

Радиолокация в метеорологии

Горбель А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Введение

То, что мы называем в обыденной жизни погодой, представляет собой совокупность многих метеорологических элементов и атмосферных явлений.

Современная наука о погоде метеорология располагает весьма совершенными приборами для измерения таких метеорологических элементов, как температура, влажность, давление, ветер и т. п. Однако этих данных недостаточно для характеристики погоды. Необходимо еще уметь наблюдать за атмосферными явлениями, которые являются составной частью погоды.

К их числу относятся облака, осадки, грозы, шквалы и т. д. Известно, что образование их в данном районе или вторжение, связанное с движением другой воздушной массы, вызывает изменения погоды, трудно поддающиеся предсказанию. Поэтому для ряда отраслей народного хозяйства, как, например, авиации, сельского хозяйства, транспорта и др., чрезвычайно важно знать местоположение, скорость и направление перемещения, тенденцию развития облачных полей и связанных с ними зон осадков и штормовых явлений типа интенсивных ливней, гроз и шквалов.

Более 10 лет назад за такими явлениями наблюдали только визуально. Имея ограниченный радиус действия, визуальный метод требовал для получения необходимых сведений на больших площадях огромного числа метеорологических станций и наблюдательных постов.

Из-за неоперативности способов сбора и обработки информации, обладающей большой пространственной и временной изменчивостью, практическая ценность ее резко снижалась.

Применение радиолокации явилось настоящим переворотом в метеорологии.

Возможность практически мгновенного обзора больших площадей с помощью радиолокационных станций дала в руки метеорологов качественно новое средство наблюдений и

исследований основных атмосферных явлений. В настоящее время в отечественной метеорологии широко используются такие средства в научных и оперативных целях.

1. Общие понятия радиолокации

Радиолокация (лат. locatio — размещение, расположение), область науки и техники, предметом которой является наблюдение радиотехническими методами (радиолокационное наблюдение) различных объектов (целей) — их обнаружение, распознавание, измерение их координат (определение местоположения) и производных координат и определение др. характеристик. Под радиолокацией понимают также сам процесс радиолокационного наблюдения (локации) объектов. При наличии нескольких объектов радиолокации должна обеспечивать требуемое их разрешение (раздельное наблюдение). Задачи радиолокации решаются при помощи отдельных радиолокационных станций (РЛС) и сложных радиолокационных систем. С Р. тесно связана радионавигация; часто их методы и аппаратура практически не различаются. радиолокацией — одно из важнейших направлений современной радиоэлектроники.

Для радиолокационного наблюдения используют: эхо-сигналы, образующиеся в результате отражения радиоволн от объекта, облученного РЛС; сигналы РЛС, переизлучаемые ретранслирующим устройством, находящимся на объекте, местоположение которого определяется (радиолокация с активным ответом); собственное радиоизлучение объекта — излучение радиоустройств, находящихся на объекте, или тепловое излучение самого объекта, определяющееся его температурой (пассивная радиолокация). [2]

2. Применение радиолокации в метеорологии

Радиолокация в метеорологии, применение радиолокации для метеорологических наблюдений и измерений, основанное на рассеянии радиоволн гидрометеорами, диэлектрическими неоднородностями воздуха, сопутствующими атмосферными явлениям, частицами аэрозоля и др. Кроме того, пользуются искусственными отражателями (рассеивателями), выбрасываемыми в атмосферу, типа металлизированных иголок размером $\sim l/2$, где l — длина волны, а также специальными радиолокационными отражателями или активными ответчиками — миниатюрными радиопередатчиками, поднимаемыми на шарах-зондах.

Отражения радиоимпульсов от турбулентных и инверсионных слоев в тропосфере впервые отмечены в 1936 Р. Колвеллом и А. Френдом (США) на средних и коротких волнах. Первые сообщения об обнаружении осадков с помощью радиолокаторов сантиметрового (СМ) диапазона относятся к началу 1941 (Великобритания). В 1943 в США А. Бентом и др. были организованы первые оперативные наблюдения за ливнями и грозами. В СССР В. В. Костаревым в 1943 начаты измерения скорости и направления ветра в высоких слоях атмосферы путём прослеживания движения шаров-зондов с пассивными отражателями. [1]

При помощи радиолокаторов обнаруживаются облака, осадки, области повышенных градиентов температуры и влажности, ионизированные следы молниевых разрядов и др. Из радиолокационных наблюдений получают информацию о пространственном положении, перемещении, структуре, форме и размерах обнаруживаемых объектов, а также их физических свойствах. При рассеянии радиоволн на частицах облаков и осадков в случае, когда размеры r этих частиц малы по сравнению с длиной волны l (рэлеевское рассеяние), величина радиолокационного сигнала $\sim r^6/l^4$. Столь сильная зависимость величины отражённого сигнала от размера частиц приводит к тому, что при радиолокационном наблюдении за облаками и осадками выделяются наиболее крупнокапельные области, поэтому радиолокационные изображения не всегда совпадают с визуальными размерами объекта. Интенсивность рассеянных

сигналов резко убывает с увеличением l , кроме того, на миллиметровых (ММ) и более коротких волнах сигнал сильно ослабляется, что ограничивает диапазон частот метеорологических радиолокаторов, которые поэтому, как правило, работают в СМ и ММ диапазонах волн.

Между средней мощностью отражённых сигналов и интенсивностью осадков установлены эмпирические соотношения, на основании которых определяют распределение интенсивности и количества выпадающих осадков на площади радиолокационного обзора. Более высокая точность измерения интенсивности осадков и влажности облаков достигается при измерении ослабления радиоволн. Для определения ослабления радиоволн используют двухволновые радиолокаторы. Если l сравнима с размером частицы, закон рассеяния существенно отличается от рэлеевского, и при известной частотной зависимости ослабления радиоволн измерения отражённых сигналов на нескольких длинах волн позволяют оценить размеры частиц осадков. Для несферических частиц вероятность рассеяния зависит от их формы и ориентации. По степени деполяризации отражённых сигналов можно судить о форме частиц облаков и осадков и, следовательно, об их агрегатном состоянии. Движение рассеивателей приводит к смещению частоты отражённых сигналов вследствие эффекта Доплера. Измерение доплеровского смещения частоты, а также др. параметров спектра радиолокационных сигналов, отражённых от облаков и осадков, крупных частиц аэрозоля, искусственных рассеивателей, позволяет исследовать структуру различных движений в атмосфере (ветер, турбулентность, упорядоченные вертикальные потоки). С помощью высокочувствительных радиолокационных станций обнаруживаются области повышенных градиентов показателя преломления, связанные с образованием устойчивых слоев в приземном и пограничном слоях атмосферы, а также с зонами интенсивной турбулентности при "ясном" небе на высотах до 10—15 км. Интенсивность турбулентности в "ясном" небе оценивается по величине отражённых сигналов, а также по ширине их спектра, обусловленного доплеровским смещением. [3]

Благодаря применению радиолокации в оперативные данные о ветре на различных высотах получают при любых условиях погоды. Скорость и направление ветра вычисляются по измеренным координатам радиопилота. Определение ветра часто производится

одновременно с измерением температуры, давления, влажности и др. параметров атмосферы, поэтому созданы радиолокационные станции для комплексного зондирования атмосферы, которые позволяют определять координаты радиозонда по сигналам его передатчика-ответчика и принимать телеметрическую информацию о метеорологических элементах. [4]

3. Основы современных метеорологических радиолокационных наблюдений

Метеорологическая радиолокация является основным средством получения информации об облачности, осадках и связанных с ними опасных явлениях погоды.

Получаемые на основе радиолокационных наблюдений сверхкраткосрочные прогнозы погоды и штормпредупреждения широко используются для метеорологического обеспечения транспорта (воздушного и наземного) и функционирования инфраструктуры больших городов и крупных промышленных центров.

Для автоматизации процесса наблюдений и сбора оперативной информации ИРАМ предлагает автоматизированные метеорологические комплексы АМРК «Метеор-МетеоЯчейка» АМРК «МетеоЯчейка».

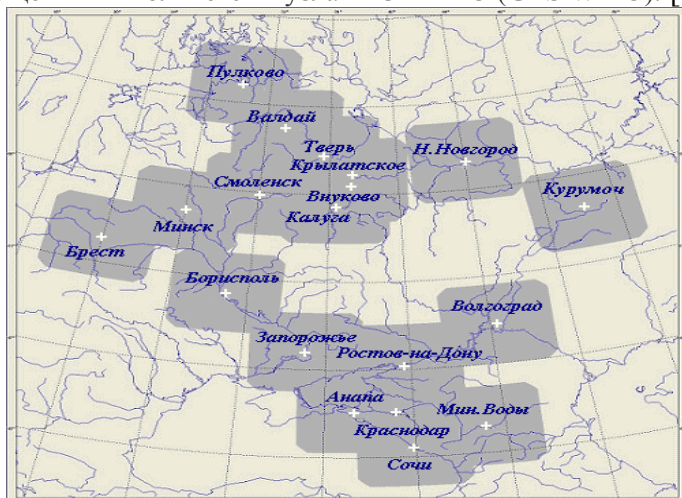
Ценность радиолокационной информации существенно возрастает при объединении данных нескольких радиолокаторов и построении композитных (сшитых) карт. В этом случае появляется возможность оперативного слежения за развитием процессов синоптического масштаба (атмосферные фронты, линии шквалов, зоны осадков) с периодом обновления информации порядка 30-60 мин

Для построения композитных карт наш институт разработал рабочую станцию (РС) РС «МАРС»

Для обмена радиолокационными данными используется международный код FM94 BUFR ('BinaryUniversalFormforDataRepresentation - FM 94 BUFR - Collectedpapersandspecification' Europeancenterformedium - rangeweatherforecasts, February 1988), что позволяет получать данные для композитной карты от различных производителей радиолокационной информации.

В настоящее время РС«МАРС» принимает и обрабатывает данные следующих автоматизированных радиолокационных систем: АМРК «Метеор-МетеоЯчейка», АМРК «МетеоЯчейка», АСУ МРЛ, АКСОПРИ. При участии специалистов фирмы Vaisala на заводе фирмы в г. Хельсинки были успешно проведены испытания расширения программного обеспечения РС«МАРС» в части декодирования радиолокационной информации в коде BUFR проекта OPERA.

Для обмена радиолокационными данными используются каналы глобальной системы телесвязи (ГСТ) (сеть МЕКОМ, протокол TSP/IP). Использование стандартных протоколов и существующих каналов связи позволяет избежать дополнительных затрат на передачу информации. Радиолокационная информация становится доступна всем потребителям, имеющим выходы на каналы ГСТ ВМО. В качестве резервного канала может использоваться Интернет. Каждый потребитель информации сам определяет необходимый ему набор радиолокационных продуктов и метеорологических радиолокаторов. Маршрутизация сообщений выполняется в узлах ГСТ ВМО (GTS WMO). [4]



Заключение

За последние годы метеорологи узнали много нового об облаках и осадках. Было раскрыто множество загадок гроз, торнадо и циклонов, чему немало способствовала радиолокация.

Наряду с исследовательскими самолетами, которые производят измерения в свободной атмосфере, радиолокация дала в руки метеорологов новый вид наблюдений, позволяющих более эффективно описывать многие типы метеорологических ситуаций.

Другое блестящее достижение последних 30 лет быстродействующие электронно-вычислительные устройства позволило решить некоторые из сложнейших уравнений, которые описывают основные процессы в атмосфере и используются при прогнозе погоды.

Наиболее важным событием в метеорологии за последние три десятилетия является расширение круга компетентных исследователей, которые включились в изучение атмосферы. Известно, что успехи многих наук в значительной мере определяются квалификацией работающих в той или иной области лиц. В последние годы в связи с успешным запуском искусственных спутников Земли наука об атмосфере получила новые ценные данные.

Список литературы

1. Успехи радарной метеорологии / Пер. с англ. Г. Л. Шубовой. Под ред. д-ра физ.-мат. наук К. С. Шифрина. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 194 с.
2. Радиолокация в метеорологии: (Радиометеорология). - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 351 с. с илл.; 1 л. Карт
3. Радиолокационные измерения осадков / Под ред. А. М. Боровикова и В. В. Костарева. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 140 с. с илл.; 1 отд. л. схем
4. Сайт Института радарной метеорологии
http://www.iram.ru/iram/m1_rloc_ru.php