

4. Истомин Я. Н., Карпман В. И., Шкляр Д. Р.— Геомagnetизм и астрономия, 1976, 16, с. 116.
5. Давыдовский В. Я., Филиппов Ю. С.— ЖТФ, 1977, 47, с. 897.
6. Давыдовский В. Я., Якушев Е. М.— ЖТФ, 1969, 39, с. 2236.
7. Asseo E., Laval G., Peilat R., Roux A., Welti R.— J. Plasma Phys., 1972, 8, p. 341.
8. Карпман V. I., Istomin Ja. N.— Phys. Lett., 1974, A48, p. 197.
9. Давыдовский В. Я., Сапогин В. Г., Филиппов Ю. С.— ЖТФ, 1978, 48, с. 2455.
10. Давыдовский В. Я.— ЖЭТФ, 1979, 77, с. 519.
11. Давыдовский В. Я., Якушев Е. М.— ЖТФ, 1971, 41, с. 2259.

Таганрогский
радиотехнический институт

Поступила в редакцию
27 мая 1981 г.

УДК 551.508.85 : 551.578.7

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОХАРАКТЕРИСТИК ГРОЗО-ГРАДОВЫХ ОБЛАКОВ

Х. Н. Кармов, Б. Х. Тхамоков

В настоящее время экспериментальные исследования СВЧ радиометрами жидкокапельных облаков без осадков, а также с морозящими осадками проводятся с целью определения интегральной влажности и водозаписа облаков и получили большое распространение (см., например, [1-3] и др.).

Исследования мощных грозо-градовых облаков с помощью многоволновой радиометрии совместно с некогерентными и когерентными радиолокаторами начаты относительно недавно [4, 5]. Использование активно-пассивной радиолокации с применением импульсно-когерентных радиолокаторов в экспериментальном исследовании физических процессов в грозо-градовых облаках даст возможность получить ряд ценной дополнительной информации [5, 6].

В связи с этим задача настоящей работы состоит в анализе экспериментальных результатов с целью выяснения возможности определения зоны зарождения и режима роста града в ранней стадии градообразования с помощью радиолокационно-радиометрического комплекса. Исследования включали измерение теплового радиоизлучения градовых и дождевых облаков на волнах 3,3 и 8,4 см, а также одновременное наблюдение радиолокационных параметров на волнах $\lambda = 10$ и 30 см. Измерения выполнялись с помощью аппаратуры, описанной в [4, 5].

Методика измерения антенной температуры градовых и дождевых облаков заключалась в записи на самописцах ЭПП-09 азимутальных профилей разности антенной температуры между безоблачным небом и облаками. Одновременно велась регистрация значения радиолокационной отражаемости на многоканальном самописце Н-328 при фиксированном угле места антенны.

Для получения распределения радиоизлучения и радиолокационной отражаемости по вертикальной и горизонтальной протяженности облака проводилось сканирование по углу места через 2° (выбор угла сканирования связан с шириной диаграммы направленности антенны*), если облако проходило в стороне от научно-исследовательского полигона. Одновременно с помощью активной радиолокационной станции определялись горизонтальные и вертикальные протяженности облачной среды.

При прохождении грозо-градового облака над научно-исследовательским полигоном наблюдения проводились в зенит непрерывно с помощью вертикально направленных антенн. По мере прохождения облака над радиолокационно-радиометрической системой фиксировались: значения радиояркостной температуры T_{λ} на $\lambda = 3,3$ и 8,4 см, распределение отражаемости η см⁻¹ на $\lambda = 30$ см по высоте и во времени, а также измерялась интенсивность J мм/ч осадков и ее трансформация во времени в точке наблюдения. Количество осадков и их интенсивность измерялись с помощью челночного амбрографа. Уровень теплового радиоизлучения безоблачной атмосферы определялся по методу разрезов [7] до прохождения и после прохождения облака. В среднем проводилось пять-шесть разрезов атмосферы и осреднялись значения радиоизлучения безоблачной атмосферы по соответствующим уровням угла места, начиная с 4 до 90° . Полученные значения радиояркостных температур безоблачной атмосферы вычитались из радиояркостных температур грозо-градовых облаков.

Следует отметить, что измерение радиояркостной температуры безоблачной атмосферы в различных азимутах показало, что в сторону главного Кавказского хребта

* Влияние дождя на параметры антенны специально не исследовалось. Однако, согласно [8], ошибка, вызванная эффектом смачивания антенны при измерении антенной температуры, не превышает $2-3\%$ на $\lambda > 2$ см.

флуктуация радионизлучения атмосферы значительно выше, чем в сторону равнины. Это может быть вызвано флуктуацией влагосодержания атмосферы над горными районами.

На рис. 1 приведены некоторые характеристики грозо-градового облака, проходившего над научно-исследовательским полигоном 17.06.78 г. Исследование проводилось по вышеуказанной методике. Характеристики облака по времени приведены на рис. 1,

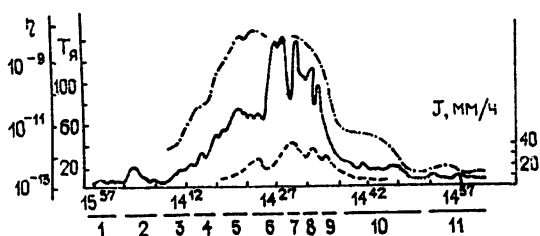


Рис. 1. Изменение радиояркостной температуры на волне $\lambda = 3,3$ см (сплошная линия), радиолокационной отражаемости на волне $\lambda = 30$ см (штрихпунктирная линия) в зависимости от времени и типа осадков: 1 — безоблачная атмосфера, 2 — отдельные крупные капли, 3 — слабый морозящий дождь, 4 — крупная с отдельными крупными каплями, 5 — град диаметром 1 см со слабым дождем, 6 — град диаметром 1 см с ливневым дождем, 7 — ливневый дождь без града, $J = 40$ мм/ч, 8 — град диаметром 1 см с ливневым дождем, 9 — умеренный дождь, 10 — слабый морозящий дождь, 11 — безоблачная атмосфера.

на котором отображены $Tя$ — сплошной линией, J — пунктирной линией и η — штрихпунктирной линией. Как видно из рис. 1, в градовом облаке радиояркостная температура во фронтальной части (в зоне зарождения и роста града) мала, а радиолокационное отражение — значительное. В зоне жидких осадков или смеси жидкой и твердой фракции с ростом радиояркостной температуры растет и радиолокационная отражаемость, причем, с увеличением интенсивности жидких осадков значение радиояркостной температуры увеличивается. Однако при выпадении смеси твердых и жидких осадков значение радиояркостной температуры увеличивается, хотя интенсивность жидких осадков при этом несколько уменьшается. В то же время радиолокационная отражаемость с увеличением интенсивности осадков в виде дождя и града увеличивается. Такая сильная вариация уровня радиояркостной отражаемости, на наш взгляд, связана с диэлектрической неоднородностью структуры гидрометеоров в градовом облаке. В частности, величина радиояркостной температуры в различных областях грозо-градовых облаков зависит от режима и роста града (сухой или мокрый), вида осадков (дождь, град сухой или обводненный, град с дождем). Все это приводит к резким изменениям диэлектрических свойств среды, следовательно, и к изменениям радионизлучения в облаке и в зоне осадков.

На рис. 2 приведены изменения радиояркостной температуры для $\lambda = 3,3$ см (рис. 2б) и радиолокационной отражаемости на длине волны $\lambda = 10$ см в виде многоконтурного изоэха (на рис. 2а) для градового облака в зависимости от угла места зондирования и времени. Из рисунка следует, что в тыловой части градового облака (в зоне осадков) с ростом радиолокационной отражаемости растет и радиояркостная температура и достигает соответственно $\eta \approx 10^{-8}$ см $^{-1}$ ($\lambda = 10$ см) и $Tя \approx 130$ К ($\lambda = 3,3$ см), а во фронтальной части (в зоне зарождения града) согласно [2] наблюдается вторая зона повышенной радиолокационной отражаемости порядка $\eta \approx 10^{-9}$ см $^{-1}$,

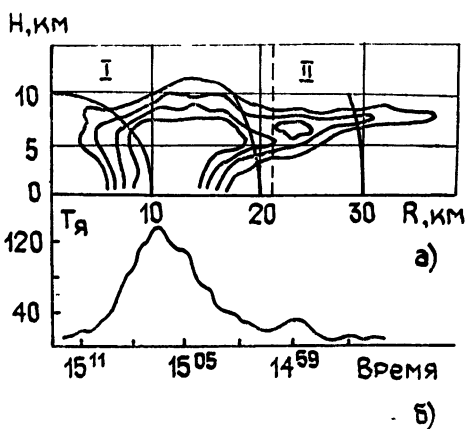


Рис. 2. Пространственно-временное распределение радиохарактеристик в кучево-дождевом облаке: а) изоэхоны радиолокационной отражаемости η ($\lambda = 10$ см) через 10 дБ (сверху вниз $\eta = 10^{-11}, 10^{-10}, 10^{-9}, 10^{-8}$ см $^{-1}$) на диаграмме. H — высота в километрах, R — дальность в километрах; б) значения яркостной температуры градового облака на волне $\lambda = 3,3$ см.

а радиояркая температура в указанной зоне достигает всего лишь 15—20 К. Наличие зоны зарождения града во фронтальной части облака, в области «навеса», подтверждается также высокой радиолокационной отражаемостью и низким радиоизлучением.

Из краткого анализа экспериментального материала можно сделать предварительный вывод, что в случае жидкокапельных облаков с ростом радиолокационной отражаемости растет и радиояркая температура во всех участках облачной среды. В градовых облаках радиояркая температура в зоне зарождения града медленно растет и значение радиоизлучения мало. В тыловой части (в зоне осадков) величина $T_{я}$ значительно больше, чем во фронтальной (см. рис. 1 и 2). Значение радиолокационной отражаемости в зоне зарождения града может быть таким же высоким, как и в зоне выпадения осадков. Следовательно, в зоне зарождения града наблюдается повышенная радиолокационная отражаемость и низкая радиояркая температура, что свойственно градам, растущим в режиме сухого роста.

В заключение следует сказать, что вышеизложенные экспериментальные данные позволяют надеяться, что использование активной и пассивной радиолокации в исследовании градовых облаков является эффективным методом для обнаружения зоны зарождения града. Это, в свою очередь, может быть использовано для контроля эффективности воздействия на градовые процессы. Исследования проводились с помощью радиолокационных станций, работающих на волнах $\lambda = 10$ и 30 см, и радиометров, работающих на волнах $\lambda = 3,3$ и $8,4$ см. В дальнейшем желательно для исследования зоны зарождения града в грозо-градовых облаках совместно с активными многоволновыми радиолокаторами использовать многоволновые СВЧ радиометры.

Авторы выражают искреннюю благодарность А. П. Наумову за ценные замечания и постоянное внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башарнов А. Е., Горелик А. Г., Калашников В. В., Кутуза Б. Г.— Изв. АН СССР. Сер. Физика атмосферы и океана, 1970, 6, № 5, с. 1231.
2. Кутуза Б. Г.— Труды ГГО, 1968, вып. 222, с. 11.
3. Аквилонова А. Б., Кутуза Б. Г.— Радиотехника и электроника, 1978, 23, № 9, с. 1792.
4. Кармов Х. Н.— Труды ВГИ, 1978, вып. 41, с. 76.
5. Тхамоков Б. Х.— Труды ВГИ, 1974, вып. 22, с. 67.
6. Кармов Х. Н.— Изв. АН СССР. Сер. Физика атмосферы и океана, 1978, 6, № 5, с. 1106.
7. Жсвакин С. А., Троицкий В. С., Цейтлин Н. М.— Изв. вузов — Радиофизика, 1968, 11, № 2, с. 19.
8. Фалин В. В. Диссертация. Муром, 1980.
9. Сулаквелидзе Г. К. Ливневые осадки и град.— Л.: Гидрометеонздат, 1967.

Высокогорный
геофизический институт

Поступила в редакцию
25 августа 1981 г.

УДК 621.378

ИССЛЕДОВАНИЕ СДВИГОВ ЧАСТОТ ДАВЛЕНИЕМ В СИСТЕМЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ МОЛЕКУЛЫ $^{14}\text{NH}_3$ В ν_2 -ВОЗБУЖДЕННОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ

С. П. Белов, А. Ф. Крупнов, А. А. Мельников

Большинство исследований сдвигов частот линий поглощения давлением газа, выполненных методами микроволновой спектроскопии, проведено для молекул, находящихся в основном колебательном состоянии. Кроме того, они изучались главным образом для отдельных не связанных между собой общими энергетическими уровнями переходов. Так, например, в микроволновом спектре поглощения молекул аммиака параметры сдвига давлением измерены лишь для отдельных чисто инверсионных переходов [1]. Исследование сдвигов в спектрах поглощения других молекул типа симметричного волчка обычно ограничено одним или двумя нижними вращательными переходами [2]. Все это, на наш взгляд, сдерживает дальнейшее развитие теории сдвигов, поскольку сдвиги отдельных переходов по сравнению с системой содержат, конечно, более бедную информацию о молекуле и ее взаимодействии с окружением.

В настоящей работе приводятся результаты измерения параметров сдвига давлением частот переходов молекулы аммиака $^{14}\text{NH}_3$ в возбужденном колебательном состоянии $\nu_2 = 1$. В совокупности со сделанными ранее измерениями [3] они позволили впервые получить информацию о сдвигах частот линий давлением для системы инверсионных и инверсионно-вращательных переходов при малых значениях квантовых чисел