

Л.И. Дивинский, А.Д. Кузнецов, М.М. Латонин, О.С. Сероухова

ВЕРИФИКАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОСАДКОВ ДОПЛЕРОВСКИМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ РАДИОЛОКАТОРОМ

L.I. Divinsky, A.D. Kuznetsov, M.M. Latonin, O.S. Serouhova

VERIFICATION OF PRECIPITATION DETECTION BY THE DOPPLER WEATHER RADAR

В статье представлены результаты верификации обнаружения осадков по данным доплеровского метеорологического радиолокатора (ДМРЛ), на основе которых сделаны качественные и количественные выводы.

Ключевые слова: ДМРЛ, метеостанция, осадки, верификация, облачность.

This article presents the results of verification of precipitation detection according to the data from Doppler Weather Radar. Based on these results qualitative and quantitative conclusions are made.

Key words: Doppler weather radar, meteorological station, precipitation, verification, clouds.

Обнаружение атмосферных осадков и оценка их интенсивности радиолокационными методами имеет свои специфические особенности, которые не всегда приводят к правильным результатам [1–4]. Поэтому практическое применение данных дистанционного зондирования и в том числе информации об атмосферных осадках, полученных с помощью доплеровских метеорологических радиолокаторов (ДМРЛ), требует их сопоставления (верификации) с традиционными контактными методами измерений. В данной статье для проведения верификации обнаружения осадков с помощью доплеровского локатора было проведено сопоставление радиолокационной информации с данными наземных метеорологических станций, находящихся в зоне обзора ДМРЛ. При этом радиолокационные данные были представлены информацией, полученной на ДМРЛ (Санкт-Петербург, аэропорт Пулково), оснащенной системой «Метеоячейка». Анализировалась информация за четыре месяца 2012 г.: май, июнь, июль и август. Для сопоставления с радиолокационной информацией были использованы данные наблюдений на трёх наземных метеорологических станциях Ленинградской области. Характеристики этих станций представлены в табл. 1.

При сопоставлении радиолокационной и наземной информации использовались следующие правила:

- данные наземных метеорологических станций считались эталонными;
- осадки считались обнаруженными ДМРЛ, если они подтверждались данными визуальных наблюдений на наземных метеорологических станциях;
- при этом максимальное расстояние между осадками, обнаруженными ДМРЛ и реперной метеостанцией, не превышало 12–16 км;

- время регистрации осадков на метеостанции не отличалось от срока радиолокационного наблюдения более чем на 60 мин;
- морозящие осадки не учитывались ввиду того, что они выпадают из очень низкой облачности и нередко связаны с туманом, что не обнаруживается локатором.

Таблица 1

Характеристики метеостанций

Местонахождение метеостанции	Кингисепп	Выборг	Николаевское
Географические координаты	N = 59° 20' 58" E = 28° 33' 20"	N = 60° 03' 48" E = 28° 42' 22"	N = 58° 33' 24" E = 29° 50' 12"
Удаление станции от Пулково, км	104	130	139
Направление станции от Пулково	Запад	Северо-Запад	Юг
Расстояние до ближайшего водоёма, км	1,1	0,4	0,5
Высота над уровнем моря, м	27	28	26

Всего было рассмотрено 2952 срока совместных наблюдений.

В процессе анализа совместно использовались аналитический и графический методы. Для этого на графике строились две кривые: сплошная линия, которая соответствует данным ДМРЛ, и пунктирная линия, которая соответствовала данным наземной метеостанции. По оси абсцисс откладывались порядковые номера сроков, по оси ординат — сведения об осадках. При этом следует подчеркнуть, что градации оси ординат носят условный характер. Нулевой уровень по оси ординат одинаков для обеих кривых и соответствует тем случаям, когда осадков не наблюдалось как наземной метеостанцией, так и ДМРЛ. Значение ординаты $-0,5$ показывает, что для этого срока отсутствовали данные по ДМРЛ, значение ординаты -1 соответственно показывает отсутствие данных на наземной метеостанции. Уровни $0,5$ и 1 относятся к случаям регистрации осадков по ДМРЛ и на метеостанции соответственно.

В качестве примера взяты «хороший» результат верификации (рис. 1, метеостанция «Выборг») и «плохой» (рис. 2, метеостанция «Николаевское»).

Проанализируем результаты верификации данных ДМРЛ и наземной метеорологической станции Выборг в мае 2012 г.

16 мая в срок 18:00 на станции отмечен ливневый дождь в прошедший час, по ДМРЛ также в прошедший час отмечался ливень слабый. На графике рис. 1 этот случай соответствует совпадению радиолокационных и наземных наблюдений. В срок 21:00 на станции облачность увеличивалась, что также подтверждается данными ДМРЛ, и в 21:06 был ливень слабый, а уже в 21:17 — гроза. Поэтому этот случай — совпадение.

18 мая в 03:00 на станции отмечался ливневый дождь в прошедший час, по ДМРЛ отмечался ливень слабый в 02:17, так что это совпадение. В срок 06:00 на станции отмечен небольшой ливневый дождь, тогда как по ДМРЛ осадков не отмечено. Это несовпадение.

25 мая в 21:00 наблюдается полное совпадение в обнаружении осадков.

26 мая в сроки 03:00 и 06:00 наблюдается полное совпадение в обнаружении осадков.

28 мая в срок 18:00 осадки отмечены как на станции, так и по ДМРЛ.

30 мая в 09:00 наблюдается совпадение в обнаружении осадков, в 12:00 на станции наблюдался ливневый дождь в прошедший час, тогда как по ДМРЛ осадков не было. Следовательно, срок 12:00 — несовпадение. В срок 18:00 на станции отмечался небольшой ливневый дождь, по ДМРЛ в 18:17 отмечались осадки слабые, так что можно считать этот случай совпадением.

Таким образом, с 16 по 31 мая — 9 совпадений и 2 несовпадения в регистрации осадков (см. табл. 2). В каждом из этих двух случаев несовпадений на станции наблюдались осадки, т.е. по данным ДМРЛ было всего два случая пропуска регистрируемого явления — атмосферных осадков.

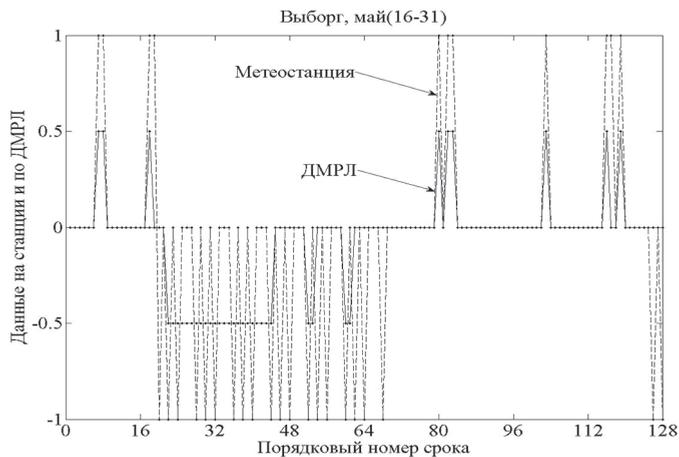


Рис. 1. Результаты верификации для второй половины мая на метеостанции «Выборг»

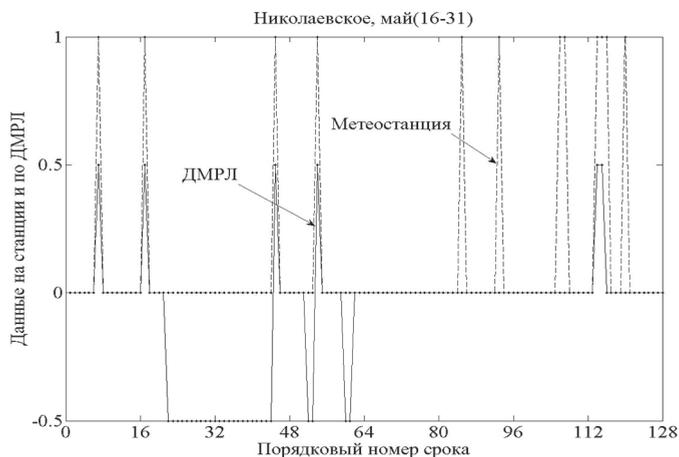


Рис. 2. Результаты верификации для второй половины мая на метеостанции «Николаевское»

Результаты верификации для метеостанции «Выборг»

Месяц	Числа месяца	Количество совпадений	Количество несовпадений
Май	1–15	8	2
	16–31	9	2
Июнь	1–15	9	5
	16–30	5	0
Июль	1–15	6	0
	16–31	11	2
Август	1–15	6	3
	16–31	6	4

Теперь рассмотрим результаты верификации данных ДМРЛ и наземной метеорологической станции Николаевское в мае 2012 г.

16 мая в срок 18:00 на станции отмечены гроза и дождь, по ДМРЛ — ливень слабый, гроза. Это случай полного соответствия.

18 мая в срок 00:00 на станции наблюдался небольшой ливневый дождь, по ДМРЛ ливень слабый отмечался в 23:06, поэтому этот случай можно также считать соответствием дистанционных и наземных наблюдений.

21 мая в срок 12:00 на наземной станции отмечен дождь в прошедший час, что подтверждается данными ДМРЛ: в 11:17 отмечены осадки слабые.

22 мая в срок 15:00 наблюдается полное соответствие в обнаружении осадков.

26 мая в срок 12:00 на наземной станции отмечался небольшой ливневый дождь, тогда как по ДМРЛ никаких осадков не отмечалось, хотя в районе станции и отмечалась облачность. Это случай несовпадения.

27 мая в срок 12:00 на наземной станции отмечен ливень слабый, тогда как по ДМРЛ осадки отмечались значительно дальше от наземной станции. Это несовпадение. Однако характер осадков был локальный, внутримассовый, вследствие чего вероятность пропуска осадков ДМРЛ была повышенной.

29 мая в сроки 03:00 и 06:00 на наземной станции отмечались небольшие дожди, по ДМРЛ осадки отмечались значительно дальше от станции. Это несовпадения.

30 мая в срок 03:00 на наземной станции отмечен небольшой дождь, по ДМРЛ ливень слабый отмечен в 04:06 неподалёку от станции, несколько дальше отмечались осадки в срок и в течение часа до и после него. Поэтому этот случай можно считать совпадением. В срок 06:00 на станции наблюдался дождь в прошедший час, по ДМРЛ в 05:36 наблюдался ливень слабый на расстоянии примерно 16 км от станции, поэтому это совпадение. В срок 09:00 на станции наблюдался небольшой ливневый дождь, тогда как по ДМРЛ осадки наблюдались значительно дальше от станции. Это несовпадение. В срок 21:00 на станции отмечался небольшой ливневый дождь, в то время как по ДМРЛ никаких осадков не было. Это полное несовпадение.

Таким образом, по результатам верификации данных ДМРЛ и наземной метеорологической станции Николаевское в мае 2012 г. с 16 по 31 мая получены следующие

результаты: 6 совпадений и 6 несовпадений в регистрации осадков (см. табл. 3). Во всех случаях несовпадения осадки были зарегистрированы только на станции, т.е. зарегистрировано 6 случаев пропуска ДМРЛ наличия такого явления, как атмосферные осадки.

Таблица 3

Результаты верификации для метеостанции «Николаевское»

Месяц	Числа месяца	Количество совпадений	Количество несовпадений
Май	1–15	6	4
	16–31	6	6
Июнь	1–15	10	5
	16–30	9	0
Июль	1–15	8	1
	16–31	2	0
Август	1–15	7	6
	16–31	13	5

Данные табл. 4 иллюстрируют результаты, полученные при сопоставлении данных от ДМРЛ с результатами наблюдений на метеостанции «Кингисепп».

Таблица 4

Результаты верификации для метеостанции «Кингисепп»

Месяц	Числа месяца	Количество совпадений	Количество несовпадений
Май	1–15	8	2
	16–31	9	4
Июнь	1–15	10	2
	16–30	7	0
Июль	1–15	11	2
	16–31	7	1
Август	1–15	10	1
	16–31	14	3

В целом, на основе анализа всех 2952 сроков наблюдений по трем наземным метеорологическим станциям и ДМРЛ Пулково можно констатировать следующее.

Выводы

1. Наилучший результат получился для станции «Кингисепп»: здесь нет каких-либо значимых аномалий или отклонений. В сумме количество совпадений в обнаружении осадков составило 76, а количество несовпадений составило 15. Вероятность обнаружения осадков локатором оказалась 83,5 %.

2. Для станции «Выборг» результат получился неплохой, если брать сумму совпадений и несовпадений за 4 месяца: 60 совпадений и 18 несовпадений. Вероятность обнаружения осадков локатором составила 77 %. Однако отмечено плохое обнаружение осадков по ДМРЛ во второй половине августа: 6 совпадений против 4 несовпадений.
3. Для станции «Николаевское» получился наихудший результат: очень плохое обнаружение осадков с помощью ДМРЛ в мае: в первой половине — 6 совпадений и 4 несовпадения, во второй половине — 6 совпадений и 6 несовпадений. Такая же ситуация отмечена для первой половины августа, однако здесь 5 из 6 несовпадений пришлось на один день, 15 августа, в который на станции фиксировались осадки, а по ДМРЛ их не было, количество совпадений же составило 7. В сумме количество совпадений составило 61, а количество несовпадений — 27. Вероятность обнаружения осадков локатором оказалась 69 %.
4. Выявление причин столь различных результатов сопоставления данных дистанционных и наземных наблюдений требует проведения специального исследования.

Литература

1. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С., Солонин А.С. К вопросу о методике радиолокационного измерения интенсивности атмосферных осадков. // Ученые записки РГГМУ, 2013, № 27, с. 63–70.
2. Автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы «Метеочейка». Под ред. Н.Б. Бочарникова, А.С. Солонина. — СПб.: Гидрометеиздат, 2007. — 236 с.
3. Радиолокационные метеорологические наблюдения. Том I: Научно-методические основы. Под ред. А.С. Солонина. — СПб.: Наука, 2010. — 311 с.
4. Радиолокационные метеорологические наблюдения. Том II: Вопросы практического применения радиолокационной метеорологической информации. Под ред. А.С. Солонина. — СПб.: Наука, 2010. — 517 с.