ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Том XXXI, № 6 РАДИОФИЗИКА 1988

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 551.510.535

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В ДЕЦИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН

Г. М. Артемьева, А. В. Востоков, В. В. Писарева, В. П. Сырейщиков, А. Ф. Тарасов, М. А. Юрищев

Начиная с 1970 г. в СССР проводились исследования спорадического радиоизлучения фона на средних широтах в сантиметровом и дециметровом диапазонах волн. Были изучены различные типы спорадического радиоизлучения, их статистические характеристики, а также связь этих явлений с солнечной и геомагнитной активностью и состоянием ионосферы [1–8].

Настоящая работа посвящена исследованию дециметрового радиоизлучения околоземного пространства с применением методики наблюдений, заключающейся в проведении одновременных наблюдений на двух одинаковых приемных установках с разнесением их на различные расстояния L от нескольких метров до нескольких тысяч километров. При этом могло осуществляться уверенное выделение спорадического радиоизлучения на фоне различного рода радиопомех. Даже при небольших расстояниях ($L \gtrsim 300$ м) мы практически избавляемся от радиопомех, приходящих в данный пункт наблюдения под низкими углами к горизонту, а при расстояниях в несколько тысяч километров — от радиопомех, приходящих не только под малыми, но и большими углами к горизонту (в частности, от радиоизлучения, идущего от искусственных спутников Земли). Методика наблюдений, основанная на выделении коррелированных сигналов на двух одинаковых установках с переменной базой, привела к выводу об отсутствии спорадического радиоизлучения околоземного космического пространства в период наблюдений 1982—85 гг. в рассматриваемом диапазоне волн.

1. Аппаратура. Основные измерения были проведены на частоте 575 МГц. Антенна представляла собой открытый конец круглого волновода с диаметром поперечного сечения 0,7 λ. Возбуждение волновода (волна H_{11}) осуществлялось полуволновым вибратором, расположенным на расстоянии $\lambda/4$ от металлического экрана, полностью закрывающего отверстие волновода с другой стороны. Ширина диаграммы направленности на уровне половинной мощности была практически одинакова для E- и H-плоскостей и составляла примерно 60° [9]. Антенна соединялась с измерительной аппаратурой коаксиальным кабелем длиной ~10 м. При измерениях интенсивности антенного сигнала использовался радиометр модуляционного типа с приемником прямого усиления. Полоса приема входных широкополосных усилителей ограничивалась полосовым фильтром на встречных стержнях и составляла ~1% от рабочей частоты. Флуктуационный порог чувствительности радиометра не превышал 0,5 К при постоянной времени интегрирования 1 с. Аналогичная аппаратура использовалась также на частотах 290 и 375 МГц.

2. Методика наблюдений. Измерения спорадического радиоизлучения околоземного пространства на частоте 575 МГц проводились круглосуточно в разные периоды 1982—85 гг. (всего в течение 80 суток) одновременно на двух приемных установках, расстояние между которыми L составляло 2; 8; 30; 300; 500 м (пункт Васильсурск Горьковской области, июнь—август 1984 г.), 100 км (п. Васильсурск — п. Старая Пустынь Горьковской области, сентябрь 1984 г.), 180 км (п. Темрюк Краснодарского края — п. Кара-Даг Крымской области, сентябрь—октябрь 1982 г.), 1400 км (п. Васильсурск — п. Кара-Даг, октябрь 1984 г.), 1500 км (п. Васильсурск — п. Верхнетуломский Мурманской области, март — апрель 1985 г.), 2600 км (п. Васильсурск — п. Душанбе, ноябрь — декабрь 1984 г.). При этом антенны располагались на высоте нескольких метров ($h = 2 \div 8$ м), были направлены в зенит и ориентированы в направлении восток—запад.

Идентичность технических характеристик обоих радиометров проверялась экспериментально путем наблюдений спорадического радиоизлучения на частоте 575 МГц на одной антенне (входы радиометров подключались к одной и той же антенне через делитель мощности, фактически имел место случай $L = 0$).

В отдельных пунктах были проведены также непродолжительные по времени измерения спорадического радиоизлучения на других частотах (например, на 290 МГц на Кара-Даге в октябре 1982 г. и на 375 МГц в Васильсурске в ноябре 1984 г. одновременно с наблюдениями на частоте 575 МГц).

3. Результаты наблюдений. 1) Наблюдалась некоррелированная по времени в обеих приемных установках компонента спорадического радиоизлучения при изменении базы от нескольких метров до нескольких тысяч километров. Некоррелированные всплески представляли собой различного типа сигналы: импульсы, пички, подъемы и падения уровня, всплески с флуктуациями и т. д. Всего было зарегистрировано примерно 400 таких всплесков. Сопоставление этих всплесков в двух разнесенных пунктах при одновременных наблюдениях не показало совпадения их по времени и по форме. Не обнаружено наличие связи этих всплесков с всплесками радиоизлучения Солнца и с K — индексом геомагнитной активности*.

Весьма характерно, что некоррелированность всплесков наблюдается даже при небольших расстояниях между приемными установками. Образцы записей таких сигналов при расстоянии между установками $L=300$ м приведены на рис. 1. По оси ординат на этом рисунке отложена эффективная температура принимаемого антенной радиоизлучения в градусах Кельвина. Уровень 70 К соответствует температуре радиоизлучения антенного кабеля и космического радиофона; h_1 и h_2 — высоты расположения антенн. Из этого рисунка четко видно отсутствие корреляции для импульсов и флуктуирующих сигналов.

Некоррелированная компонента спорадического радиоизлучения обусловлена по всей вероятности наличием земных радиопомех. Можно указать следующие причины, приводящие к некоррелированности всплесков при небольших расстояниях между установками.

а) Земные радиопомехи от далеких источников приходят с различных направлений под низкими углами к горизонту и создают в местах расположения антенн некоррелированные сигналы из-за переотражений и рассеяний на местных предметах.

б) Наличие в обоих приемных пунктах разных радиопомех местного происхождения

Следует отметить, что разнесение приемных установок на расстояния $\gtrsim 300$ м уже обеспечивает надежное выделение местных земных радиопомех, составляющих значительную часть всех наблюдаемых импульсов.

2) Наблюдалась корреляция во времени в обоих пунктах, разнесенных на расстояния от нескольких метров до нескольких тысяч километров, для части импульсов, имеющих следующие характеристики. а) одновременность появления в разнесенных пунктах; б) наличие одного или обоих резких фронтов при продолжительности импульса $\sim 2{,}2$ минуты; в) интенсивность коррелированных импульсов менялась от 3 до $\gtrsim 300$ К. Наибольшее число импульсов и их максимальная температура, достигающая величины $\gtrsim 300$ К, наблюдались в пунктах Васильсурск, Старая Пустынь; г) регулярность в появлении (ежесуточное среднее число всплесков колебалось от 8 до 13), причем наблюдалась семи-восьмичасовая периодичность появления сигналов с максимальной интенсивностью; смещение времени появления сигнала в более ранние часы ото дня ко дню со скоростью четыре—пять часов в месяц.

В более удаленных от Васильсурска пунктах Кара-Даге и п. Верхнетуломский коррелированных всплесков было зарегистрировано на 20—30% меньше, чем в п Старая Пустынь, где всплески по форме были близки к всплескам в Васильсурске. В Душанбе процент несовпадения был еще больше В этих трех пунктах всплески часто сильно отличались по интенсивности, а также и по внешнему виду по сравнению с соответствующими импульсами в Васильсурске. Одновременность появления сигнала в разнесенных на большие расстояния пунктах свидетельствует о том, что коррелированные всплески генерируются на высотах $\gtrsim 300$ км (радиус корреляции для этих всплесков составляет $\gtrsim 2{,}5$ тыс. км). Образцы записей коррелированных по времени появления сигналов в пунктах наблюдений Кара-Даг и Васильсурск (расстояние $L = 1400$ км) для 8 октября 1984 г. приведены на рис. 2.

Для выяснения природы коррелированных всплесков в Старой Пустыни в июле 1985 г. были проведены измерения ширины спектра этих сигналов и исследования углового распределения их излучения с помощью интерферометра в сентябре 1985 г. База интерферометра менялась от 3,5 до 19 м в направлениях север—юг и восток—запад (ориентация отдельных антенн в направлении восток—запад). Для контроля производился также прием излучения на одну антенну Образцы одновременных записей на одну антенну (I) и интерферометр (II) с базой 10 м, направленной с востока на запад, приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что сигнал при записи на интерферометр сильно промодулирован. При увеличении базы до 18,9 м вид картины сохраняется, а колебания интенсивности становятся более частыми. При ширине лепестка диаграммы направленности интерферометра $\lambda/D=1{,}5°$ наблюдается достаточно большая глубина модуляции интенсивности (здесь D — длина базы). Это означает, что угловой размер источника $\lesssim 1{,}5°$.

---

* Связь не совпадающих во времени всплесков с солнечными явлениями подробно не исследовалась, поскольку по методике, использованной в работе, такие всплески рассматривались как помехи. Грозовые разряды рассматривались тоже как помехи

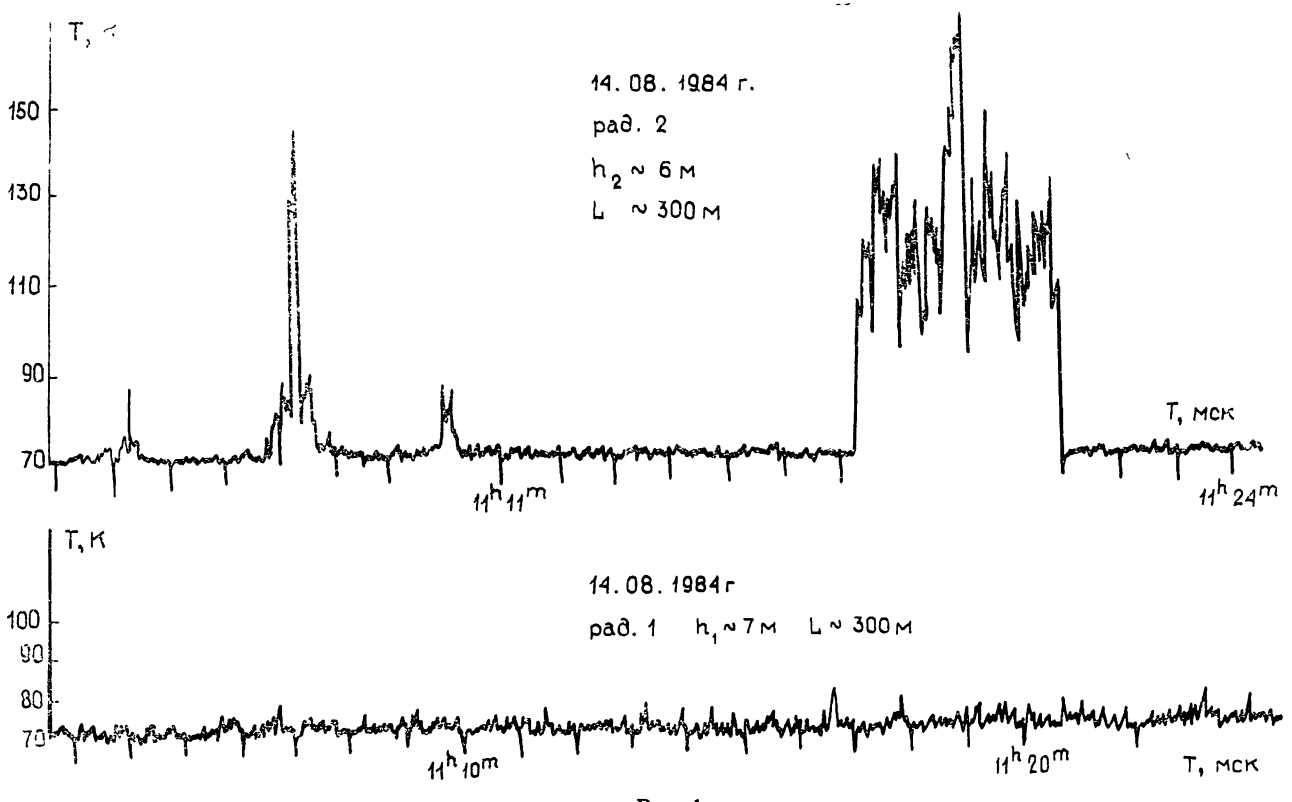
T, К
150
130
110
90
70
14. 08. 1984 г.
рад. 2
$h_2 \sim 6$ м
L ~ 300 м
T, мск
$11^h 11^m$
$11^h 24^m$
T, К
100
90
80
70
14. 08. 1984 г
рад. 1 $h_1 \sim 7$ м L ~ 300 м
$11^h 10^m$
$11^h 20^m$
T, мск

Рис. 1.

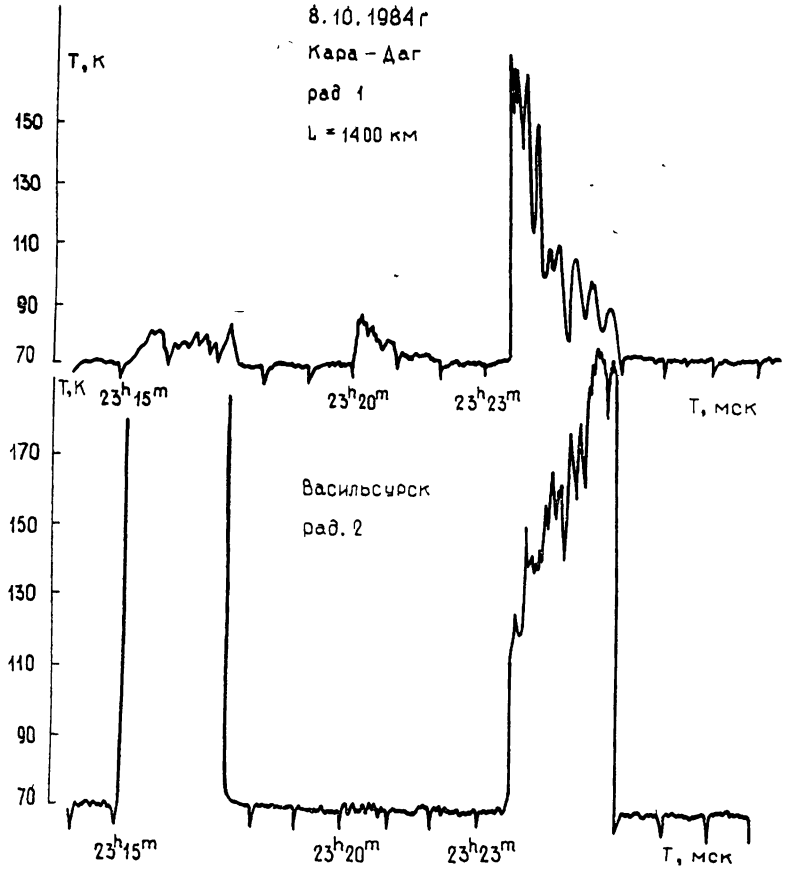
8.10.1984 г
Кара – Даг
рад 1
L = 1400 км
T, K
150
130
110
90
70
T, K
23h15m
23h20m
23h23m
T, мск
Васильсурск
рад. 2
170
150
130
110
90
70
23h15m
23h20m
23h23m
T, мск

Рис. 2.

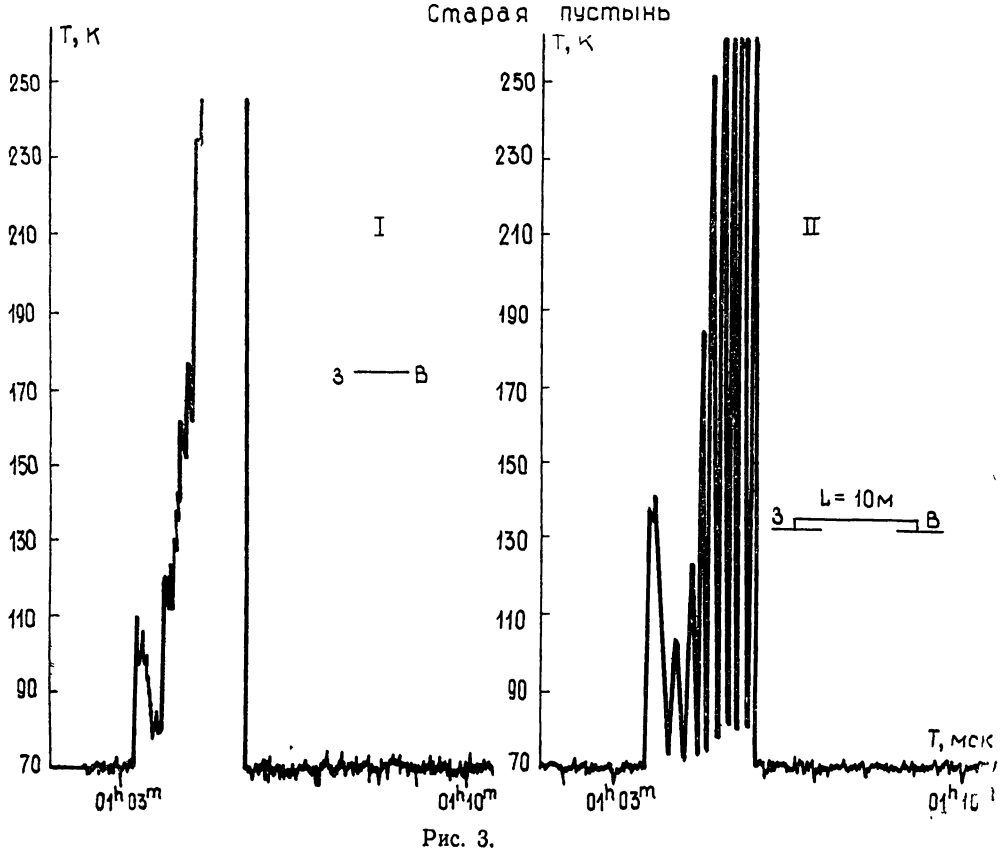
14.09.1985 г
Старая пустынь
T, K
250
230
210
190
170
150
130
110
90
70
I
З — В
01h03m
01h10m
T, K
250
230
210
190
170
150
130
110
90
70
II
L = 10м
З
В
T, мск
01h03m
01h10

Рис. 3.

Экспериментальные исследования показали, что коррелированные всплески имели узкий частотный спектр $\leqslant 15$ МГц с максимальной интентивностью вблизи $f=576$ МГц и что источник радиоизлучения имеет малые угловые размеры ($\leqslant 1{,}5°$) и быстро перемещается в направлении, более близком к меридиану, чем к параллелям. За две минуты источник проходит угловое расстояние 45—50° (число пересекаемых лепестков ~ 30 при ширине лепестка 1,5°).

Таким образом, вся совокупность экспериментальных данных о коррелированных импульсах длительностью $\sim 2{,}2$ минуты приводит к заключению, что они представляют собой, по-видимому, сигналы от искусственных спутников Земли. За весь период наблюдений никаких других коррелированных по времени в двух пунктах всплесков радиоизлучения на частоте 575 МГц не было обнаружено.

Заметим, что за период наших наблюдений по бюллетеню «Солнечные данные» было отмечено 68 солнечных всплесков на частотах $f=536$ МГц и $f=650$ МГц, близких к нашей частоте. При этом нами было зарегистрировано только три всплеска на $f=575$ МГц, которые могут быть отождествлены с солнечными. Для других 65 случаев отклика приемной системы на $f=575$ МГц не было замечено. Это обстоятельство могло быть обусловлено тем, что антенна, имеющая достаточно узкую диаграмму направленности $\sim 60°$, была направлена в зенит, а период наблюдений в основном приходился на равноденственные месяцы, когда зенитный угол Солнца достаточно большой; кроме того, в течение времени наблюдений не было мощных солнечных всплесков.

3) Одновременно с наблюдениями на частоте 575 МГц проводились также наблюдения на 290 МГц в октябре 1982 г. на Кара-Даге и на 375 МГц в ноябре 1984 г. в Васильсурске. Они не показали наличия всплесков, коррелированных с всплесками на частоте $f=575$ МГц. Всплески на этих частотах по всей вероятности также являются радиопомехами. Таким образом, вышеприведенные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что радиовсплески, зарегистрированные в период 1982—85 гг., не имеют геофизического происхождения, а являются либо наземными радиопомехами, либо радиоизлучением, приходящим по всей вероятности от ИСЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Троицкий В. С., Бондарь Л. Н., Стародубцев А. М. и др. — ДАН СССР, 1973, **212**, № 3, с. 607.
2. Троицкий В. С., Бондарь Л. Н., Стародубцев А. М. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1973, **16**, № 3, с. 323.
3. Бондарь Л. Н., Стрежнева К. М., Троицкий В. С. — Астрон. вестник, 1975, **9**, № 4, с. 210.
4. Бондарь Л. Н., Троицкий В. С., Стародубцев А. М. — УФН, 1974, **113**, вып. 4, с. 719.
5. Мусатенко С. И. — Геомагнетизм и аэрономия, 1980, **20**, № 5, с. 884.
6. Мусатенко С. И., Кравченко В. А. — Геомагнетизм и аэрономия, 1979, **19**, № 2, с. 257.
7. Мусатенко С. И. — Астроном. циркуляр № 1140, 1980.
8. Мусатенко С И. — Геомагнетизм и аэрономия, 1980, **20**, № 3, с. 482.
9. Антенны сантиметровых волн. Ч. 2. / Пер. с англ. / Под ред. Я. Н. Фильда. — М.: Сов. радио, 1950.

Научно-исследовательский
радиофизический институт

Поступила в редакцию
26 марта 1987 г.

УДК 517.9:519

ВОСПРИИМЧИВОСТЬ БИФУРКАЦИЙ УДВОЕНИЯ ПЕРИОДА: АНАЛОГ ФЛУКТУАЦИОННО-ДИССИПАТИВНОЙ ТЕОРЕМЫ

А. С. Пиковский

1. Во многих нелинейных диссипативных системах переход к хаосу осуществляется через бифуркации удвоения периода, обладающие замечательными свойствами универсальности [1]. В частности, скейлинг бифуркационных значений параметров и возникающих циклов описывается константами Фейгенбаума $\delta=4{,}669...$ и $\alpha=2{,}5029...$ Через константу α выражаются универсальные характеристики спектра [2, 3], чувствительность к внешнему шуму [4] и др. В работах [5, 6] численно исследовались универсальные свойства внешнего периодического воздействия на переход. В данной работе аналитически находится восприимчивость к внешнему воздействию системы, переходящей к хаосу через удвоения периода, и показывается, что эта восприимчивость просто выражается через спектр возникающих хаотических колебаний.

2. Как известно, удвоения периода адекватно описываются зависящим от одного параметра λ одномерным отображением $x(k+1)=f(\lambda, x(k))$, имеющим квадратичный максимум в точке $x=0$. Пусть при $\lambda=\lambda_n$ устойчивый цикл периода $N=2^n$ проходит