

Пример наблюдения мезоциклона метеорологическим многопараметрическим радиолокатором

В.Ю.Жуков, Г.Г.Щукин

Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, 197198, Санкт-Петербург, Ждановская, 13, e-mail: vuzhukov2002@list.ru

Рассматривается случай наблюдения отечественным радиолокатором ДМРЛ-С, установленным в г. Валдай Новгородской обл., мезоциклона. Приводятся карты различных оцениваемых радиолокатором параметров. Показывается, как одновременный учет всех получаемых данных приводит к качественным изменениям выходной информации.

В течение почти семи лет в России строится новая сеть штормооповещения. Для этого используется отечественный радиолокатор ДМРЛ-С. Все это время он выпускается в максимальной комплектации, позволяющей оценивать не только мощность отраженного метеоцелями сигнала, но еще пять его параметров [1]:

- среднее значение частоты энергетического спектра;
- дисперсию распределения частот спектра;
- дифференциальную отражаемость;
- дифференциальную фазу;
- модуль коэффициента взаимной корреляции поляризационных составляющих.

Перечисленный арсенал возможностей позволяет радиолокатору получать множество дополнительной информации о наблюдаемой цели: определять агрегатное состояние частиц; разделять цели на метеорологические и имеющие другое происхождение; обнаруживать микрошквалы и т.п. Однако система вторичной обработки ДМРЛ-С ограничивается распечаткой карт всех указанных параметров. Построение же карт метеорологических явлений до сих пор строится по данным только одного из них – мощности отражений или рассчитываемой с ее помощью радиолокационной отражаемости цели. То есть фактически обработка остается на уровне некогерентного радиолокатора МРЛ-5 [2].

В результате полный объем получаемой современным многопараметрическим радиолокатором информации оказывается доступным только специалистам, способным проанализировать весь комплекс выдаваемых карт и объединить разрозненные данные с целью достижения их нового качества [3] Примером такого обобщения информации может служить случай наблюдения мезоциклона радиолокатором ДМРЛ-С, установленном в г. Валдай Новгородской области, 27 июня 2013 года.

По карте радиолокационной отражаемости (рисунок 1) можно определить, что объект наблюдения – протяженный облачный массив, характеризующийся большими значениями (до 65 дБ) отражаемости и высотой верхней границы до 15 км. На приведенном на том же рисунке вертикальном разрезе массива хорошо видны две грозовые ячейки в разных стадиях развития. Такие массивы – большая редкость для указанного региона, но ничего более из рассмотрения данной карты сказать нельзя.

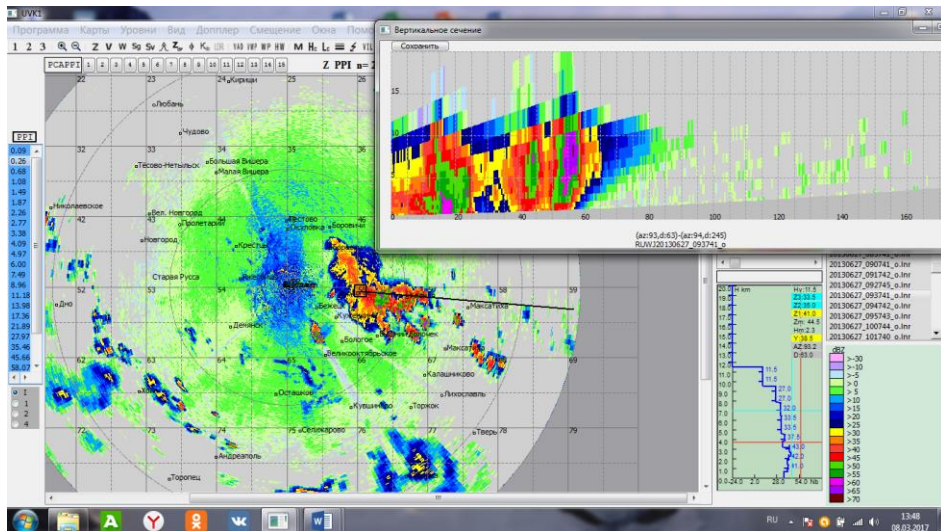


Рис. 1. Карта радиолокационной отражаемости (горизонтальный разрез), полученная в 9 часов 37 минут

Более интересной оказалась карта дифференциальной отражаемости (рисунок 2). На ней отчетливо зона отрицательных значений данного параметра, расположенная под азимутом 50° на дальностях от 25 до 60 км.

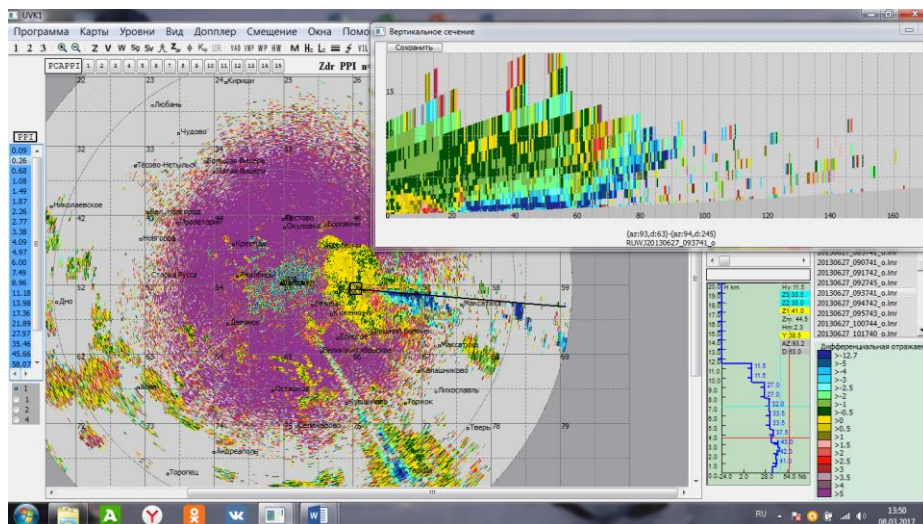


Рис. 2. Карта дифференциальной отражаемости (конический разрез под углом места $0,26^\circ$), полученная в 9 часов 37 минут

Гидрометеоры создают отражения с нулевой или положительной (до 5 дБ) дифференциальной отражаемостью. Отрицательные же ее значения характерны для местных предметов. Но на таких дальностях и на таких высотах наблюдать их практически невозможно. Следовательно, мы имеем дело с еще более редким явлением - деполаризационным ослаблением. Смысл его состоит в том, что радиоэлектронная волна, встречая на своем пути осадки большой интенсивности, состоящие из очень крупных капель, ослабляется в них настолько сильно и настолько по-разному в горизонтальной и вертикальной плоскостях поляризации, что прошедшие дальше поляризационные составляющие имеют различную мощность. Поскольку крупные капли ориентированы горизонтально, то именно горизонтальная составляющая испытывает большее ослабление. В результате расположенные за интенсивными осадками гидрометеоры независимо от их ориентации в пространстве создают

отражения с преобладающим значением мощности вертикальной поляризационной составляющей, т.е с отрицательной дифференциальной отражаемостью. На существование именно таких осадков указывает зона повышенной радиолокационной отражаемости (60-65 дБ) на карте рисунка 1.

Дальнейшие «открытия» были сделаны при изучении карт радиальных скоростей частиц (рисунок 3).

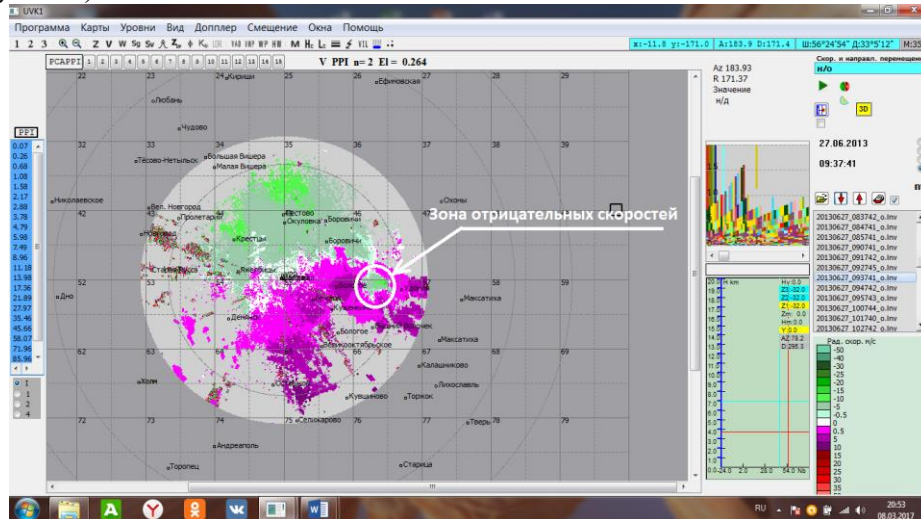


Рис. 3. Карта радиальных скоростей частиц (конический разрез под углом места 0,26°), полученная в 9 часов 37 минут

Из рисунка 3 видно, что ветер на захватываемых антенным лучом высотах постоянен и имеет направление юго-юго-восток. Однако внутри наблюдаемого массива, расположенного в той части карты, где ветер направлен в сторону радиолокатора, отчетливо видна зона отрицательных скоростей. Со временем она перемещается, что исключает вариант ее возникновения по орографическим причинам. Интерес представляют вертикальные разрезы этой области в различное время ее существования.

Зародилась она около 8 часов 37 минут, когда впервые появилась на радиолокационных картах (рис.4). Вертикальный разрез этой области показал наличие у поверхности обширной зоны со средней радиальной скоростью частиц -2 м/с, тогда как вокруг частицы движутся со скоростью +2 м/с. Если бы это было вихревое движение, то рядом следовало бы ожидать появление области с повышенной положительной скоростью. Однако такового не наблюдается. Остается констатировать, что мы имеем дело с восходящим воздушным потоком, в который затягиваются находящиеся в данной зоне частицы. При этом поток должен быть расположен там, где отрицательные скорости сменяются на положительные, т.е. на расстоянии 10-12 км от начала вертикального разреза.

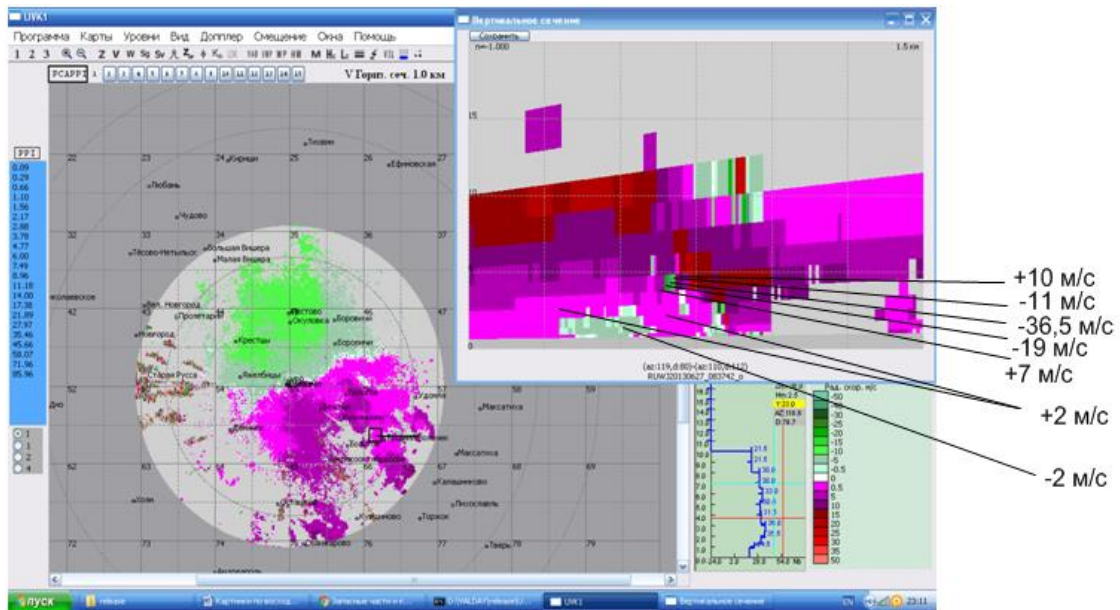


Рис. 4. Карта радиальных скоростей частиц, полученная в 8 часов 37 минут

Предположение о восходящем потоке подтверждается картой модуля коэффициента корреляции поляризационных составляющих сигнала (рисунок 5). Хорошо просматриваемая на ней в виде полосы пониженных значений параметра на высоте 3 км зона таяния, на указанной дальности имеет разрыв. Следовательно, таяния частиц на этом участке не происходит, что возможно только в случае движения их вверх.

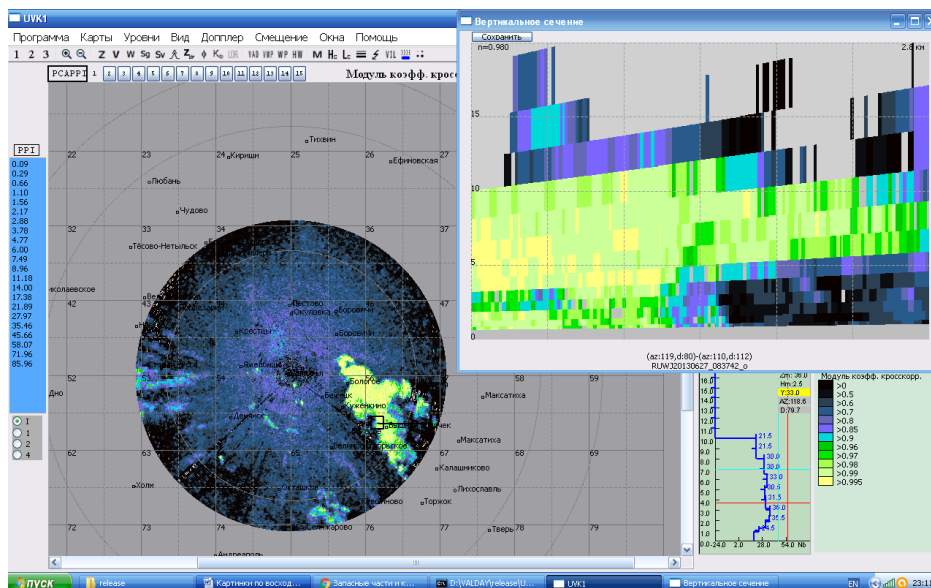


Рис. 5. Карта модуля коэффициента корреляции поляризационных составляющих, полученная в 8 часов 37 минут

Одновременно карта дифференциальной отражаемости (рисунок 6) подтверждает отсутствие здесь интенсивного выпадения осадков в виде тающих градин ввиду малого значения параметра 1 -2 дБ. В то же время указанные осадки фиксируются позади рассматриваемой зоны, где он достигает величины 5 дБ.

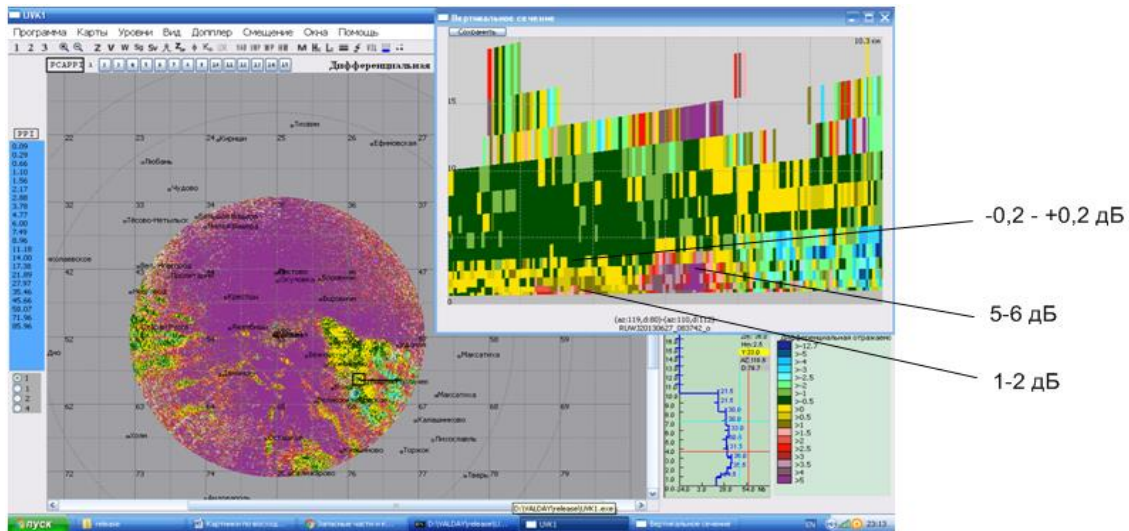


Рис. 6. Карта дифференциальной отражаемости, полученная в 8 часов 37 минут

Получаемые карты различных параметров хорошо согласуются с теоретическими данными [4], приведенными на рисунке 7

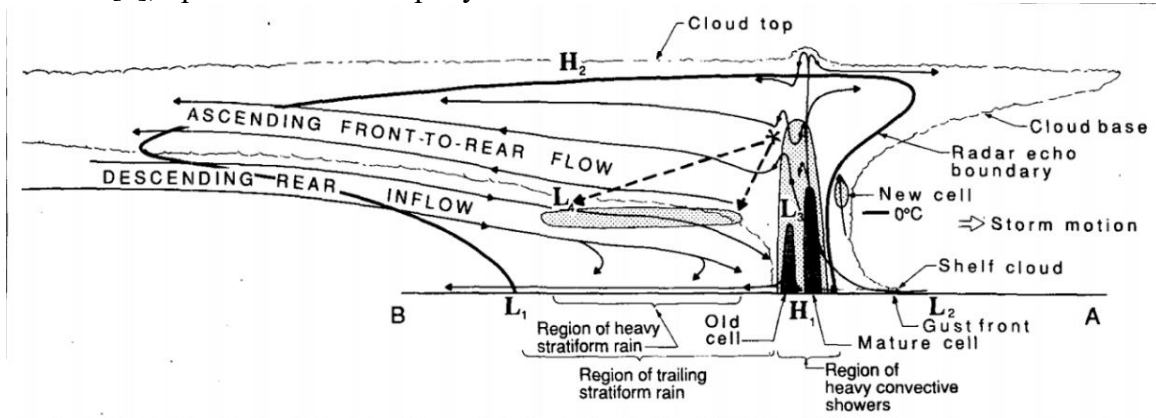


Рис. 7. Структурная схема мезоциклона

Согласно данной схеме в заднем фронте мезоциклона должны существовать интенсивные восходящий и нисходящий потоки. Именно их мы и наблюдаем на рис. 4, где на высоте 4-5 км виден участок с резкими изменениями радиальных скоростей. Их большие значения вызваны, очевидно, интенсивным вращением этих потоков.

В подобных ситуациях возможно появление смерчей. Более подробное рассмотрение полученных карт привело к обнаружению в пограничном слое атмосферы зоны с резким перепадом значений средней радиальной скорости частиц, выделенной на рисунке 8. Такое поведение параметра характерно для смерча. Однако найти подтверждение этому в информации от наземных метеостанций не удалось.

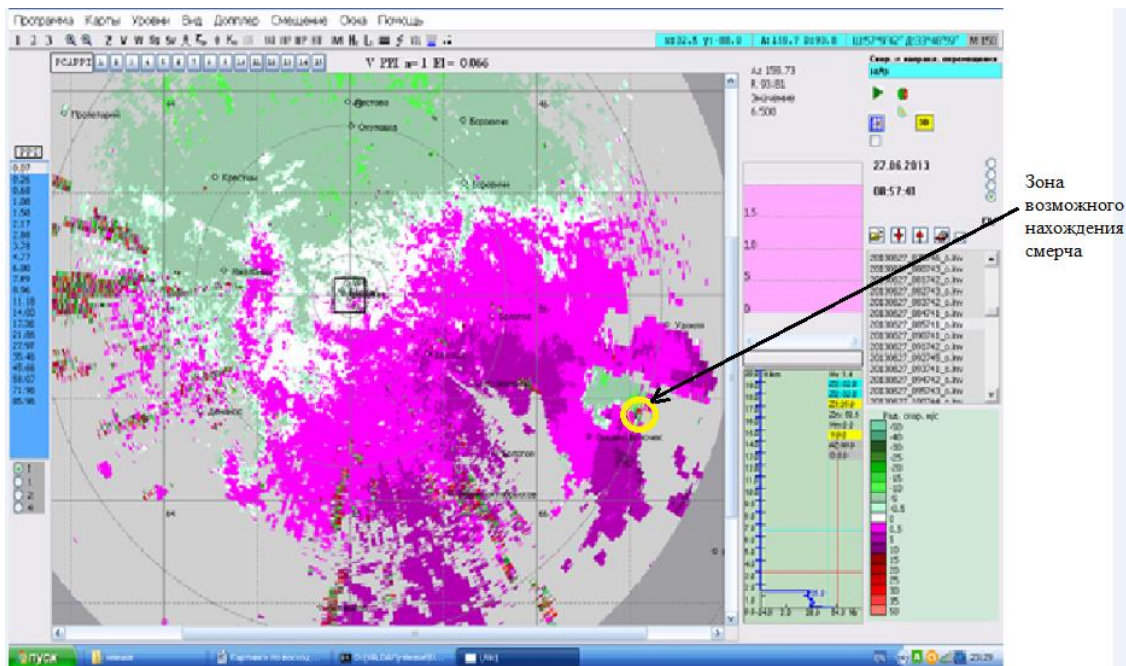


Рис. 8. Карта средних значений спектра радиальных скоростей частиц с выделенной зоной возможного существования смерча

Приведенный пример иллюстрирует, какие возможности содержит в себе использование всей информации, поставляемой когерентным и поляриметрическим радиолокатором, а именно отечественным метеорологическим радиолокатором ДМРЛ-С. Они во много раз превосходят те, что имели некогерентные радары. Поэтому внедрение методов комплексной обработки всех получаемых радиолокатором данных является актуальной насущной задачей.

Литература

1. Доплеровский метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С. Руководство по эксплуатации. М.: ЛЭМЗ, 2011.
2. Руководящий документ РД 52.04.320-91. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. СПб, Гидрометеиздат, 1993, 357 с.
3. В.Ю.Жуков, Г.Г.Щукин. Состояние и перспективы сети доплеровских метеорологических радиолокаторов. Метеорология и гидрология, 2014, №2, с.92-100.
4. Doviak, R. J., and D. S. Znic, 2006: Doppler radar and weather observations. Dover Publications Inc., Mineola, New York, 562 pp.