

Федосеева Е.В., Тышкевич Е.М.

*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: elenafedoseeva@yandex.ru

### **Анализ условий многочастотных измерений радиотеплового излучения дождя СВЧ радиометрическими системами наземного базирования**

СВЧ радиометрические измерения интенсивности радиотеплового излучения атмосферы используют для дистанционной оценки ее метеопараметров - температуры, водо- и влагосодержания, интенсивности осадков, что позволяет формировать прогнозы изменения ее состояния [1, 2]. Современным направлением развития средств и методов дистанционного зондирования является разработки в области краткосрочных прогнозов, что актуально в ситуации формирования опасных погодных явлений - ливней, ураганов, штормов и т.п.

В данной работе анализировалась частотная зависимость интенсивности радиотеплового излучения удаленной зоны дождя в атмосфере для выполнения многофакторной оценки ее метеопараметров с помощью многочастотной СВЧ радиометрической системы наземного базирования. Данная задача обусловлена частотной зависимостью коэффициентов затухания и рассеяния в области осадков и, следовательно, протяженностью эффективной области зоны осадков, формирующей радиояркостную температуру, определяющую величину входного сигнала СВЧ радиометрической системы.

При выполнении модельных расчетов были приняты следующие упрощающие положения: области атмосферы до дождя и с дождем однородны и характеризуются одной величиной погонного коэффициента поглощения; зондирование выполняется при пологом направлении, т.е. зенитный угол близок к 90°. Также принималось выполнение следующего условия: излучение области атмосферы за зоной дождя полностью поглощается ей и не учитывается его вклад в общую радиояркостную температуру.

На основе уравнения переноса излучения для неоднородной структуры и с учетом указанных упрощений модель формирования радиотеплового излучения неоднородной атмосферы с удаленной от СВЧ радиометрической системы областью дождя для радиояркостной температуры принята в виде

$$T_{\text{ярк}} = (1 - \exp(-\alpha_{\text{д}} \cdot l_{\text{д}}))T_{\text{д}} \exp(-\alpha_{\text{бд}} \cdot l_{\text{бд}}) + \int_0^{l_{\text{бд}}} \alpha_{\text{бд}} T_{\text{бд}} \exp\left(-\int_x^{l_{\text{бд}}} \alpha_{\text{бд}} dy\right) dx, \quad (1)$$

где  $T_{\text{ярк}}$  - радиояркостная температура атмосферы с удаленной областью дождя;  $\alpha_{\text{д}}$  и  $\alpha_{\text{бд}}$  - погонные коэффициенты затухания в области дождя и в области атмосферы без дождя;  $T_{\text{д}}$  и  $T_{\text{бд}}$  - термодинамические температуры областей дождя и без дождя;  $l_{\text{д}}$  и  $l_{\text{бд}}$  - продольные размеры области дождя и без дождя.

Проведено численное моделирование радиояркостной температуры области дождя, удаленной от места базирования СВЧ радиометрической системы. Параметры моделирования были приняты следующие: протяженность зоны дождя 3 км, прием радиотеплового излучения в трех частотных диапазонах с центральными длинами волн - 1,35 см, 3,2 см, 7,5 см при расстояниях до области дождя от 1 до 40 км и для разных значений интенсивности дождя от 1 до 100 мм/час. Результаты моделирования радиояркостной температуры удаленной области дождя приведены на рисунке 1.

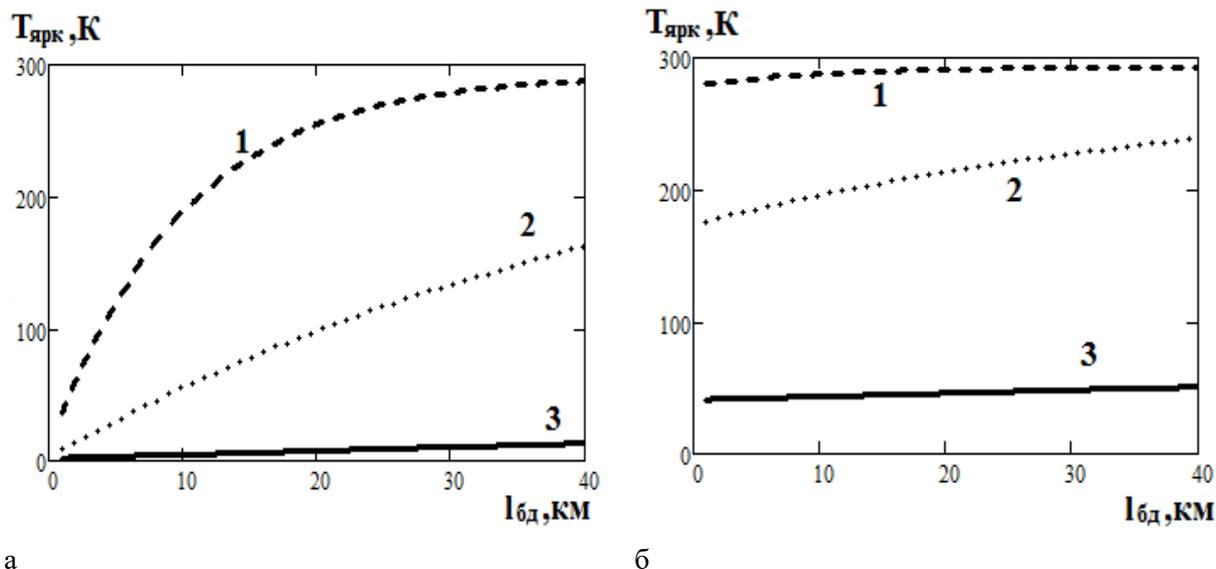


Рисунок 1 Радиояркостная температура атмосферы с удаленной областью дождя с интенсивностью 1мм/час (а) и 100 мм/час (б) на длинах волн 1,35см (1), 3,2см (2), 7,5 см (3).

Выполненное моделирование показало сложную зависимость интенсивности радиотеплового излучения атмосферы с удаленной зоной дождя от его интенсивности и расстояния до области дождя в трех частотных диапазонах.

Скорость изменения радиояркостной температуры определяется частотой формируемого радиотеплового излучения и имеет место область насыщения для длины волны 1,35см, при отсутствии таковых в двух других диапазонах, в которых сохраняется практически равномерный рост радиояркостной температуры. Имеется также сложная частотная зависимость от интенсивности осадков.

Все это позволило сделать вывод о высокой информативности многочастотных СВЧ радиометрических измерений и больших потенциальных возможностях наземных дистанционных исследованиях удаленных зон дождя с целью формирования краткосрочных прогнозов из состояния.

#### Литература

1. Степаненко В.Д., Щукин Г.Г., Бобылев Л.П., Матросов С.Ю. Радиотеплолокация в метеорологии. Л.:Гидрометеиздат, 1987.
2. A network suitable microwave radiometer for operational monitoring of cloudy atmosphere // t.Rose, et.al. Atmospheric Reseach. 2005. PP. 183-200.