

Всероссийская открытая научная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн» - «Муром 2019»

### **Сравнительная характеристика радиолокационных обзоров одной территории двумя ДМРЛ**

*К.Л. Восканян, А.Д. Кузнецов, О.В. Сероухова, Т.Е. Симакина.*

*ФГБОУ ВПО Российский государственный гидрометеорологический университет  
195196 Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98*

*E-mail: [kvosia@mail.ru](mailto:kvosia@mail.ru), [kuznetsov1946@inbox.ru](mailto:kuznetsov1946@inbox.ru), [serouhova@inbox.ru](mailto:serouhova@inbox.ru),  
[tatiana.simakina@gmail.com](mailto:tatiana.simakina@gmail.com)*

*Дана сравнительная пространственная оценка способности обнаружения метеорологических объектов двумя доплеровскими метеорологическими радиолокаторами, обслуживающими Ленинградскую область, по массиву из 2100 случаев с опасными явлениями погоды.*

*A comparative spatial assessment of the ability to detect meteorological objects by two Doppler meteorological radars serving the Leningrad region is given for an array of 2100 cases with dangerous weather phenomena.*

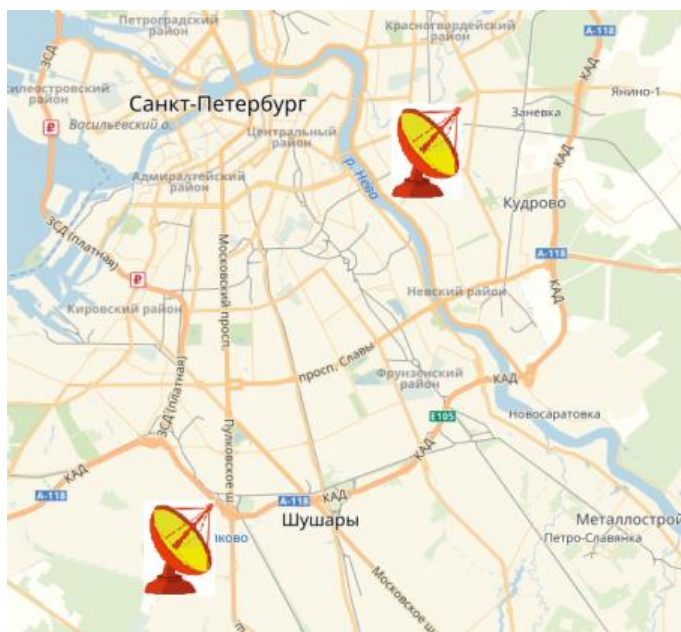
Развертывание сети доплеровских метеорологических радиолокаторов в России позволило поднять на новый уровень решение вопросов безопасности жизнедеятельности в области предупреждения населения и промышленности об опасных явлениях погоды – грозах, мощных и катастрофических ливнях, вызывающих оползни и наводнения, градобитиях, смерчах и пр. Успешное выполнение этой задачи требует проведения валидации радиолокационных наблюдений по данным независимых метеорологических наблюдений (эталонов), в качестве которых в основном используют наблюдения за явлениями погоды на метеорологических станциях (МС).

Настоящее исследование является продолжением работ авторов [1, 2], посвященных вопросу оценки эффективности обнаружения облачности и осадков доплеровскими метеорологическими радиолокаторами.

В данном докладе приводится сравнительная пространственная характеристика эффективности обнаружения гроз и ливней двумя ДМРЛ, установленными в Санкт-Петербурге: ДМРЛ МЕТЕОР 500С в Пулково и МЕТЕОР 50DX на крыше здания РГГМУ по адресу Малоохтинский пр. 98., их местоположение на карте Санкт-Петербурга показано на рис. 1. Географические координаты ДМРЛ составляют:  $\lambda = 59,92$ ,  $\varphi = 30,41$  (РГГМУ, МЕТЕОР 50DX),  $\lambda = 59,79$ ,  $\varphi = 30,26$  (Пулково, МЕТЕОР 500С).

Сравниваемые ДМРЛ отличаются длиной излучаемой волны (5 см - МЕТЕОР 50DX, 3 см - МЕТЕОР 500С), импульсной мощностью (63 кВт - МЕТЕОР 50DX, 229 кВт - МЕТЕОР 500С), диаметром антенны (2,4 м - МЕТЕОР 50DX, 6,7 м - МЕТЕОР 500С), поляризацией и наличием (у МЕТЕОР 50DX) или отсутствием (у МЕТЕОР 500С) городской застройки. Качество результатов интерпретации радиолокационных наблюдений оценивалось на основе сравнения с данными независимых метеорологических измерений на десяти метеостанциях, расположенных на территории обзора локаторов, по следующим показателям [3]:

- оправдываемость обнаружения  $P_0$  и вероятности пропуска ОЯП;
- достоверность обнаружения  $P_d$  и вероятность «ложной тревоги» ОЯП.



**Рис. 1. Местоположение двух ДМРЛ**

Показатели рассчитаны по следующим формулам:

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

где  $P_O$  - вероятность обнаружения с помощью ДМРЛ гроз/ливней, измеренных на метеостанции;  $N_{МС/ДМРЛ}$  - количество гроз/ливней, зафиксированных станцией и совпавших с грозами/ливнями по ДМРЛ;  $N_{МС}$  - количество случаев гроз/ливней по данным МС.

За 100% принимается число наблюдений на МС.

$$P_{П} = 100\% - P_O,$$

где  $P_{П}$  - вероятность пропуска гроз/ливней локатором.

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

где  $P_{Д}$  - вероятность подтвержденных наблюдателем МС гроз/ливней, отмеченных на ДМРЛ;  $N_{ДМРЛ/МС}$  - количество случаев гроз/ливней по ДМРЛ, подтвержденных грозами/ливнями по станции;  $N_{ДМРЛ}$  - количество случаев гроз по ДМРЛ.

За 100% принимается число наблюдений гроз/ливней по ДМРЛ.

$$P_{ЛТ} = 100\% - P_{Д}$$

где  $P_{ЛТ}$  - вероятность «ложных тревог» (ЛТ).

Было рассмотрено 2100 сроков с грозами и ливнями за летние месяцы.

Сопоставление данных МС и ДМРЛ проводилось в радиусе 140 км относительно ДМРЛ с учетом следующих условий:

1) Ливни и грозы считались обнаруженными ДМРЛ, если они наблюдались в окрестности 15 км вокруг станции и подтверждались данными визуальных наблюдений.

2) Время регистрации ливней и гроз на метеостанции отличалось от срока радиолокационного наблюдения не более чем на 20 минут.

В таблице 1 приведены результаты расчетов показателей качества обнаружения ливней и гроз для каждой станции.

Таблица 1 - Показатели эффективности обнаружения ливней и гроз двумя локаторами

Метеостанции	ДМРЛ МЕТЕОР 500С Пулково				ДМРЛ МЕТЕОР 50DX РГГМУ			
	Оправдываемость		Достоверность		Оправдываемость		Достоверность	
	ливней	гроз	ливней	гроз	ливней	гроз	ливней	гроз
Кронштадт	0,76	0,67	0,60	0,71	0,75	0,83	0,55	0,63
Шлиссельбург	0,78	0,74	0,68	0,82	0,64	0,82	0,83	0,58
Белогорка	0,82	0,60	0,70	0,67	0,74	0,58	0,71	0,47
Волосово	0,91	0,88	0,69	0,68	0,92	0,71	0,64	0,63
Любань	0,65	0,88	0,76	1,00	0,64	0,79	0,84	0,59
Сосново	0,75	0,65	0,80	1,00	0,59	0,71	0,60	0,56
Кингисепп	0,68	0,78	0,79	1,00	0,67	0,67	0,75	0,56
Кириши	0,81	0,88	0,64	0,88	0,55	0,66	0,79	0,70
Новая Ладога	0,66	0,74	0,77	0,89	0,35	0,54	0,73	0,73
<i>Среднее</i>	<i>0,76</i>	<i>0,76</i>	<i>0,71</i>	<i>0,85</i>	<i>0,65</i>	<i>0,70</i>	<i>0,72</i>	<i>0,60</i>

Оправдываемость обнаружения гроз и ливней двумя локаторами находится в диапазоне 0,55-0,9, за исключением станции в Новой Ладоге, где оправдываемость обнаружения ливней локатором МЕТЕОР 50DX РГГМУ составила 0,35. Оправдываемость обнаружения ливней ДМРЛ МЕТЕОР 500С Пулково несколько выше, чем локатором РГГМУ, а, соответственно, вероятность пропустить ливни ниже по данным Пулково. Преимущества по оправдываемости обнаружения гроз ни у какого локатора нет. В среднем значения оправдываемости ливней двумя ДМРЛ отличаются на 11%, гроз – на 5%.

Достоверность обнаружения гроз обоими ДМРЛ составила интервал 0,5-1, ливней – 0,6-0,8. Причем достоверность гроз пулковским локатором выше в среднем на 25%, поэтому вероятность «ложной тревоги» ниже, чем по данным локатора РГГМУ. Достоверность обнаружения ливней примерно одинакова у двух локаторов, отличия составили в среднем 1%.

С помощью интерполяции рассчитанных значений вероятностей в точках расположения станций на всю территорию Ленинградской области сформированы поля оправдываемости и достоверности ливней и гроз. Интерполяция осуществлялась методом радиальных базовых функций:

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i B(d_i),$$

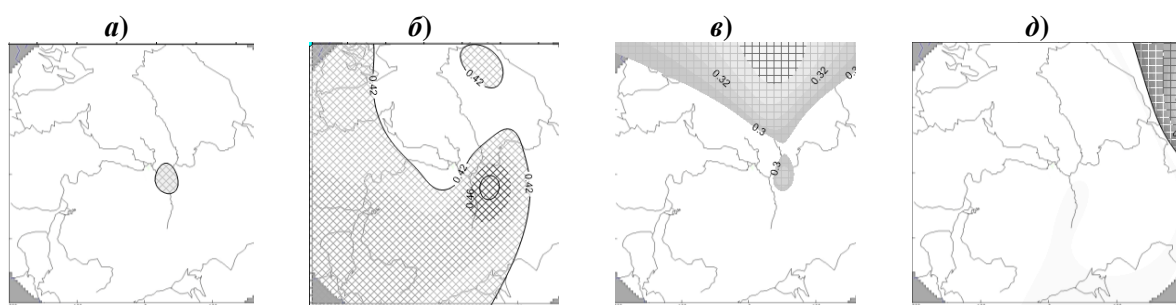
где  $d_i$  – расстояние между точкой, где вычисляется оценка, и  $i$ -ой точкой измерения;

$\lambda_i$  – коэффициент  $i$ -ой выборочной точки;

$B$  – радиальная базисная функция, в качестве которой использована обратная мультикватратичная функция, аргументом которой является расстояние  $d$ :

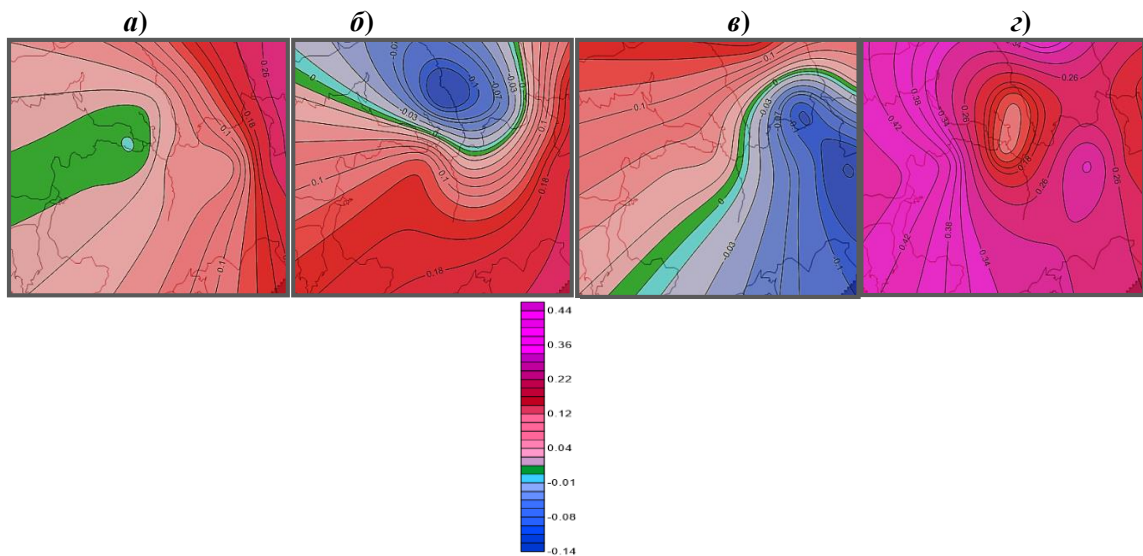
$$B(d_i) = \frac{1}{\sqrt{d_i^2 + R^2}}$$

Пример пространственного анализа эффективности обнаружения метеорологических объектов локами представлен на рис. 2. Рис.2а содержит изолинии максимальных вероятностей «ложной тревоги» гроз по данным ДМРЛ Пулково. Значение такой вероятности составляет от 30 до 32 % и занимает округлую область небольшой площади (заштрихованный овал, ограниченный изолинией 0,3) на юго-востоке Санкт-Петербурга. «Ложные тревоги» гроз локара РГГМУ значительно чаще (на рис. 2б выделены изолинии от 0,42 до 0,48) и занимают большую площадь – всю западную и юго-западную части Ленинградской области. Увеличение «ложных тревог» в западном — юго-западном секторе радиолокационного обзора связано, по-видимому, с наиболее частым приходом фронтальной конвекции с этого направления. ДМРЛ в Пулково пропускает грозу реже (на рис. 2в максимальные значения 30—35 % против 42—64 % для ДМРЛ РГГМУ на рис. 2г), но площадь зоны пропуска шире. Рост пропусков заметен с увеличением расстояния от локара на север Ленинградской области.



**Рис. 2. Пространственное распределение вероятности «ложной тревоги» ДМРЛ METEOR 500С (а и в) и METEOR 50DX (б и д)**

Результаты совместного анализа двух ДМРЛ изображены на рис. 3. Здесь представлены разности показателей качества, полученные вычитанием изображений каждого параметра. Разность оправдываемости ливней и гроз представлены на рис. 3а и 3б соответственно, достоверности ливней и гроз - на рис. 3в и 3г. Изолинии разности значений вероятностей двух ДМРЛ отражают распределение преимущества того или иного локара в обнаружении ОЯП на территории Ленинградской области. Зеленым цветом обозначена область с нулевой разностью вероятностей, т.е. на этой территории значения соответствующего параметра для двух локаров равны. Градации красных оттенков соответствуют положительным разностям, т.е. большей достоверности или оправдываемости пулковского локара, синих оттенков – отрицательным разностям, т.е. преимуществу локара РГГМУ.



**Рис. 3. Разность оправдываемости и достоверности ливней и гроз по данным ДМРЛ Пулково и РГГМУ. Положительные значения (красные оттенки) – преимущество ДМРЛ Пулково, отрицательные (синие оттенки) – ДМРЛ РГГМУ.**

### Литература

1. Дивинский Л.И., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С., Солонин А.С., Симакина Т.Е. К вопросу об обнаружении облачности и осадков по данным доплеровского метеорологического радиолокатора//Ученые записки, №39. С.87 – 98.
2. Колбин В.А., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С., Симакина Т.Е., Солонин А.С. Валидация данных об опасных явлениях погоды, полученных доплеровским радиолокатором. Материалы V Всероссийской научной конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды» Часть II. Санкт-Петербург. 2018. С. 64-67. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2018. – 290 с.
3. Павлюков Ю.Б., Серебрянник Н.И., Карпов Б.Н. Валидация радиолокационных наблюдений опасных явлений погоды на сети ДМРЛ по данным наземной наблюдательной сети Росгидромета Информатика, вычислительная техника и управление. Труды МФТИ. 2016.- Том 8. - № 1.