

Пекшев А.С., Бакнин М.Д.
Научный руководитель – к.т.н., доц. И.Н. Ростокин
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 e-mail: pekshev95@mail.ru

Исследование радиотеплового излучения облачной атмосферы

К основным метеорологическим образованиям главным образом, влияющим на формирование погоды и климата, относятся облака и выпадающие из них осадки.

Облакообразование оказывает значительное влияние на влажно-температурный режим тропосферы и нижних слоев воздуха, где главным образом протекает жизнедеятельность человека.

Облаком обычно называют некоторое объединение, взвешенных в атмосфере, и находящихся в ходе формирования капель дождя или кристаллов льда, являющихся результатом сосредоточения или перехода водяного пара на высоте от нескольких десятков метров до нескольких километров в твердое состояние.

Свойственное изменение этой группы частиц (фазовое образование облака – соотношения воды и кристаллов льда по разным параметрам (массе, числу частиц и др.) в единице объема воздуха) происходит под влиянием температуры, влажности и вертикальных перемещений как внутри, так и снаружи облака.

В свой черед, результатом перехода воды в разные фазовые состояния является выделение и поглощение тепла, а присутствие в потоке воздуха частиц оказывают обратное воздействие на свойства облачной среды.

Результатом образования облаков является переход воды в другие виды агрегатных состояний: газообразное (пар), в жидкое (капли) и в твердое (лед). При этих переходах, называемых конденсацией, происходящих вследствие равномерного подъема влажного воздуха, выделяется большое количество тепла, оказывающее существенное влияние на появление в атмосфере облаков.

Основной характеристикой облаков являются выпадение осадков. Облака определенной формы почти всегда дают осадки, другие – не дают осадков или осадки, выпадающие из них, испаряются, не долетая до земли.

Факт выпадения осадков, а также их вид и характер выпадения служат дополнительными признаками для определения формы и разных видов облаков [1].

Основным параметром РТИ кучевых облаков является их радиояркостный контраст на фоне безоблачной атмосферы, он представляет собой вклад облачности в полную РЯК температуру излучения А – ПП в точке установки микроволнового радиометра.

Как известно, радиотепловое излучение безоблачной атмосферы, регистрируемое СВЧ радиометром на поверхности Земли под некоторым зенитным углом Θ_0 , определяется следующим выражением:

$$T_{\text{я}}(\lambda, \theta_0) = T_{\text{э}}(\lambda, \theta_0) [1 - e^{-\tau(\lambda, \theta_0)}], \quad (1)$$

где $T_{\text{э}}(\lambda, \theta_0)$ - эффективная температура безоблачной атмосферы;

$\tau(\lambda, \theta_0)$ - оптическая толщина безоблачной атмосферы под углом Θ_0 .

При приближении облака к области главного лепестка диаграммы направленности (ДН) антенны микроволнового радиометра, РЯК температура атмосферы в этой области возрастает и равняется:

$$T'_{\text{я}}(\lambda, \theta_0) = T'_{\text{э}}(\lambda, \theta_0) [1 - e^{-\tau'(\lambda, \theta_0)}], \quad (2)$$

где $T'_{\text{э}}(\lambda, \theta_0)$ - эффективная температура атмосферы при наличии облачности;

$\tau'(\lambda, \theta_0)$ - оптическая толщина атмосферы при наличии облачности.

РЯК контраст облака $\delta T_{\text{Я}}$ представляет собой разность $T'_{\text{Я}}$ и $T_{\text{Я}}$ и определяется следующим выражением:

$$\delta T_{\text{Я}}(\lambda, \theta_0) = \delta T_{\text{Э}}(\lambda, \theta_0) + e^{-[\tau_{\text{Q}}(\lambda, \theta_0) + \tau_{\text{K}}(\lambda, \theta_0)]} [T_{\text{Э}}(\lambda, \theta_0) - T'_{\text{Э}}(\lambda, \theta_0) e^{-\tau_{\text{W}}(\lambda, \theta_0)}], \quad (3)$$

где $\delta T_{\text{Э}} = T'_{\text{Э}} - T_{\text{Э}}$;

$\tau_{\text{Q}}, \tau_{\text{K}}$ и τ_{W} - оптические толщины, соответствующие водяному пару, кислороду и капельной влаги облака в направлении линии визирования.

Опытным путем связь между водозапасом (ВЗ) W кучевого облака и его мощностью z можно определить, используя следующее выражение:

$$\Delta z \approx 1.7\sqrt{W}, \quad (4)$$

С помощью этого выражения, зная ВЗ конвективного облака, можно оценить мощность облака и определить высоту его центра Z_{C} над поверхностью Земли [2]:

$$Z_{\text{C}} = Z_{\text{H}} + 0.85\sqrt{W} \text{ для кучевых (Cu)}, \quad (5.1)$$

$$Z_{\text{C}} = Z_{0^{\circ}\text{C}} + 0.85\sqrt{W} \text{ для кучево-дождевых (Cb)}, \quad (5.2)$$

где $Z_{0^{\circ}\text{C}}$ - высота нулевой изотермы, соответствующая высоте нижней границы переохлажденной зоны.

Основная особенность переохлажденных зон Сб их сложная микроструктура. Сб являются пространственно-ограниченными средами и представляют собой динамичные неоднородные системы со сложной микроструктурой. Поэтому их радиотепловое исследование связано с некоторыми проблемами:

1) наличие разных фаз воды (маленькие капли, большие капли дождя, град, снег и т.п.) ощутимо усложняют интерпретацию результатов радиотеплолокационных измерений, требует учета процесс многократного распространения радиоволн на облачных частицах и оценка вкладов излучения частей облака с различным фазовым составом в общую РЯТ облака;

2) при исследовании Сб с поверхности Земли, в главный лепесток ДНА попадают не только мелкокапельные переохлажденные зоны облака, но и части слоя дождя, а также фоновое излучение, приходящее по боковым лепесткам ДНА. В этом случае полное решение задачи дистанционного измерения ВЗ и влажности этих зон возможно лишь путем раздельного определения ВЗ мелкокапельной и крупнокапельной фракции кучево-дождевых облаков [2].

Использование многоволнового микроволнового радиометрического исследования облачной атмосферы с пространственным разрешением и поляризационным отбором радиотепловых сигналов позволяет решить поставленную задачу.

Литература

1. Беспалов Д. П., Девяткин А. М. и др. Атлас облаков. – Санкт-Петербург 2011. – 248 с.
2. Степаненко В.Д., Щукин Г.Г., Бобылев Л.П., Матросов С.Ю. Радиотеплолокация в метеорологии 1987.-283с.