста. Наоборот, траншея затягивается и уже поросла молодой березовой рощицей. Также полностью затянулся колодец, когда-то выкопанный экспедицией Кулика, и уже затягивается шурф, выкопанный в 1959 г. до глубины 5 м.

Клюквенная воронка также растет очень медленно. При поверхностном сравнении ее изображения на ряде карт (например [5], стр. 141) с современным контуром можно сделать вывод о ее быстром росте. Но эти карты были начерчены на основании аэрофотосъемки, и примыкающие на фотоснимке к западному краю темные пятна (см. рис. в [14]) при дешифрировании ошибочно приняты за часть торфяного бугра-ост-

рова. В действительности же это участки открытой воды, которые остались и до настоящего времени. Схематический чертеж Кулика [12, фиг. 1] соответствует ее современным контурам.

Профиль № 3 на Южном болоте проходит через один из островов. Рядом с профилем на острове нами обнаружено несколько воронок в начальной стадии образования. На одной из них, диаметром в 20 м,

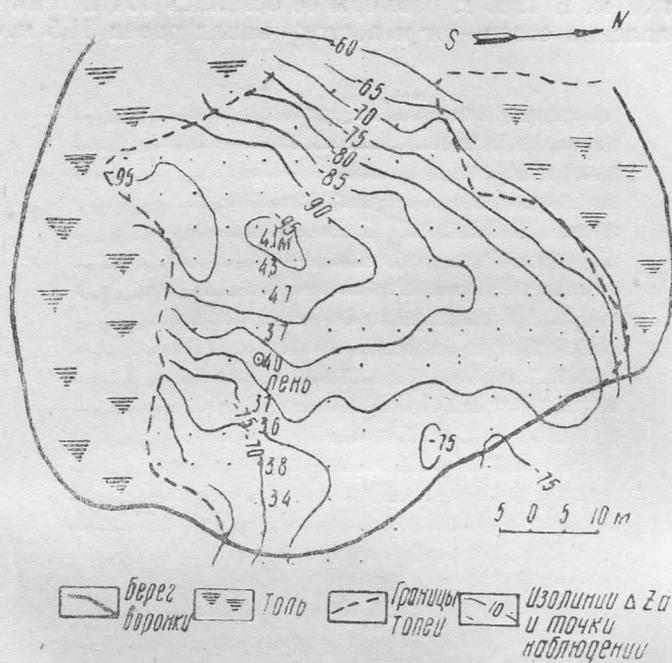


Рис. 10. План ΔZ_a на Клюквенной воронке. Значения ΔZ_a даны в десятках гамм. По одному из профилей даны глубины в метрах.

неглубокой и до самого дна заполненной мхом, в 10 точках проведены измерения ΔZ_a , показавшие, что поле над воронкой спокойное. Другая воронка на том же острове имеет эллиптическую форму. На глубине 50 см. в воронке находится лед (осмотр проводился в августе), имеющий светло-желтый цвет от вмерзшего мха. Лед образует по всей воронке довольно ровную поверхность, однако, не доходя 2—3 м до берега, резко обрывается, образуя выступающую кромку. Следов падения в воронку какой-либо массы не обнаружено.

В обширных районах, прилегающих к месту взрыва (например под Ванаварой, между Ванаварой и Кежмой), имеется множество таких же воронок.

Все это заставляет предполагать, что процесс образования воронок в районе сложнее, чем кажется на первый взгляд, и во всяком случае, он вряд ли связан с Тунгусским метеоритом.

В 1960, как и в 1959 г., в экспедиции проводились поиски металлических остатков метеорита с помощью миноискателей. Применявшиеся приборы позволяли обнаружить тело величиной с пятикопеечную монету на глубине 30—35 см. Так как прирост торфа за последние 50 лет составляет более 35 см, поиски проводились только в сухих местах. Методом зигзагообразных ходов (ширина захвата 1—1,5 м) были обследованы склоны и вершины холмов, окаймляющих Великую котловину,

берега Южного болота, Лакурский хребет, тропа Кулика от заимки Кулика до Ванавары, отдельные участки вдоль ручья Чургим и р. Чавидокон. Никаких осколков, относящихся к метеориту, не обнаружено. Данные по этим работам сообщены нам Г. Ф. Плехановым.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать следующие выводы.

1. Магнитометрические работы, выполненные в 1960 г., и результаты работ Л. А. Кулика позволяют утверждать, что в развитых в районе воронок крупных железных масс, скоплений магнитного метеоритного вещества нет.

2. Медленность развития воронок, наблюдения их в разной стадии развития показывают, что они вообще не связаны с падением метеорита. В противном случае приходится признать, что в период 1908—1930 гг. термокарстовые процессы протекали очень интенсивно, а затем вдруг прекратились.

3. Пять профилей, пройденных через Южное болото, не подскледи крупных магнитных тел.

Дальнейшая постановка магнитометрических работ с целью непосредственных поисков метеоритного вещества, на наш взгляд, не имеет смысла.

Авторы выражают благодарность Г. Бабецкому, принимавшему участие в обработке полевых материалов, Г. Тяпкиной и В. Говорухину за помощь в изготовлении чертежей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флоренский К. П., Вронский Б. И., Емельянов Ю. М., Зоткин И. Т., Кирова О. А. Предварительные результаты работ Тунгусской метеоритной экспедиции 1958 г. Метеоритика, вып. 19, 1960.
2. Вронский Б. И. Тайна Тунгусской катастрофы. Природа, № 3, 1960.
3. Кринов Е. Л. Где же Тунгусский метеорит? Природа, № 5, 1960.
4. Фонтон С. С. К вопросу об остаточном намагничении метеоритов. Метеоритика, вып. 11, 1954.
5. Кринов Е. Л. Тунгусский метеорит, 1949.
6. Кулик Л. А. Данные по Тунгусскому метеориту к 1939 г. ДАН СССР, т. 22, № 8, 1939.
7. Фонтон С. С. Вторая экспедиция по изучению падения Сихотэ-Алиньского железного метеоритного дождя. Метеоритика, вып. 6, 1949.
8. Фонтон С. С. Результаты работ третьей экспедиции по изучению падения Сихотэ-Алиньского метеоритного дождя. Метеоритика, вып. 8, 1950.
9. Фонтон С. С. Результаты работ четвертой (последней) экспедиции по изучению падения Сихотэ-Алиньского метеоритного дождя. Метеоритика, вып. 10, 1952.
10. Фонтон С. С. Применение магнитного метода для обнаружения метеоритов и их осколков. В сб. «Сихотэ-Алиньский железный метеоритный дождь», т. 1, 1959.
11. Астапович И. С. Магнитная съемка Аризонского метеоритного кратера. Метеоритика, вып. 6, 1949.
12. Кулик Л. А. Метеоритная экспедиция на Подкаменную Тунгуску в 1939 г. ДАН СССР, т. 28, № 7, 1940.
13. Глебовский Ю. С. О причинах Восточно-Сибирской материковой аномалии магнитного поля. Изв. АН СССР, сер. географич. и геофизич., т. 10, № 4, 1946.
14. Астапович И. С. Большой Тунгусский метеорит. Природа, №№ 2 и 3, 1952.
15. Макарова З. В. Положение полюса в триасе по остаточной намагниченности базальтовых траппов Енисея. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 10, 1959.

Magnetometric exploration in the region of Tungus catastrophe

A. F. Kovalevsky, W. H. Fast, G. M. Ikonnikova
and L. N. Nekrassova.

In 1960 the authors traversed 4 itinerary — magnetometric profiles (8—10 km of length) on the spot of Tungus catastrophe. A detailed survey of two «craters» was made, a series of profiles across the South swamp was passed. The authors present the working method and technic, as well as analyses of results and came to conclusions: 1) In 2 craters which had been produced big iron masses or accumulation of magnetic meteorite substance are absent. 2) The craters do not depend on meteorite fall. 3) 5 profiles traversed across the South swamp (step = 10 m) did not reveal large magnetic bodies. 4) A further performance of magnetometric works on purpose of direct search for meteorite substance has no sense.