

Действительный член Академии педагогических наук РСФСР А. Г. КАЛАШНИКОВ

О НАБЛЮДЕНИИ МАГНИТНОГО ЭФФЕКТА МЕТЕОРОВ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

В 1948 г. мной был описан новый метод измерения слабых вариаций земного магнитного поля с помощью большого индукционного контура и флюксметра (1). Установка, основанная на этом методе, имеет чувствительность на два порядка выше, чем применяемые на современных магнитных станциях магнитостатические приборы: в то время как эти последние имеют чувствительность 10^{-5} эрстед на 1 мм шкалы, наша индукционная установка отмечает 10^{-7} эрстед на 1 мм. Высокая чувствительность новой аппаратуры позволяет обнаруживать явления, наблюдение которых было недоступно прежними методами.

Недавно на загородной станции Геофизического института АН СССР, расположенной в расстоянии 16 км от ближайшего пункта электрической ж. д., удалось наблюдать с помощью этой установки одно из таких явлений.

Давно известно, что появление большого количества движущихся электрических зарядов в верхних слоях атмосферы вызывает изменения магнитного поля земли, причем на поверхности земли эти изменения достигают 10^{-3} — 10^{-4} эрстед. Известно также, что метеоры, влетая в верхние слои атмосферы, образуют вдоль своего пути довольно плотные массы электрических зарядов, обнаруживаемые теперь с помощью радиолокаторов (2). Можно было предположить, что возникающие по пути следования метеора электрические заряды должны возмущать магнитное поле земли; но эти возмущения будут во много раз меньше, чем вариации земного поля, происходящие от широко распределенных движущихся зарядов в ионосфере. Высокая чувствительность новой аппаратуры позволяла надеяться обнаружить магнитный эффект метеоров. Визуальные наблюдения и фотографирование изменений магнитного поля на нашей установке, производившиеся в любое время дня и ночи, всегда отмечали наличие весьма небольших по величине, но быстрых во времени толчков. В среднем в час наблюдалось около 30 таких резких изменений поля. Они могли быть приписаны как отдельным индустриальным помехам, так и слабым флуктуациям электрических зарядов в ионосфере.

Я решил исследовать эти флуктуации в условиях, когда заранее можно было предвидеть появление большого количества метеоров в атмосфере земли. Такие условия должны были наступать во время максимумов постоянных потоков метеоров. Мы наблюдали следующие потоки метеоров: Леониды (15—16 XI), Геминиды (10—12—13 XII), Урсиды (21—22 XII 1948 г.) и Квадрантиды (2—3 I 1949 г.).

Наблюдения магнитного поля проводились накануне максимума потока, в сутки максимума и иногда на следующий день после максимума, в одни и те же часы суток. Кроме того, проводились наблюдения в те же часы в обычные дни между максимумами потоков. Часть на-

блюдений фиксировалась фотографически. Фотографии (рис. 1, а и б), полученные во время максимума Леонид, скорость которых составляет 72 км/сек., показывают типичные изломы кривой магнитного поля, которые мы приписываем действию крупных метеоров. Эти изломы отражают почти равномерное увеличение или уменьшение магнитного поля, продолжающееся 1—2 сек., после чего изменение прекращается.

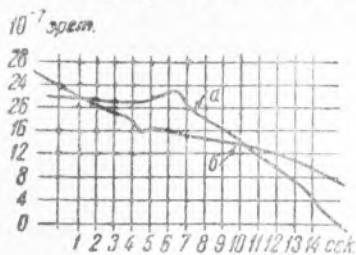


Рис. 1

Такие вариации поля могут вызываться источником поля, напряженность которого изменяется обратно пропорционально расстоянию (приблизительно), что должно иметь место при движущемся отрезке прямолинейного электрического тока; подобный же закон изменения будет иметь магнитное поле электрических зарядов, которые перемещаются некоторое время вдоль прямой линии с постоянным ускорением. Мы допускаем, что именно такого рода явления возникают на

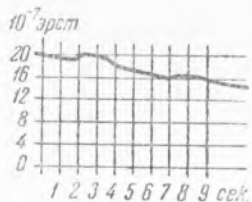


Рис. 2

пути движения метеоров. Что касается отдельных промышленных помех (включение и выключение постоянного тока и т. д.), то изменение магнитного поля под действием этих причин резко отличается от вышеописанных вариаций поля, представленных на рис. 1, а и б.

Типичные изменения магнитного поля, вызываемые промышленными помехами, отражены на рис. 2. Так как промышленные установки всегда обладают значительными величинами индуктивности, то изменения поля при включениях тока будут происходить по экспоненциальному закону, что и представлено на рис. 2. Повидимому, только крупные метеоры (с большими массами и скоростями) могут вызывать такие, почти прямолинейные изменения магнитного поля, какие зафиксированы на фото; мелкие метеоры чертят на кривой поля небольшие уголки, которые трудно отличать от возможных промышленных помех. Влияние на земном поле магнитного эффекта метеоров, выраженное в мелких и крупных изломах кривой поля, можно определить статистически, сравнивая общее количество изломов или «пик» в часы максимума потока и в те же часы обычных суток. Подсчет «пик» на кривой поля показывает, что число «пик» в часы максимума для всех наблюдавшихся потоков метеоров возрастает в 2—5 раз по сравнению с теми же часами обычных суток (табл. 1). Продолжительность наблюдений составляла около 6 час.

Во время наблюдения потока Леонид 16 XI 1948 г., максимум которого приходился на 6 час. 55 мин. декретного времени, с 6 час. до 7 час. 35 мин. производилось фотографирование изменения магнитного поля. Распределение числа «пик», обнаруженных на фотозаписи, по частоте их появления в этот промежуток времени изображено на рис. 3; из него видно, что наибольшее число изломов кривой поля приходится на промежуток от 6 час. 30 мин. до 7 час. 12 мин., что совпадает с предвычисленным временем максимума потоков.

При наблюдении потока Геминид 12 XII 1948 г. отмечалось совпадение во времени появления магнито-метеорных «пик» на кривой

Таблица 1

Дата	Название потока метеоров	Число «пик» различной величины	Продолжительность фотозаписи
15 XI 1948 г.	Леониды	55	1 час 35 мин.
16 XI 1948 г. (максимум)	»	280	
11 XII 1948 г.	Геминиды	7	38 мин.
12 XII 1948 г. (максимум)	»	14	
21 XII 1948 г.	Урсиды	6	34 »
22 XII 1948 г. (максимум)	»	28	
2 I 1949 г.	Квадрантиды	17	46 »
3 I 1949 г. (максимум)	»	57	

поля и наблюдения следов метеоров другим методом. Оказалось, что почти все метеорные следы длительностью от 1 до 3 сек. соответство-

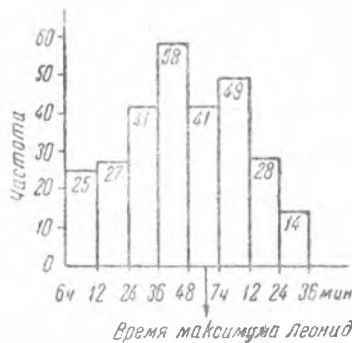


Рис. 3. Частота появления «пик» на кривой магнитного поля около времени максимума Леонид

вали времени появления изломов кривой поля. Однако такого соответствия не наблюдалось между появлением кратковременных следов метеоров в ионосфере и «пиками» кривой поля.

Результаты всех произведенных нами наблюдений показывают, что обнаруженные характерные «пики» на кривой изменения вертикальной составляющей геомагнитного поля, повидимому, являются следствием магнитного эффекта метеоров.

Этот эффект имеет иногда две фазы развития. Первая фаза связана с появлением светящегося следа метеоров и отражается на кривой изменения поля в виде небольших уголков или «пик», показанных на рис. 1, а и б. Это может быть объяснено перемещением электрических зарядов в следах метеоров, движущихся вслед за массой метеора и закручивающихся вокруг силовых линий земного магнитного поля.

Вторая фаза этого эффекта определяется движением образованного метеором ионного облака в магнитном поле земли, вследствие чего в облаке возникает конвективный электрический ток, магнитное поле которого изменяет поле земли. На кривых поля эта фаза представлена сравнительно медленным изменением напряженности, следующим за «пиком» первой фазы.

Можно предполагать, что во время максимума потоков метеоров большое количество ионосферных возмущений будет вызывать значительные вариации земного магнитного поля. Это предположение пока подтверждается сравнением кривых изменения магнитного поля, за-

писанных в ночь 15 и в ночь 16 XI (рис. 4). Как видно, 16 XI поле было значительно более возмущенным, чем 15 XI.

Расчет энергии, вносимой метеором в атмосферу земли, показывает, что на 1 г метеорной массы при скорости 70 км/сек. образуется такое количество энергии, $1/2000$ которого достаточно, чтобы, превратившись в энергию магнитного поля, образовать на поверхности земли напряженность поля порядка 10^{-7} эрстед (величину, вполне измеримую нашей аппаратурой).

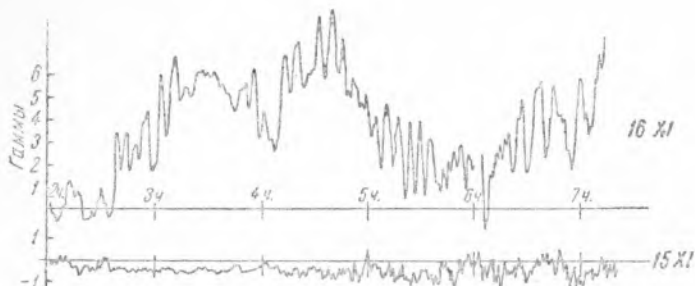


Рис. 4

Мы продолжаем изучение магнитного эффекта метеоров, стараясь установить непосредственную связь между видимым следом метеора и изменением магнитного поля в тот же момент.

Обнаружение магнитного эффекта метеоров дает возможность изучать метеорные явления новым методом. Если построить трехкомпонентную воспринимающую часть для нашей станции, то запись магнитного поля метеора на такой станции позволит определить направление вектора полной напряженности поля в пространстве. Подобная запись на двух станциях, синхронно работающих на расстоянии 80—100 км друг от друга, даст возможность точнее решить вопрос о скорости метеоров, о направлении их путей в пространстве и др.

В заключение выражаю благодарность Б. Ю. Левину, советами которого я пользовался в своей работе.

Геофизический институт
Академии наук СССР

Поступило
22 III 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Г. Калашников, Изв. АН. СССР, сер. геогр. и геофиз., № 2 (1948).
- ² A. C. B. Lovell and J. A. Clegg, Proc. Phys. Soc., 60, part 5, May (1948).