

*А.Н. ОЛЕЙНИКОВ, канд. техн. наук, Ю.В. ЛЫКОВ, канд. техн. наук, А.И. ШКАРЛЕТ,
Р.К. СТАРОДУБОВ*

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТЕОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПО СИГНАЛАМ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Введение

В настоящее время метод радиолокации метеорных следов является одним из наиболее распространенных для исследования метеорных явлений. Этот метод является более информативным, чем другие методы (визуальные, фотографические и т.д.), а получаемая информация может быть полезна при проектировании метеорных систем связи, систем синхронизации времени и частоты, при прогнозировании условий распространения радиоволн и т.д.

Высокие эксплуатационные затраты использования собственных передатчиков метеорных радиолокационных станций привели к созданию радиометеорных комплексов, которые используют в качестве источника зондирующего излучения уже существующие сигналы, например от радиовещательных и телевизионных станций.

В сентябре 2008 г. на Многоцелевом геофизическом комплексе для исследования притока метеорного вещества (Харьковская область, г.Балаклея), являющемся объектом национального достояния Украины, введен в действие метеорный радиолокационный комплекс, использующий в качестве источника зондирующего излучения аналоговые ТВ сигналы. За счет низких эксплуатационных затрат комплекс дает возможность проводить длительные непрерывные радиометеорные наблюдения, а за счет предложенной методики обработки принятых сигналов комплекс позволяет корректно идентифицировать метеорные отражения и получать статистические данные динамики метеорной активности.

1. Описание метеорного комплекса

В состав метеорного комплекса входит антенна, приемник IC-PCR-1000 и ЭВМ. В качестве источника зондирующего сигнала выбран первый телевизионный канал Останкинского телецентра (Россия, г.Москва) [1]. Частота передатчика – 49,75 МГц, мощность – 40 кВт, расстояние до приемного пункта – 710 км. Измерительный комплекс работает круглогодично в непрерывном режиме.

Отражение от метеорного следа можно рассматривать как амплитудную модуляцию зондирующего сигнала медленно меняющимся процессом. Кроме того, сигнал, отраженный от метеорного следа, имеет характерную амплитудно-временную характеристику (АВХ). Идентификация метеорного отражения может осуществляться по характерному виду АВХ принятого сигнала.

В своей структуре телевизионный сигнал имеет строчные гасящие импульсы (СГИ), которые можно рассматривать как детерминированные сигналы. Они соответствуют требованию постоянства амплитуд, а частота их следования, равная 15625 Гц, позволяет получить более тонкую структуру АВХ по сравнению с традиционными метеорными РЛС (например, в комплексе «МАРС» частота следования зондирующих импульсов равна 500 Гц).

В рассматриваемом метеорном комплексе принятый сигнал с выхода приемника оцифровывается и с помощью быстрого преобразования Фурье выделяется первая гармоника частоты следования СГИ. Таким образом, формируется амплитудно-временная характеристики принятого сигнала. Идентификация метеорного отражения осуществляется на основе анализа АВХ принятого сигнала. Характер вариации фазы служит дополнительным критерием идентификации. Такой метод позволяет корректно идентифицировать принятый сигнал как отраженный именно от метеорного следа.

На рис.1 представлен теоретически рассчитанный вид АВХ сигналов, отраженных от метеорного следа, а на рис.2 – экспериментальные АВХ и вариации фазы, полученные с помощью рассматриваемого метеорного комплекса 14.02.2011 с 07:00-07:10.

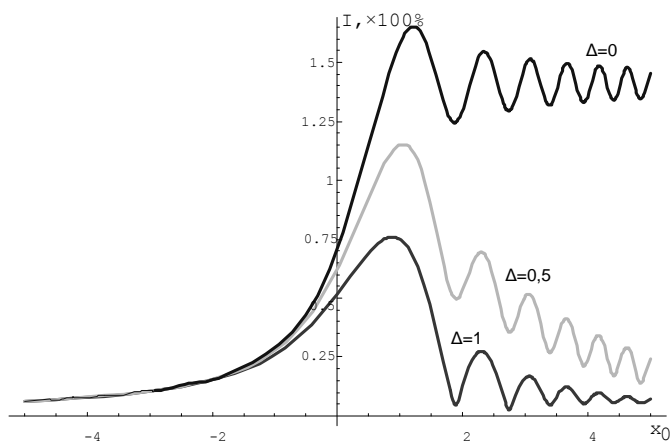


Рис.1. Теоретически рассчитанные АВХ сигналов, отраженных от метеорного следа

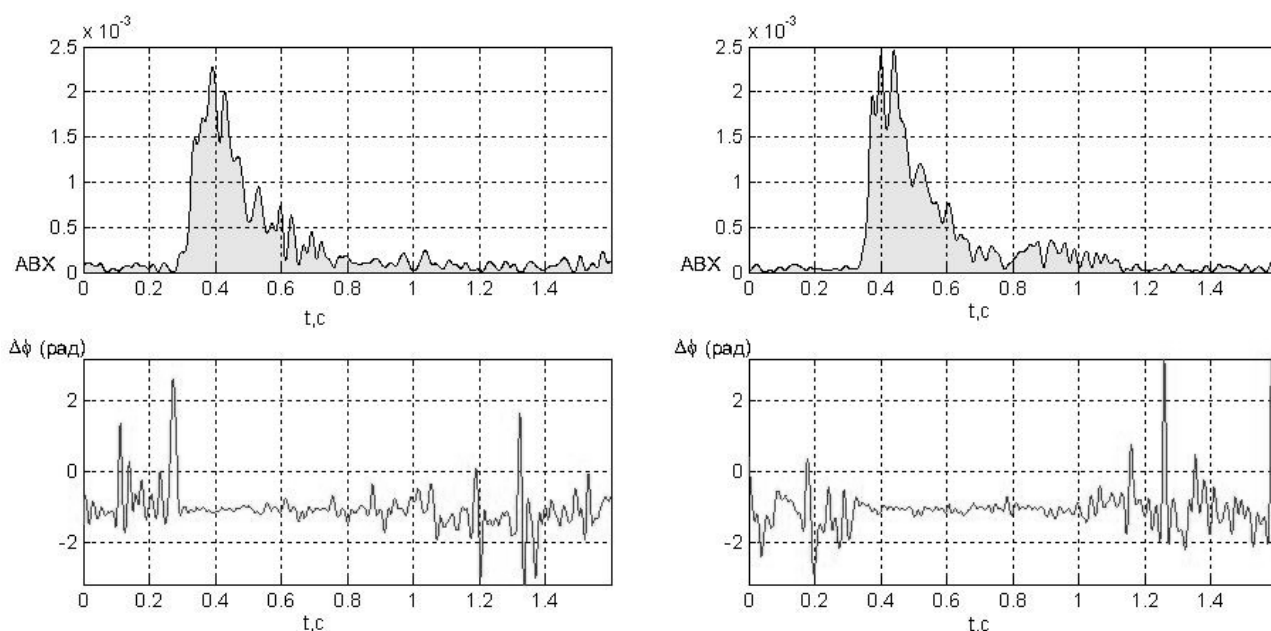


Рис. 2. АВХ и вариации фазы сигналов, полученные в результате эксперимента

Из рис.2. видно, что предложенный метод позволяет получать достоверные АВХ сигналов, отраженных от метеорных следов, и, соответственно, достоверно идентифицировать наличие метеорного отражения.

2. Результаты экспериментальных исследований

Результаты экспериментальных исследований представлены за двухлетний период наблюдений: с 01.01.2010 по 31.12.2011 г. В результате было зафиксировано около 1 млн. метеорных отражений. Определены параметры, которые могут быть использованы при прогнозировании пропускной способности каналов метеорной связи: сезонные вариации численности метеорных отражений, распределение длительностей и уровней отраженных сигналов, суточный ход численности метеорных отражений, коэффициент заполнения метеорного канала связи.

Вариации суточной численности метеорных отражений для каждого года проведенных исследований представлены на рис.3. Ежегодно повторяющееся расположение локальных

максимумов метеорной активности позволяет судить о наличии метеорного потока. Сравнение полученных данных с данными каталога метеорных потоков Международной метеорной организации (International Meteor Organization) [2] показало, что календарные сроки действия определенных потоков соответствуют расположению максимумов экспериментально полученной вариации численности метеорных отражений. Потоки идентифицировались по критерию максимума активности в данный временной период.

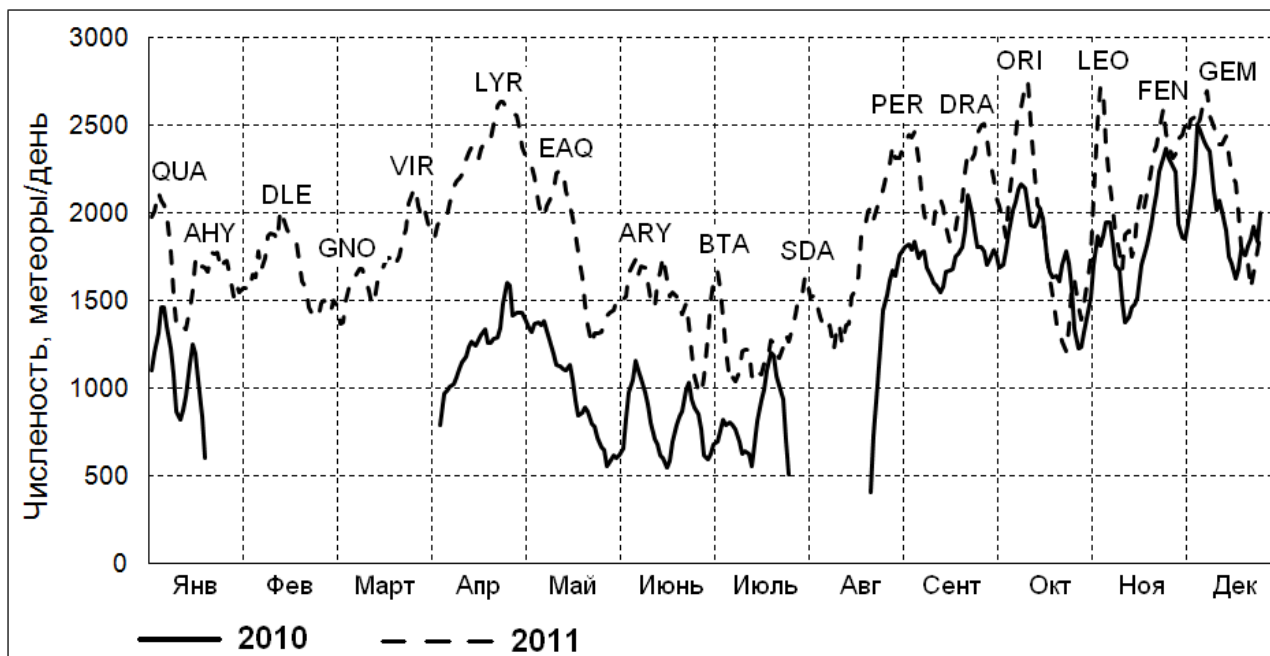


Рис. 3. Вариации численности метеорных отражений с указанием выявленных метеорных потоков

На рис.3 приняты следующие обозначения метеорных потоков: QUA — Квадрантиды; ANY — альфа-Гидриды; DLE — дельта-Леониды; GNO — гамма-Нормиды; VIR — Виргиниды; LYR — Лириды; EAQ — эта-Аквариды; ARY — Ариетиды; BTA — бета-Тауриды; SDA — южные дельта-Аквариды; PER — Персеиды; DRA — Дракониды; ORI — Ориониды; LEO — Леониды; FEN — Фенициды; GEM — Гемениды.

Важными параметрами метеорных отражений являются длительность и уровень отраженного сигнала, так как от них зависят параметры метеорного канала связи, такие как длительность сеанса связи. На рис.4 представлена гистограмма распределения количества метеорных отражений по длительности, а на рис.5 — гистограмма распределения количества метеорных отражений по уровню сигнала на выходе приемника.

На рис.6 представлен график сезонных вариаций среднесуточной численности метеорных отражений, усредненных за 2010 и 2011 гг. Для периодов времени, в которых отсутствовали данные (2010 г.), усреднение проводилось со средней численностью метеорных отражений за весь год. Кроме того, при усреднении было применено сглаживание скользящим средним с размером окна 5 дней.

В работе рассчитан коэффициент заполнения метеорного канала связи, равный сумме длительности всех метеорных отражений за сутки к длительности суток. Установлено, что график вариации коэффициента заполнения имеет вид, схожий с суточной вариацией метеорных отражений, поэтому на рис.6 для наглядности введена дополнительная ось ординат, на которой отложен коэффициент заполнения метеорного канала связи.

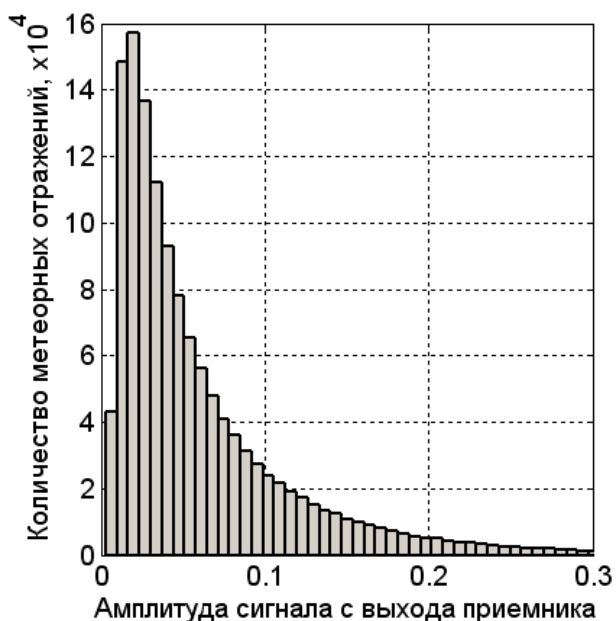


Рис. 4. Распределение метеорных отражений по амплитуде отраженного сигнала

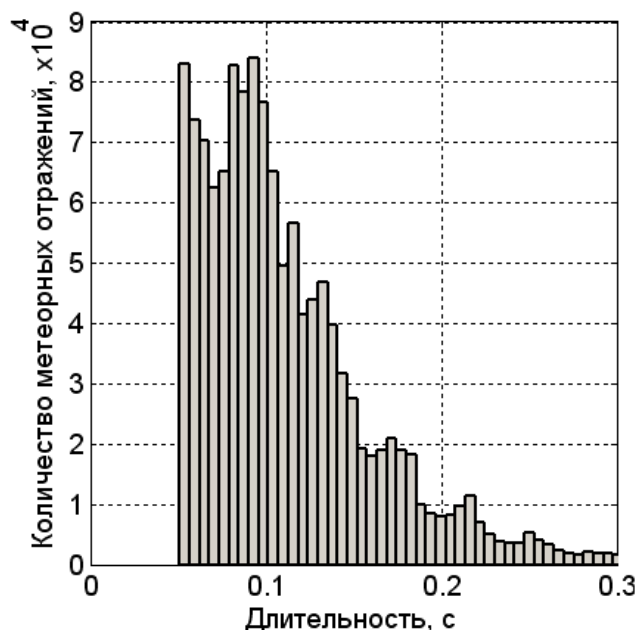


Рис. 5. Распределение метеорных отражений по длительности

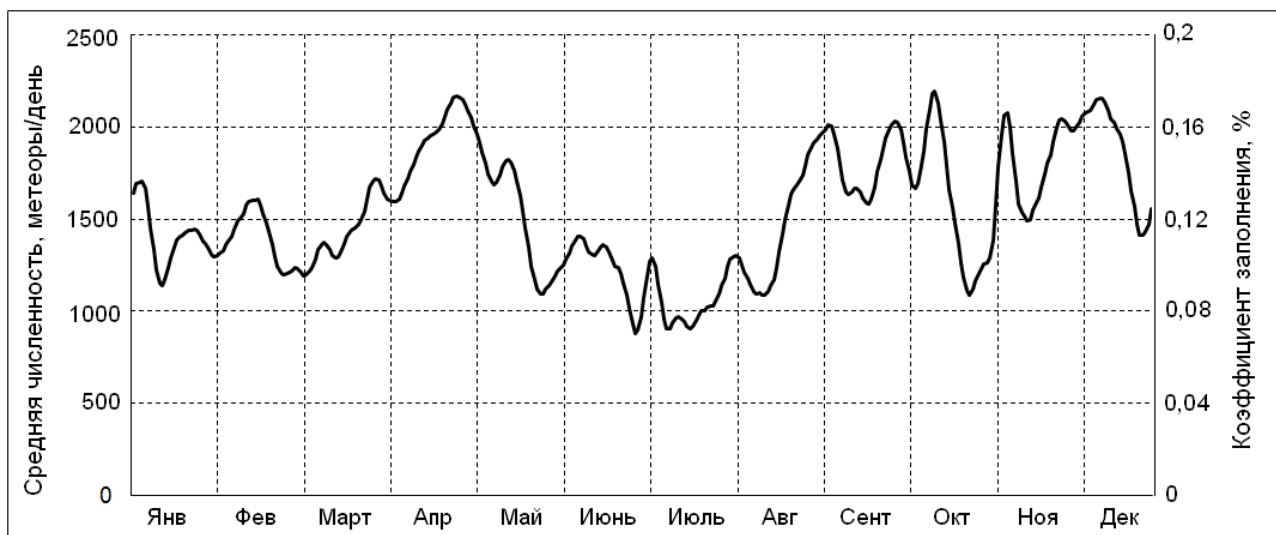


Рис.6. Усредненная суточная численность метеорных отражений.
Коэффициент заполнения метеорного канала связи

Анализ результатов экспериментальных исследований позволил получить следующие статистические данные, характеризующие метеорную активность: среднее количество метеорных отражений в сутки – 1488; среднее количество метеорных отражений в час – 62; средняя длительность метеорного отражения – 0,11 с. Средний коэффициент заполнения метеорного канала связи – 0,12%.

15 февраля 2013 г. в г. Челябинске (Россия) в 9:20 по местному времени (UTC+6) произошло падение крупного метеорита. Зарегистрировать этот метеорит харьковская станция не могла из-за значительного расстояния от места расположения станции до места падения метеорита (расстояние Харьков – Челябинск составляет около 2600 км). Заметного повышения метеорной активности не наблюдалось.

Выводы

Приведены результаты экспериментальных исследований метеорной активности за 2010 – 2011 гг. измерительным комплексом, использующим в качестве источника зондирующего излучения аналоговые ТВ сигналы. Выявлены метеорные потоки, которые совпадают по срокам с календарем метеорных потоков Международной метеорной организации ИМО. Анализ полученной информации позволил получить статистические данные, характеризующие метеорную активность.

Список литературы: 1. *Олейников А.Н., Лыков Ю.В., Кукуш В.Д.* Повышение эффективности разнесенной системы радиолокации метеорных следов // Радиотехника : Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2009. – №157. – С. 5-12. 2. *Каталог метеорных потоков ИМО.* – Режим доступа к ресурсу: www.imo.net.

*Харьковский национальный
университет радиоэлектроники*

Поступила в редколлегию 11.02.2013