

Валидация продукции доплеровского радиолокатора об осадках и типах облаков

А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова, Т.Е. Симакина

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
Россия, 195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., д. 98, РГГМУ.
E-mail: kuznetsov1946@inbox.ru, tatiana.simakina@gmail.com*

Выполнена валидация продуктов ДМРЛ-С Пулково по данным 12-ти метеостанций. Определены показатели эффективности ДМРЛ-С: оправдываемость и достоверность идентификации трех типов облаков: кучевой, слоисто-дождевой и слоистой. Исследовано влияние удаленности и азимута облачности от локатора.

Validation of DMRL-S Pulkovo products was performed based on data from 12 weather stations. The performance indicators of DMRL-C were determined: the validity and reliability of identification of three types of clouds: Cumulus, layered-rain and layered. The influence of distance and azimuth of clouds from the locator is studied.

Введение

Правильность распознавания атмосферных явлений, связанных с разными типами облаков, картирование текущего положения и динамики изменения облачных полей, а также погрешности оценки высоты их верхней границы являются важными метеорологическими задачами. Получение информации о типах облаков и наличии осадков на определенной территории с высоким пространственно-временным масштабом может обеспечить наземный доплеровский метеорологический локатор (ДМРЛ). Поэтому анализ соответствия таких видов продукции ДМРЛ результатам, получаемым с метеостанций, представляет как методический, так и практический интерес.

Известно, что эффективность радиолокационного обнаружения дождевых облаков выше, чем недождевых, поскольку радиолокационная отражаемость облаков первого типа значительно больше. Программное обеспечение автоматизированных систем обработки радиолокационных обзоров классифицирует облачность без осадков как кучевую, слоистообразную, облачность верхнего и среднего ярусов. Вследствие низкой отражательной способности предельная дальность обнаружения облаков разных форм ограничиваются несколькими десятками километров, а облачность с особенно слабой отражаемостью вообще может быть не обнаружена ДМРЛ. Для облачности верхнего, среднего яруса и слоистообразной облачности минимальная отражаемость принимает значение 5 dBZ, для кучевой облачности – 1 dBZ [1]. Осадки рассчитываются по критерию наличия отражаемости на первом и втором уровнях. Для теплого периода используются данные об отражаемости только на первом уровне.

Методика и результаты валидации

В качестве исходных данных использовалась радиолокационная информация, полученная с помощью автоматизированного метеорологического радиолокационного комплекса ДМРЛ-С - «Метеоячейка». Валидация осуществлялась по информации независимых метеорологических измерений на двенадцати наземных метеорологических станциях (МС), входящих в зону обзора ДМРЛ. Характеристики метеостанций представлены в табл. 1.

На основе сопоставления радиолокационной и станционной информации оценивалась вероятность радиолокационного распознавания облаков вида Q (Cb, Cu), N

(Ns-As), S (St, Sc) и наличия осадков (здесь использована радиолокационная классификация облачности: Q – кучевая облачность; N – слоисто - дождевая облачность; S – слоистая облачность [1]). При этом принимались следующие условия:

– тип облачности считался распознанным ДМРЛ, если он подтверждался данными визуальных наблюдений на метеостанции.

– осадки считались обнаруженными ДМРЛ, если они подтверждались данными наблюдений на метеостанции.

– результаты наблюдений считались совпадающими, если максимальное расстояние между облачностью или осадками, обнаруженными ДМРЛ и метеостанцией, не превышало в горизонтальном направлении 4 км.

– результаты наблюдений считались совпадающими, если время регистрации такого типа облачности или осадков на метеостанции отличалось от срока радиолокационного наблюдения не более чем на 10 минут.

Таблица 1. Характеристики метеостанций

Местонахождение метеостанции	Географические координаты	Удаление станции от ДМРЛ, км	Направление станции от ДМРЛ	Высота над уровнем моря, м
Кронштадт	N=59°57'44' E=30°41'05'	33	Запад	3
Шлиссельбург	N=60°12'52' E=31°29'10'	48	Восток	5
Белогорка	N=59°20'58' E=30°06'38'	51	Юг	101
Волосово	N=59°25'18' E=29°28'22'	58	Юго-Запад	117
Любань	N=59°20'58' E=31°14'30'	78	Юго-Восток	22
Озерки	N=60°12'52' E=29°01'11'	81	Северо-Запад	11
Сосново	N=60°32'19' E=30°19'36'	83	Север	40
Кингисепп	N=59°20'58' E=28°33'20'	104	Запад	27
Кириши	N=59°20'58' E=32°01'09'	113	Юго-Восток	29
Новая Ладога	N=60°06'23' E=32°20'59'	121	Северо-Восток	13
Выборг	N=60°03'48' E=28°42'22'	130	Северо-Запад	28
Николаевское	N=58°33'24' E=29°50'12'	139	Юг	26

Полученное в результате проведенного сравнения количество зафиксированных случаев обнаружения кучевой, слоистой и слоисто-дождевой облачности, а также наличия осадков представлено в табл. 2.

Всего было рассмотрено 2085 сроков совместного наблюдения облачности и осадков. Количество рассмотренных объектов в анализируемый период составило 505 случаев конвективной облачности, 562 – слоистообразной, 626 – слоисто-дождевой, 392 – осадков.

Таблица 2. Матрица ошибок по результатам валидации ДМРЛ-С Пулково

По станциям	По данным МРЛ					Всего случаев	Показатели	
	Q	N	S	Осадк и	р/ э не обнар		P_O	P_D
Q	239	114	66	44	42	505	47,3	52,7
N	57	356	100	6	43	562	63,3	36,7
S	19	131	425	10	41	626	67,9	32,1
Осадки	98	9	36	227	22	392	57,9	42,1
Всего	413	610	627	287	148	2085		

Качество результатов интерпретации радиолокационных наблюдений оценивалось по показателям оправдываемости обнаружения P_O и достоверности распознавания P_D типа облачности и факта осадков доплеровским МРЛ.

Показатели рассчитаны для каждого типа облачности в отдельности и факта осадков по следующим формулам:

$$P_O = \frac{N_{МС/ДМРЛ}}{N_{МС}} \cdot 100\%$$

где P_O - вероятность обнаружения с помощью ДМРЛ объектов, измеренных на метеостанции (МС);

$N_{МС/ДМРЛ}$ - количество соответствующих объектов, зафиксированных станцией и совпавших с таковыми по ДМРЛ;

$N_{МС}$ - количество объектов по данным МС.

За 100% принималось число наблюдений на МС.

$$P_D = \frac{N_{ДМРЛ/МС}}{N_{ДМРЛ}} \cdot 100\%$$

где P_D – вероятность подтвержденных наблюдателем МС объектов, отмеченных на ДМРЛ;

$N_{ДМРЛ/МС}$ - количество объектов по ДМРЛ, подтвержденных грозами/ливнями по станции;

$N_{ДМРЛ}$ - количество случаев гроз по ДМРЛ.

За 100% принимается число наблюдений объектов по ДМРЛ.

В целом качество идентификации слоисто - дождевой N и слоистой S облачности удовлетворительное (63 и 68% соответственно), кучевой облачности Q – неудовлетворительное (47%).

Далее оценивалась зависимость качества идентификации типов облачности и факта осадков от пространственного расположения станции – удаленности станции от ДМРЛ и азимута. На рис. 1 представлена зависимость оправдываемости обнаружения P_O (а) и достоверности обнаружения P_D (б) типа облачности и факта осадков доплеровским ДМРЛ от направления на станцию. Явных углов закрытия не обнаружено. Наибольшее значение $P_O=81\%$, соответствующее отличному качеству, получено при определении слоистообразной облачности в северо-западном направлении. Самое низкое значение у показателя P_O при определении кучевой облачности в северном и южном направлениях (около 40%).

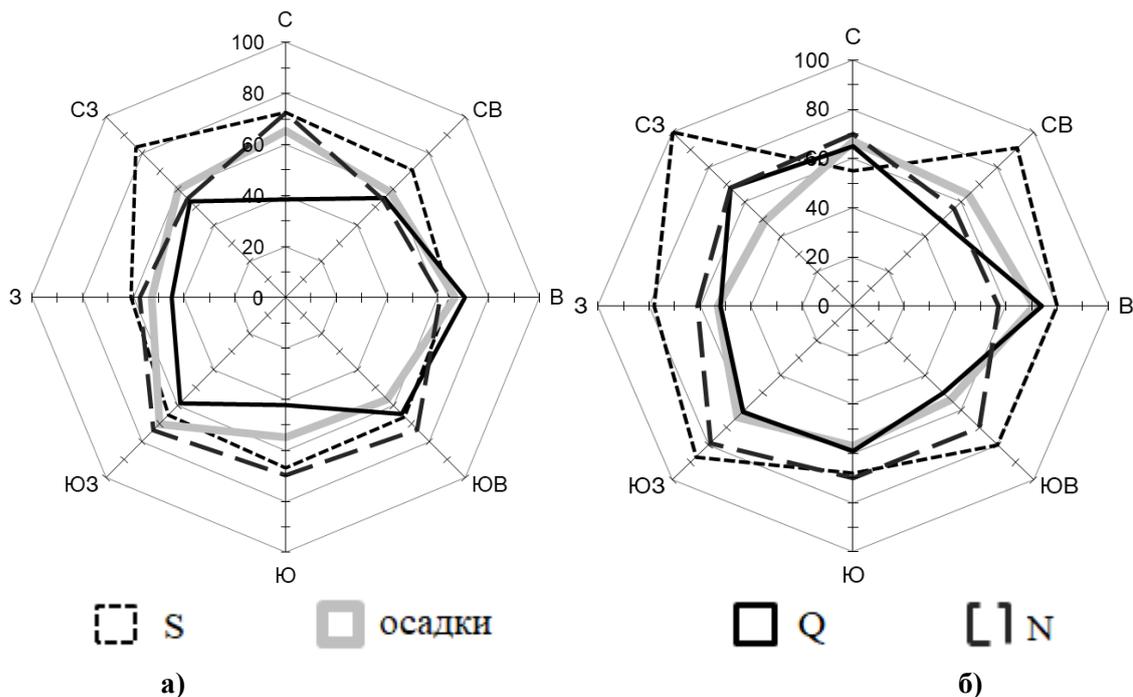


Рис. 1 Зависимость показателей эффективности идентификации типа облачности и факта осадков доплеровским МРЛ от направления на станцию (Q – кучевая облачность; N – слоисто-дождевая облачность; S – слоистая облачность):
а) – оправдываемость обнаружения P_0 ; б) – достоверности обнаружения P_d

На рис. 2 представлена зависимость оправдываемости обнаружения P_0 (а) и достоверности обнаружения P_d (б) типа облачности и факта осадков от удаления станции от ДМРЛ. Заметно уменьшение эффективности обнаружения кучевой, слоистообразной облачности и осадков с увеличением расстояния от ДМРЛ, независимость обнаружения слоисто-дождевой облачности от расстояния.

Далее был рассчитан обобщенный показатель качества идентификации объектов ДМРЛ-С - коэффициент "каппа" [3]:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^n x_{ii} - \sum_{i=1}^n x_{i+} \cdot x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^n x_{i+} \cdot x_{+i}}$$

где x_{ii} – диагональные элементы матрицы ошибок; x_{i+} - суммарное количество объектов по строке i ; x_{+i} - суммарное количество объектов по столбцу i ; N - общее число случаев в матрице; n – количество типов объектов.

Значение "каппа" получено равным 0,47, что соответствует среднему уровню совпадения данных ДМРЛ и МС.

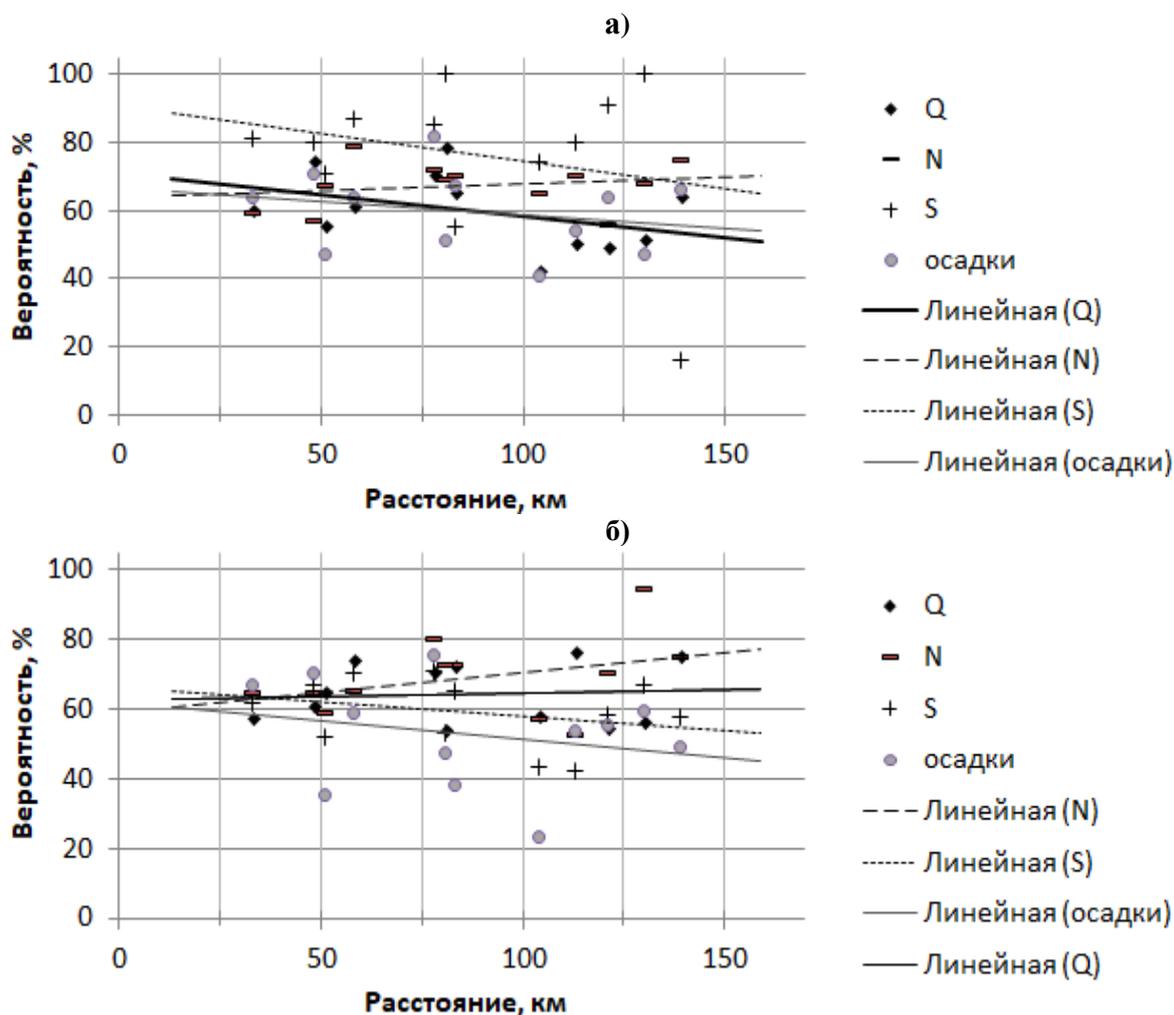


Рис. 2 Зависимость показателей эффективности идентификации типа облачности и факта осадков от удаления станции от ДМРЛ: а) – оправдываемость обнаружения P_o ; б) – достоверности обнаружения P_d .

Заключение

Выполненное сравнение результатов идентификации типа облаков доплеровским МРЛ с данными МС позволяет сделать следующие выводы:

Вероятность обнаружения P_o типов облаков составила в среднем 62%, осадков, осадков – 60%. Значения данного показателя обусловлены уровнем технического состояния МРЛ, физико-географическими условиями, величиной углов закрытия антенны МРЛ, ослаблением радиоволн в осадках и атмосферных газах, ослаблением отраженных сигналов с увеличением расстояния от МРЛ.

Вероятность распознавания вида явления P_d составила в среднем 42%, этот показатель зависит от потенциала МРЛ, правильности калибровки локатора, точности ориентирования антенны МРЛ, от дальности обнаружения явления, наличия между распознаваемым явлением и МРЛ экранирующих осадков, состояния радиопрозрачного укрытия антенны.

Литература

1. Л.И. Дивинский, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова, А.С. Солонин, Т.Е. Симакина «К вопросу об обнаружении облачности и осадков по данным доплеровского метеорологического радиолокатора» // Ученые записки РГГМУ, 2013. –№ 39. –С. 87–

98.

2. Автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы «Метеоячейка» / Под ред. Н.В. Бочарникова, А.С. Солонина // СПб.: Гидрометеиздат, 2007. – 236 с.

3. Симакина Т.Е. Получение и обработка спутниковых снимков. СПб.: Изд-во РГГМУ. – 2010. – 104 с.