

ИСКУССТВЕННАЯ ИНЖЕКЦИЯ ОЧЕНЬ НИЗКОЧАСТОТНЫХ (ОНЧ) ВОЛН В ИОНОСФЕРУ И МАГНИТОСФЕРУ ЗЕМЛИ

В.М.Чмырев, В.К.Ролдугин, И.А.Жулин,
М.М.Могилевский, В.И.Ди, В.К.Кошелевский,
В.А.Бушмарин, О.М.Распопов

Обнаружены вариации потоков высыпающихся из магнитосферы электронов и короткопериодные колебания магнитного поля Земли, стимулированные импульсными сигналами наземного ОНЧ передатчика.

В феврале 1975 г. ИЗМИРАН совместно с рядом других организаций провел предварительный активный волновой эксперимент (программа "ЮЛИАНА"), целью которого было изучение возможности контролируемого воздействия на потоки захваченных и высыпающихся электронов в магнитосфере Земли сигналами мощного наземного ОНЧ передатчика. Была также предпринята попытка обнаружить искусственно стимулированные возмущения магнитного поля Земли, связанные с инъекцией ОНЧ волн в ионосферу.

В работе использовался мощный передатчик, расположенный на геомагнитной широте $\Phi \approx 60^\circ$. Передатчик излучал радиоимпульсы на частоте 12,5 *кГц* длительностью 0,5 и 15 *сек* с периодом повторения соответственно 3 и 30 *сек*. Оптические и магнитные наблюдения проводились в пункте на расстоянии ~ 200 *км* от передатчика. Для обнаружения эффектов вынужденного высыпания (или запириания) электронов по вариациям светимости ночного неба использовался фотометр на базе ФЭУ-19, чувствительный к световому излучению в диапазоне длин волн 3800 - 6000 Å . Регистрировалась переменная составляющая светимости. Чувствительность прибора составляла несколько *релей*, точность привязки к сигналам передатчика - 0,2 *сек*.

Регистрация геомагнитных микропульсаций осуществлялась с помощью магнитовариационной установки, разработанной на кафедре физики Земли Ленинградского университета [1]. Записывались вариации модуля полного вектора поля. Чувствительность записи 0,01 $\gamma/\text{мм}$. В данном сообщении представлены результаты измерений, выполненных 20 февраля 1975 г. в интервале 04,20' - 05,02' местного времени. Вариации светимости неба с периодом следования ОНЧ импульсов наблюдались в интервале 04,20' - 04,41', когда передатчик излучал короткие посылки длительностью 0,5 *сек* с периодом повторения 3 *сек*. Поскольку по условиям наблюдения уровень световых помех был весьма высоким, то для выделения полезного сигнала был применен метод наложения эпох. Были выбраны два интервала записи длительностью 28 и 56 *сек* и оцифрованы - через 0,2 *сек*. За начала отсчетов брались передние фронты импульсов; на первый участок пришлось 9 импульсов передатчиков, на второй - 18 импульсов.

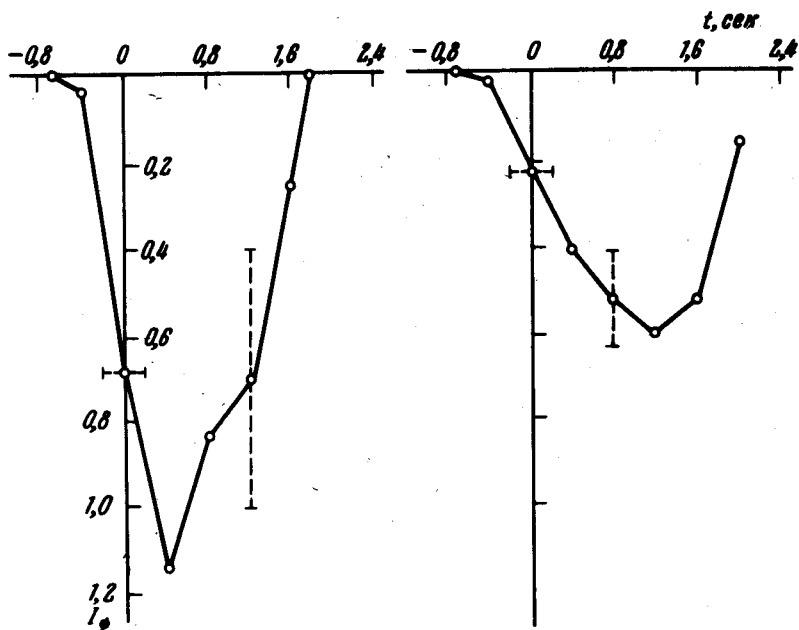


Рис. 1

На рис. 1 *а, б* показаны усредненные по массивам значения светимости в относительных единицах для первого участка (рис. 1, *а*) и для второго участка (рис. 1, *б*) в моменты времени от $-0,8$ сек (до начала импульса) до $2,0$ сек после переднего фронта импульса передатчика с интервалом $0,4$ сек. Среднеквадратичные отклонения показаны вертикальными пунктирными линиями, ошибка привязки по времени — горизонтальными пунктирными линиями. Видно, что имеет место неслучайная вариация светимости, выходящая за среднеквадратичную погрешность. Эта вариация представляет собой импульс отрицательной полярности, начинающийся вблизи начала импульса передатчика и длящийся около $1,6$ сек. Таким образом, рисунки указывают на эффект периодического уменьшения свечения атмосферы под воздействием импульсов передатчика. Эксперимент проходил в субавроральной зоне, где существенный вклад в свечение неба вносят фоновые потоки электронов, высыпающихся из магнитосферы. Эффекты нагрева ионосферы должны были бы приводить к увеличению интенсивности свечения. Поэтому мы можем предположить, что обнаруженная вариация светимости связана с компонентой светового излучения, обусловленной фоновым высыпанием частиц. Если это так, то периодические уменьшения светимости неба, коррелированные с работой ОНЧ передатчика, по-видимому, обусловлены запираем потоком высыпающихся электронов в магнитосферной ловушке за счет перераспределения их по питч-углам либо непосредственно в поле интенсивной волны от передатчика, либо за счет рассеяния на электростатических колебаниях, эффективно возбуждаемых в магнитосфере в процессе распада или индуцированного рассеяния сильных ОНЧ волн [2].

Коррелированные с ОНЧ воздействием геомагнитные пульсации были зарегистрированы в интервале времени $04,41' + 05,02'$ при работе передатчика в режиме длинных посылок (длительность 15 сек, период

повторения 30 сек). В указанном интервале было проведено 3 сеанса работы длительностью по 7 минут. В каждом сеансе в течение первых трех минут передатчик излучал импульсы в указанном режиме, затем в течение четырех минут "молчал". Для обнаружения искомого сигнала в магнитном поле при обработке данных также использовался метод наложения эпох. Запись разбивалась на участки длительностью 30 сек (с началом отсчета от переднего фронта каждого импульса передатчика) и оцифровывалась с интервалом 3,3 сек. Таким образом, в течение трех трехминутных интервалов работы передатчика мы имеем 18 таких участков. Усредненные по этим участкам значения поля

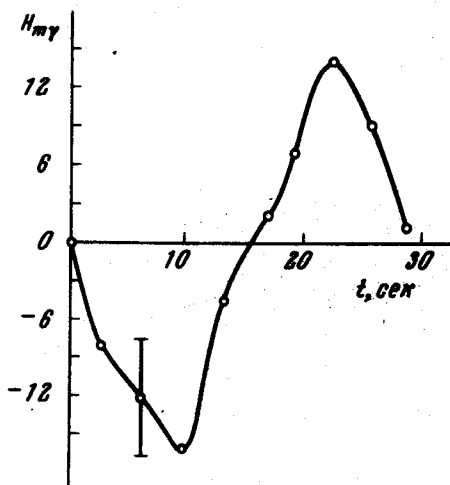


Рис. 2

вариации приведены на рис. 2 с интервалом 3,3 сек. Среднеквадратичное отклонение, примерно одинаковое для каждой точки показано на рисунке вертикальной линией. Из рисунка видно, что был зарегистрирован неслучайный сигнал, выходящий за пределы среднеквадратичного отклонения, с периодом 30 сек и амплитудой около 16 мГс. В периоды "молчания" передатчика сигнал с периодом 30 сек отсутствовал (наблюдались случайные некоррелированные пульсации поля). Таким образом, данный результат свидетельствует о принципиальной возможности возбуждения колебаний магнитного поля Земли с периодом следования импульсов ОНЧ передатчика. Впервые влияние передатчика на режим генерации геомагнитных пульсаций было продемонстрировано экспериментально в работе [3], где отмечалось увеличение активности пульсаций типа Рс-1 в периоды работы передатчика. Физические механизмы, приводящие к возбуждению искусственных пульсаций геомагнитного поля, могут быть связаны как с вынужденными колебаниями потоков высыпающихся частиц, так и с нагревом нижней ионосферы в поле мощной волны от передатчика. Оба процесса должны приводить к вариации проводимости ионосферы и, как следствие, к пульсациям магнитного поля Земли.

Специально спланированный эксперимент позволит легко отделить различные эффекты, приводящие к генерации пульсаций.

Авторы признательны Ю.М.Маркеевой и Е.Ф.Козлову за помощь в работе, а также И.Н.Капустину за полезное обсуждение результатов.

Институт земного магнетизма
ионосферы и распространения радиоволн
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
9 февраля 1976 г.
18 марта 1976 г.

Литература

- [1] Ю.А.Копытенко, В.А.Бушмарин. Экономичный магнитометр с фотоэлектрическим преобразованием сигнала. Сб. "Геомагнитные исследования", №20, М., изд. Наука, 1976 (в печати).
- [2] Д.А.Котик, В.Ю.Трахтенгерц. X Всесоюзная конференция по распространению радиоволн, тезисы докладов, секция III, 164, М., изд. Наука, 1972.
- [3] A. C. Fraser-Smith, C. A. Cole. Geophys. Res. Lett., 2, 146, 1975.
-