

ДОПЛЕРОВСКИЕ РАДИОЛОКАТОРЫ В РОССИИ

Кандидат технических наук Валерий ДЯДЮЧЕНКО,
советник руководителя Росгидромета, заместитель директора
Научно-исследовательского центра «Планета»,

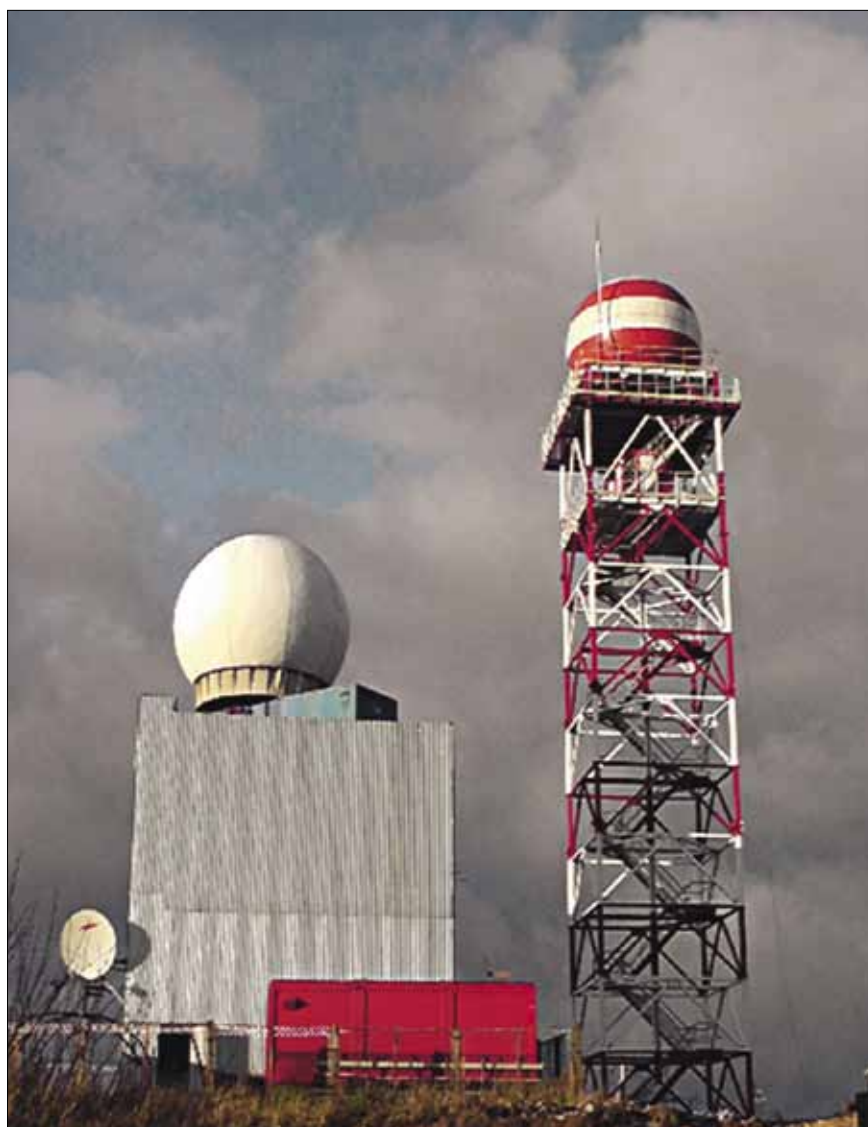
Юрий ПАВЛЮКОВ,
заведующий отделом радиометеорологии Центральной
аэрологической обсерватории Росгидромета,
кандидат физико-математических наук Иван ВЫЛЕГЖАНИН,
главный конструктор метеорологических локаторов
ОАО «Научно-производственное объединение
Лианозовский электромеханический завод»

**Метеорологические радиолокаторы, объединенные
в наблюдательную сеть, обеспечивают круглосуточный мониторинг
облачной атмосферы, осадков и связанных с ними опасных
явлений погоды: ливней, гроз, града, шквалов, смерчей.
Сегодня Россия наверстывает накопленное отставание —
в стране создается современная автоматизированная сеть на базе
отечественной инновационной разработки — метеорологического
доплеровского поляризационного радиолокатора ДМРЛ-С.**

В условиях меняющегося климата и интенсивной урбанизации число значимых опасных явлений погоды за последние десятилетия существенно возросло (рост примерно на 6–7% в год). По этой причине очень важно наличие современных средств оперативных метеонаблюдений. Современный метеорологический радиолокатор обладает уникальными возможностями — оперативностью, способностью контролировать большие территории, давать детальную информацию о внутренней структуре зон облачности и осадков.

Радиометеорология как область прикладной науки родилась более 60 лет назад. На рубеже 1940–1941 гг. на военных радарх были впервые зафиксированы отражения от облаков и осадков, которые рассматривались наблюдателями как досадные помехи, усложняющие поиск самолетов и кораблей противника. Но специалисты быстро осознали, какую практическую пользу для прогноза погоды можно получить с помощью такой установки.

На протяжении 1940–1960-х годов в мире закладывался теоретический фундамент радиометеорологии.



Первый радиолокатор ДМРЛ-С проходил государственные испытания в 2010 г. на Валдае. Высота башни — 30 м, оборудование радиолокатора находится в аппаратном контейнере, расположенном под антенной. Слева — его предшественник радиолокатор МРЛ-5.

Отечественные ученые и инженеры также внесли значительный вклад в решение этого вопроса. Заметными вехами стали результаты по обоснованию радиолокационного метода измерения атмосферных осадков, масштабные радиолокационные эксперименты на полигонах Украины, Молдавии, на Кавказе и Валдае, а также исследования связи радиолокационных характеристик облаков и осадков с их микроструктурой, в том числе с борта самолетов-метеолaborаторий.

В 1970-е годы в СССР был предложен принцип поляризационных измерений в метеорологической радиолокации атмосферы. Тогда же были созданы метеорологические радиолокаторы семейства МРЛ, в том числе МРЛ-5 — единственный в мире серийный двухволновый радиолокатор X- и S-диапазонов. К Олимпиаде-80 в Москве заработала первая в СССР метеорологическая радиолокационная сеть, в середине 1980-х годов — первый отечественный автоматизированный комплекс АКСОПРИ, обеспечивавший

непрерывный круглосуточный мониторинг облачности и осадков, на основе которого в московском регионе была построена первая в России автоматизированная радиолокационная сеть.

Сегодня радиолокационная метеорологическая информация широко используется для сверхкраткосрочного прогноза погоды (наукастинга), в том числе предупреждения об опасных явлениях: ливнях, грозах, граде, шквалах, смерчах; в численных моделях прогноза погоды; для подготовки гидрологических прогнозов и предупреждения наводнений и паводков; для метеообеспечения авиационного и наземного транспорта; для оперативной информации органов государственного и муниципального управления, предприятий различных отраслей экономики (энергетики, строительства, транспорта) об облачности и осадках; для управления активными воздействиями на погоду, для противоградовых работ и оценки их эффективности.

В метеорологической радиолокации применяется, как правило, импульсный метод: радиолокатор излучает в атмосферу периодическую последовательность зондирующих импульсов, в паузах между которыми принимает отраженный сигнал. По величине временной задержки между излученным и принятым сигналами определяется дистанция до отражателя, а по изменению их параметров оцениваются характеристики отражающей среды.

Для получения трехмерной модели облачной атмосферы радиолокатор проводит круговое сканирование верхней полусферы под несколькими углами наклона параболической антенны, формирующей узкий направленный луч. В результате цикла наблюдений получается набор вложенных конических сечений, покрывающих зону обзора до 250 км по дальности и до 20 км по высоте. Продолжительность цикла составляет от 5 до 15 мин в зависимости от режима наблюдений.

Современный метеорологический радиолокатор имеет три измерительных канала. Измерения в первом канале мощности отраженного сигнала от гидрометеоров (частиц облаков и осадков с характерными размерами от сотен микрон до нескольких миллиметров, в случае града — до нескольких сантиметров) дает информацию о так называемой «радиолокационной отражаемости».

Второй канал обеспечивает получение информации о радиальной скорости и ширине доплеровского спектра по измерениям сдвига частоты отраженного эхо-сигнала, т.е. позволяет анализировать движения гидрометеоров, диагностировать атмосферные вихри, порывы, шквалы, смерчи.

Поляризационные измерения — новейший тренд в мировой радиометеорологии. Радиолокатор с полной поляризационной обработкой (третий канал) излучает и принимает отраженные сигналы одновременно на двух ортогональных поляризациях — горизонтальной и вертикальной. Это позволяет оценить фазовый состав (дождь, снег), уточнить расчеты интенсивности осадков и идентификацию метеоявлений, провести коррекцию ослабления радиоизлучения в осадках.

Новый отечественный метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С был разработан по техническому заданию Росгидромета концерном ПВО «Алмаз-Антей» в кратчайшие сроки — за 2 года с момента выдачи технического задания до начала серийного выпуска в 2011 г. Это стало возможным, в первую очередь, благодаря использованию задела в области аэронавигационной и военной радиолокации. В отличие от аналоговых предшественников современный комплекс с цифровой обработкой сигналов позволяет в автоматическом режиме проводить круглосуточные непрерывные наблюдения и получать информацию о местоположении и характеристиках облачности, осадков и связанных с ними опасных явлениях погоды. Добавление двух новых измерительных каналов

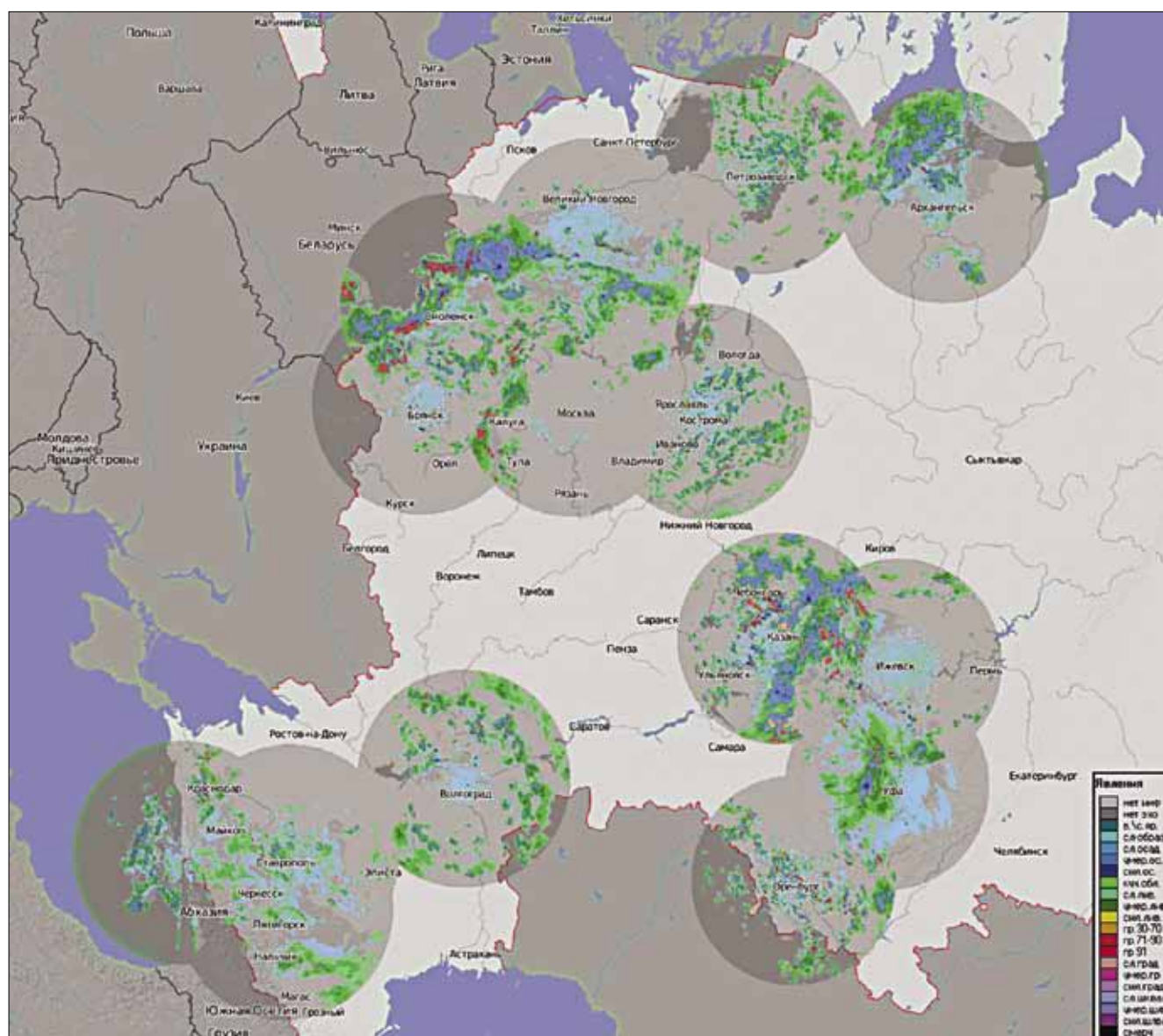
— доплеровского и поляризационного — по своим возможностям ставит ДМРЛ-С в один ряд с современными мировыми метеорологическими радиолокаторами. Так, предложенный в СССР принцип поляризационной радиолокации атмосферы вернулся в Россию через 40 лет, воплощенный в готовом техническом решении.

ДМРЛ-С — первый в мире серийный метеорологический радиолокатор для оперативных наблюдений, использующий технологию цифрового формирования и сжатия сложных сигналов. Его преимущество — отсутствие потерь на взвешивание при цифровой обработке сигналов, достигающих в зарубежных образцах 25–40% от энергии импульса. Для подтверждения теоретических результатов специалистами ОАО «Научно-производственное объединение Ланозовский электромеханический завод» (Москва) и Росгидромета были проведены натурные испытания, которые подтвердили обоснованность применения в метеорологической радиолокации сложных сигналов.

В ДМРЛ-С используются сложные зондирующие сигналы длительностью 25 и 60 мкс, «сжимаемые» на этапе цифровой обработки до 1 мкс. Специально для ДМРЛ-С в НПО «Фаза» (г. Ростов-на-Дону) был создан новый усилитель СВЧ (электровакуумный прибор) — многолучевой клистрон КИУ-222, обеспечивший высокую стабильность излучаемого сигнала (более 55 дБ), что крайне важно при фильтрации помех. Эта разработка позволила заимствовать высоковольтные блоки передатчиков навигационных РЛС, что существенно сократило время создания ДМРЛ-С. Она уже заинтересовала зарубежных производителей, занимающихся выпуском передатчиков для крупнейших изготовителей метеорологических радиолокаторов в США, Европе и Канаде.

Программное обеспечение вторичной (метеорологической) обработки информации «ГИМЕТ-2010», созданное специально для радиолокатора ДМРЛ-С, позволяет получать важные характеристики облачности и осадков: радиолокационную отражаемость на разных высотных уровнях, высоту верхней границы облачности, интенсивность и накопленную сумму осадков, интегральную водность в столбе, идентифицировать тип метеоявлений: облачность верхнего и среднего яруса, слоистую и кучевую облачность, осадки, ливни, грозы, шквалы, град и смерчи. Кроме того, ПО «ГИМЕТ-2010» позволяет рассчитывать поля горизонтального ветра на разных высотах, вертикальный профиль ветра на основе измерений радиальной доплеровской скорости, обрабатывать поляризационные характеристики облачности и осадков, определять вектор перемещения облачных систем в зоне обзора и др.

В 2011–2012 гг. были введены в эксплуатацию 7 ДМРЛ-С: «Валдай», «Минеральные Воды», «Брянск», «Ижевск», «Смоленск», «Волгоград», «Казань». В 2013 г. проходили испытания и готовились к вводу:



Примеры вторичных радиолокационных продуктов сети ДМРЛ-С.
Карты построены по зоне радиолокационного обзора радиусом 250 км с разрешением 1х1 км:
вверху — карта высоты верхней границы облачности, в середине — карта радиолокационной отражаемости на уровне 0,6 км,
внизу — карта метеоявлений.

«Ставрополь», «Шереметьево», «Москва», «Архангельск», «Петрозаводск», «Оренбург», «Уфа», «Владивосток», «Барабинск», «Вологда».

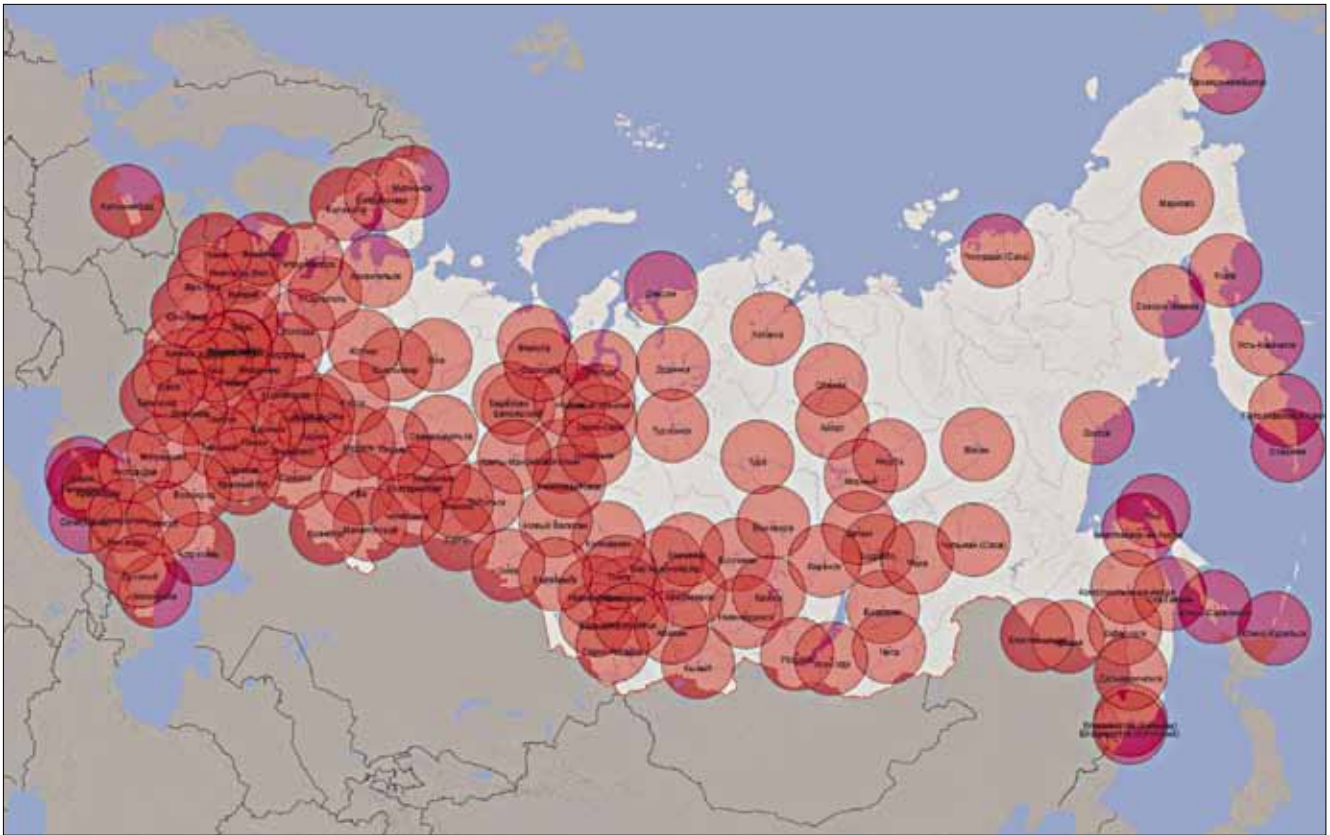
К середине 2013 г. на Лианозовском электро-механическом заводе уже было изготовлено более 30 комплектов ДМРЛ-С для оснащения наблюдательной сети Росгидромета, поступают запросы из СНГ, Юго-Восточной Азии и Латинской Америки. Всего до конца 2013 г. на сети Росгидромета должны быть установлены 34 радиолокатора ДМРЛ-С.

Ценность информации многократно возрастает при обработке данных от радиолокаторов, объединенных в единую наблюдательную сеть. Подобные сети за

последние 20 лет были созданы в США, Канаде, Евросоюзе, Японии, Южной Корее, Китае, Австралии и других странах. С 2004 г. радиолокаторы Росгидромета передают данные наблюдений в ведомственную сеть автоматизированной системы передачи данных (АСПД) в метеорологическом коде FM-94 BUFR, что позволяет строить объединенные радиолокационные карты с разрешением 4x4 км.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЕТИ В РФ

По планам к 2020 г. в России должно завершиться создание современной автоматизированной сети на базе



Планируемая структура сети ДМРЛ в России к концу 2020 г.

около 140 радиолокаторов ДМРЛ-С, устанавливаемых в рамках выполнения двух федеральных целевых программ: «Модернизация Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009–2020 гг.)» и «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.». Планируемая зона радиолокационного обзора распространится на европейскую часть страны, а также обжитые районы Сибири и Дальнего Востока.

Создание радиолокационной сети обеспечит проведение автоматизированных синхронных наблюдений по единому регламенту и позволит решить задачи, ранее не доступные при обработке данных отдельных МРЛ или небольших сетей.

Для реализации этой программы в Центральной аэрологической обсерватории — одном из основных исследовательских центров Росгидромета — создан Научно-технический центр по развитию и эксплуатации сети ДМРЛ. В его задачи входит сбор, обработка и архивация радиолокационной информации, подготовка и распространение вторичных радиолокационных продуктов, в том числе для широкого доступа через Интернет, научно-методическое руководство сетью ДМРЛ, проведение исследований в области радиометеорологии и физики атмосферы. Обработка в едином Центре первичных данных (т.н. «объемных файлов») сети ДМРЛ-С дает возможность получать

вторичные радиолокационные продукты как в высоком (1х1 км), так и низком (4х4 км) разрешении.

Создав автоматизированную сеть доплеровских радиолокаторов, Россия, наряду со странами Евросоюза, США, Японией и Китаем, вступит в клуб развитых стран, осуществляющих на своей территории автоматизированный радиолокационный мониторинг в интересах различных отраслей экономики: МЧС, авиационного и наземного транспорта, энергетики, коммунальных и дорожных служб и др. Последовательная реализация этой программы при поддержке Правительства РФ позволит Росгидромету существенно улучшить систему прогнозирования быстроразвивающихся опасных метеорологических процессов, связанных с облачностью и осадками, наносящих существенный вред экономике и представляющих угрозу жизни и безопасности людей.

Иллюстрации предоставлены авторами