

ПОРТАТИВНАЯ РЛС S-ДИАПАЗОНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДКОВ И ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМ

Юдин С.В., Олейников В.Н., Евсеев Д.Б., Соляник О.А., Татарец Л.П.,

Нестеренко Г.В., Литвин-Попович А.И., Иванова Е.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, Харьков, пр. Ленина, 14, кафедра РЭС, 8(057)702-15-87, e-mail: udin@ukr.net

Portable S-band radar was designed at the Kharkov National University of Radio Electronics to monitor the vertical structure of precipitation and cloud systems. Built radar is small size, high reliability and low cost. It allows for long, self-monitoring rainfall. S-band is the most widely used in weather radar.

Облачные системы играют существенную роль в формировании погодных условий на Земле. Для выяснения параметров термодинамических процессов при выпадении осадков необходима разработка глобальной модели структуры конвективных облачных систем. Несмотря на то, что данные спутников дают полезную информацию о горизонтальном распределении облаков, они не в состоянии обеспечить детальную информацию о вертикальной структуре облачности. В настоящее время проводятся несколько международных программ, непосредственно посвященных проблеме изучения вертикальной структуры облачных систем.

В течение последнего десятилетия РЛС вертикального зондирования (РЛС ВЗ) стали признанным инструментом метеорологических исследований. Они работают в более длинноволновом диапазоне, чем погодные РЛС. Это обусловлено тем, что при работе по ясному небу основным механизмом рассеяния является Брэгговское рассеяние от неоднородностей показателя преломления, образованными атмосферной турбулентностью.

Несмотря на то, что основным применением РЛС ВЗ является измерение скорости ветра, в последнее время все чаще они используются и для исследования мелкомасштабных характеристик облачных систем и процесса образования осадков. РЛС ВЗ позволяют получать непрерывную картину развития процесса выпадения осадков в вертикальном направлении вплоть до нескольких сотен метров от поверхности.

Разработанные в ХНУРЭ РЛС ВЗ [1,2] диапазонов 0,4 ГГц и 1 ГГц имеют ограниченную чувствительность к отражениям от гидрометеоров на больших высотах. Портативная РЛС S-диапазона (или диапазон 3 ГГц) разрабатывалась для увеличения высотного диапазона изучения облачных систем. Она позволяет проводить непрерывные наблюдения с высоким временным и пространственным разрешением. S-диапазон является наиболее широко используемым в погодных РЛС.

Выбранная рабочая частота обеспечивает существенное увеличение чувствительности по сравнению с другими традиционно используемыми в метеорологии диапазонами частот миллиметрового диапазона (33 и 94 ГГц). С помощью РЛС S-диапазона можно лучше наблюдать процесс выпадения осадков и структуру конвективных облачных систем, но границы и толщина облаков просматриваются менее четко чем на РЛС миллиметрового диапазона.

Разработанная РЛС S-диапазона является станцией вертикального зондирования, обладает высокой чувствительностью для обнаружения осадков на стадии их образования.

Оборудование РЛС имеет небольшие размеры и может, при необходимости, быть развернуто в удаленном пункте наблюдения. Стоимость проведения наблюдений относительно мала. РЛС позволяет получать вертикальные профили облачных систем с высоким разрешением: временное разрешение составляет 3 с, разрешение по высоте 60 м. Результаты зондирования дают непрерывную картину распределения облачности, обладают большой наглядностью, существенной для синоптического анализа, и в значительной мере помогают более правильно осмыслить данные метеорологических наблюдений.

При разработке антенны РЛС кроме требований по обеспечению необходимого усиления предъявляются весьма жесткие требования по уровню боковых лепестков диаграммы направленности (ДН) антенны расположенных под малыми углами места. Наличие боковых лепестков приводит к появлению помех за счет сигналов отраженных от наземных предметов: зданий, мачт, деревьев и т.д.

В РЛС используется две прямофокусные параболические антенны диаметром 1.8 м, используемые соответственно для излучения и приема. Отношение длины фокусного расстояния к диаметру антенны составляет около 0.42. Такое соотношение позволяет получить оптимальное усиление антенны при использовании облучателя в виде открытого конца круглого волновода. Облучатель антенны возбуждается двумя ортогональными штырями, что позволяет проводить оценку поляризационной структуры принятого сигнала. Ширина диаграммы направленности антенны на уровне -3 дБ составляет 4° .

Конструктивно отражающая поверхность антенны выполнена из 16 радиальных секторов. Стабильность формы профиля параболы обеспечивается жесткостью несущего каркаса. Апертура антенны окружена конической блендой высотой один метр. В плане бленда имеет форму восьмигранника. Кромка бленды снабжена радиочастотным поглотителем выполненным из углепластикового волокна. Бленда позволяет перераспределить боковые лепестки ДН антенны в пространстве, минимизировав их уровень для малых углов места.

Передающее устройство РЛС представляет функционально законченный модуль и выполнено на базе магнетрона. Передающее устройство имеет небольшие геометрические размеры и устанавливается в фокальной точке передающей антенны, что позволяет устранить дополнительные потери.

Радиоприёмное устройство реализовано по схеме супергетеродина с двойным преобразованием частоты. Конструктивно приёмник состоит из конвертора, устанавливаемого вместе с облучателем в фокусе приёмной антенны и тракта промежуточной частоты. В состав конвертора входит малошумящий усилитель (МШУ), фильтр зеркального канала, балансный смеситель, синтезатор частоты, фильтр промежуточной частоты и предварительный усилитель ПЧ. Далее через кабель снижения сигнал поступает в тракт промежуточной частоты. Питание конвертора осуществляется через кабель снижения с использованием инжектора. Для реализации фильтра зеркального канала приёмника использован фильтр в микрополосковом исполнении на пяти четвертьволновых резонаторах по схеме включения "встречных стержней", подавление зеркального канала не менее 35дБ. Тракт ПЧ включает фильтр ПАВ, логарифмический усилитель с динамическим диапазоном 80 дБ.

С выхода приемного устройства сигнал подается на 14-битное устройство аналого-во-цифрового преобразования с частотой дискретизации 10 МГц. Полученные временные последовательности подвергаются некогерентному накоплению, после чего записываются на жесткий диск. В реальном масштабе времени, на основании получаемых данных, на мониторе отображаются высотно-временные зависимости амплитуды отраженного сигнала представленные цветовой кодировкой. Предусмотрена возможность автоматического сохранения визуализированных результатов зондирования в файлы графического формата.

Параметры РЛС приведены в таблице:

Рабочая частота	S диапазон
Импульсная мощность	0,5 кВт
Длительность зондирующего импульса	0,4 мкс.
Период следования импульсов	300 мкс.
Диаметр приемной и передающей антенн	1,8 м
Разрешение по высоте	60 м
Высотный диапазон зондирования:	
работа по атмосферным неоднородностям	до 2 км
работа по гидрометеорам	до 16 км

Сравним результаты радиолокационного наблюдения процесса выпадения осадков, полученные на РЛС ВЗ ХНУРЭ диапазонов 0,4 ГГц и 1 ГГц (частоты 490 МГц и 912 МГц) ,рис.1, и на РЛС S-диапазона, рис. 2,3. Результаты зондирования отображены в виде высотно-временных зависимостей уровня рассеянных сигналов. Интенсивность сигнала отображается модуляцией плотности изображения.

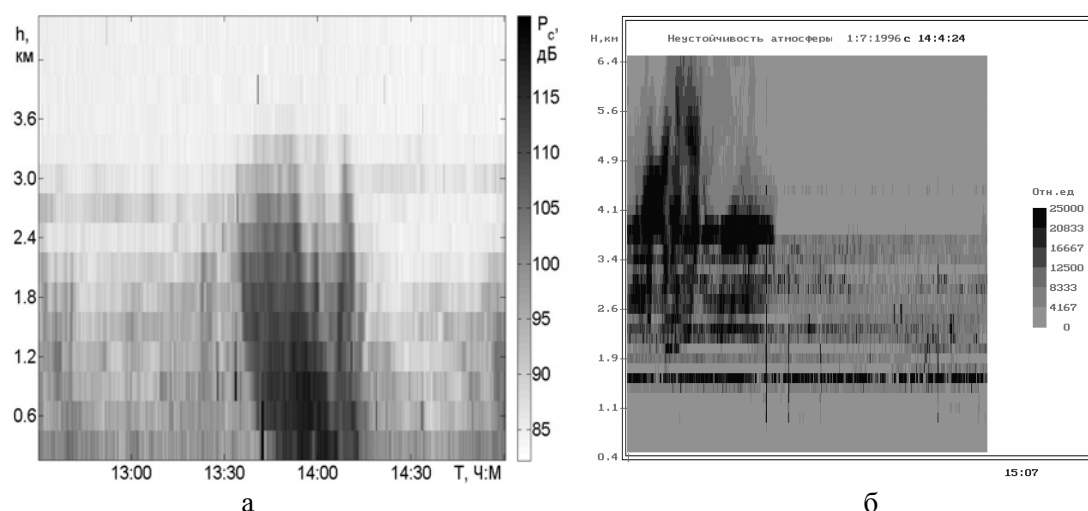


Рис. 1. Высотно-временное поле рассеянного сигнала при радиолокационных наблюдениях выпадения осадков, полученные на РЛС ВЗ: а – на частоте зондирующего сигнала – 490 МГц., б – на частоте зондирующего сигнала – 912 МГц

Результаты зондирования представленные на рис. 1 имеют недостаточную пространственно-временную детализацию, кроме этого имеются проблемы с подавлением боковых лепестков.

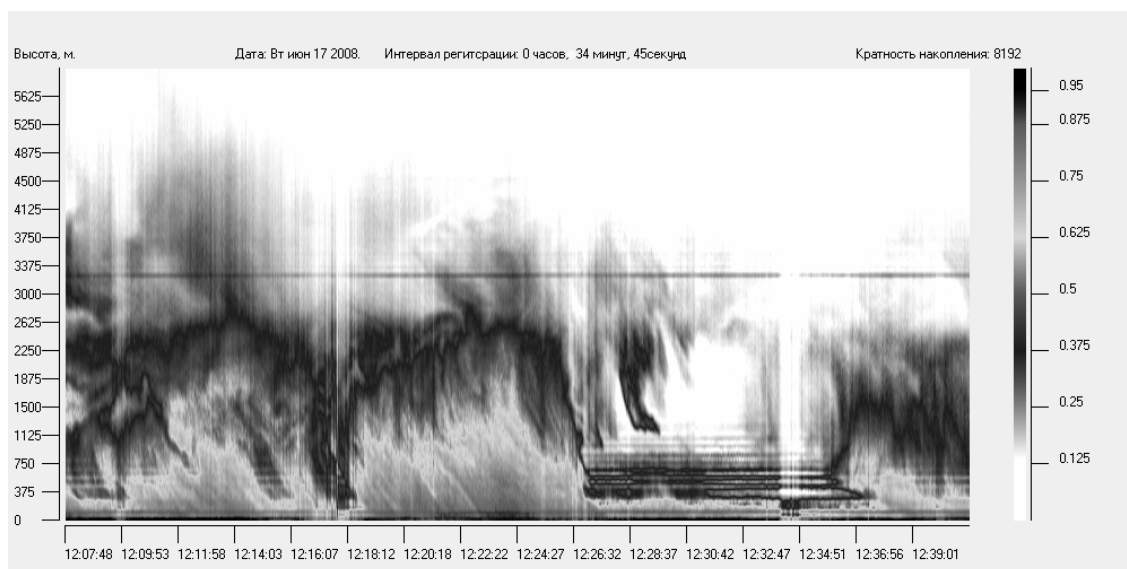


Рис. 2. Высотно-временное поле рассеянного сигнала при радиолокационных наблюдениях выпадения осадков, полученные на РЛС ВЗ S-диапазона

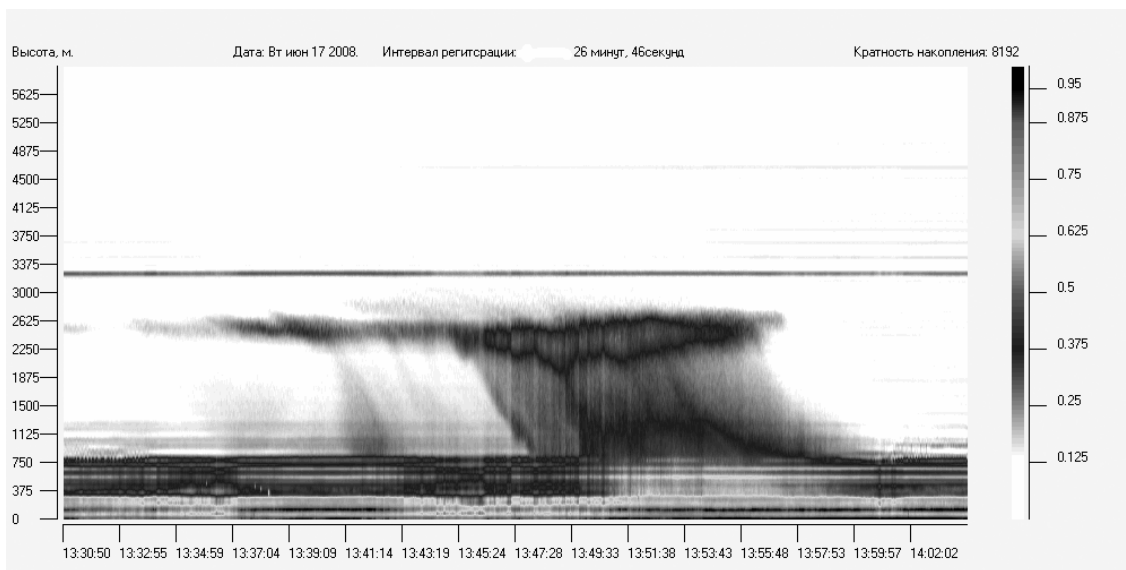


Рис. 3. Высотно-временное поле рассеянного сигнала при радиолокационных наблюдениях выпадения осадков, полученные на РЛС ВЗ S-диапазона

Результаты приведенные на рис. 2, 3 показывают, что ввиду существенной частотной зависимости мощности сигнала при Рэлеевском механизме рассеяния, процессы формирования и выпадения осадков просматриваются значительно более детально на разработанной РЛС S-диапазона. Портативная РЛС S-диапазона обладает существенными преимуществами по сравнению с РЛС ВЗ при исследовании структуры облачности и осадков.

Вид выпадающих осадков (дождь, снег) обнаруживается по скорости падения, более детальная информация может быть получена при использовании поляризационных и доплеровских методов обработки результатов наблюдений.

Литература

1. Олейников В.Н., Соляник О.А., Карабанов А.Г. Низкопотенциальная атмосферная РЛС вертикального зондирования // Радиотехника. Всеукр. межвед. науч. техн. сб. 1998. Вып.107. С. 24-27.
2. Кашеев Б.Л., Олейников В.Н., Слипченко Н.И. и др. Радиолокационный ветровой профилометр «Харків» // Радиотехника. Всеукр. межвед. науч. техн. сб. 2001. Вып. 120. С. 42-49.