

Г. М. БЕЛЯКОВА, А. С. ГУРВИЧ, Д. Т. МАТВЕЕВ, Б. П. МИРОНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СО СПУТНИКА
«КОСМОС-243» НАД КУЛЬТУРНЫМ ЛАНДШАФТОМ

(Представлено академиком А. М. Обуховым 12 V 1971)

В настоящей работе приведены результаты анализа поля микроволнового излучения над Европейской частью СССР. Анализ проводился с целью выяснения возможностей определения параметров поверхности Земли в зоне с культурным ландшафтом. При этом использовались результаты измерений микроволнового излучения с искусственного спутника «Космос-243» ⁽¹⁾ и данные о температуре и влажности, полученные станциями Гидрометеослужбы и агрометеостанциями. Европейская часть СССР была выбрана из-за наилучшей обеспеченности картографическим материалом и метеоданными.

Радиометры, установленные на спутнике «Космос-243», позволяли синхронно измерить радиояркостную температуру $T_{я, \lambda}$ на радиоволнах $\lambda = 8,5; 3,4; 0,8$ см в подспутниковой точке. Пространственно-временное осреднение во время измерения приводило к тому, что определялась яркостная температура, осредненная по эллипсу с полуосями 33 и 25 км, причем большая полуось направлена по направлению полета. Шумовая чувствительность радиометров, пересчитанная в яркостные температуры, составляла около $0,7^\circ \text{K}$ на волнах 8,5 и 3,4 см и около 2°K на волне 0,8 см. Для анализа были взяты две проекции траектории от Черного моря до Обской губы за 23 и 24 сентября. Во время пролета спутника в этом районе была незначительная облачность и небольшие осадки в районе Средней Волги, которые не препятствовали измерениям излучения поверхности Земли.

Радиояркостная температура может быть приближенно выражена следующим образом:

$$T_{я, \lambda} = A_{\lambda} T_{\text{пов.э}} + \Delta T_{\lambda}, \quad (1)$$

где A_{λ} — эффективная излучательная способность на волне λ , определяемая как состоянием поверхности (шероховатостью, характером растительности), так и диэлектрическими свойствами почвы в слое толщиной порядка длины волны, где формируется радиоизлучение. В случае идеально гладкой поверхности без растительности A_{λ} может быть рассчитано по формулам Френеля и, как показывает расчет, в этом случае A_{λ} сильно зависит от влажности почвы. Второй член ΔT_{λ} связан с неизотермичностью атмосферы и при измерениях над сушей даже при небольших осадках его величина и его вариации не превышают нескольких градусов для радиоволн $\lambda \geq 0,8$ см. Поэтому второй член в формуле почти на два порядка меньше первого и при приближенных расчетах может не приниматься во внимание.

На рис. 1а представлен корреляционный график, который позволяет оценить связь между измеренными значениями $T_{я, \lambda}$ для $\lambda = 0,8$ см и температурой почвы по данным метеостанций. Как показал расчет, коэффициент корреляции между $T_{я, \lambda}$ на волне 0,8 см и температурой почвы составляет 0,92.

Для того чтобы выяснить влияние вариаций влажности на излучательную способность A_{λ} на этой же волне, на рис. 1б представлено отношение

$T_{\lambda} / T_{\text{почвы}} = A_{\lambda}$, как функция характеристик влажности почвы ρ . На большинстве агрометеостанций влажность почвы оценивается визуально и выражается в баллах, что не дает возможности определить абсолютную и относительную влажность почвы. На некоторых агрометеостанциях (около 30%) влажность определяется как отношение веса влаги к весу абсолютно сухой почвы. Это относительное содержание использовалось в данной работе как характеристика влажности почвы ρ (рис. 1б). Поскольку измерения ρ проводятся на меньшем числе станций, то этим объясняется меньшее по сравнению с рис. 1а количество точек на графике.

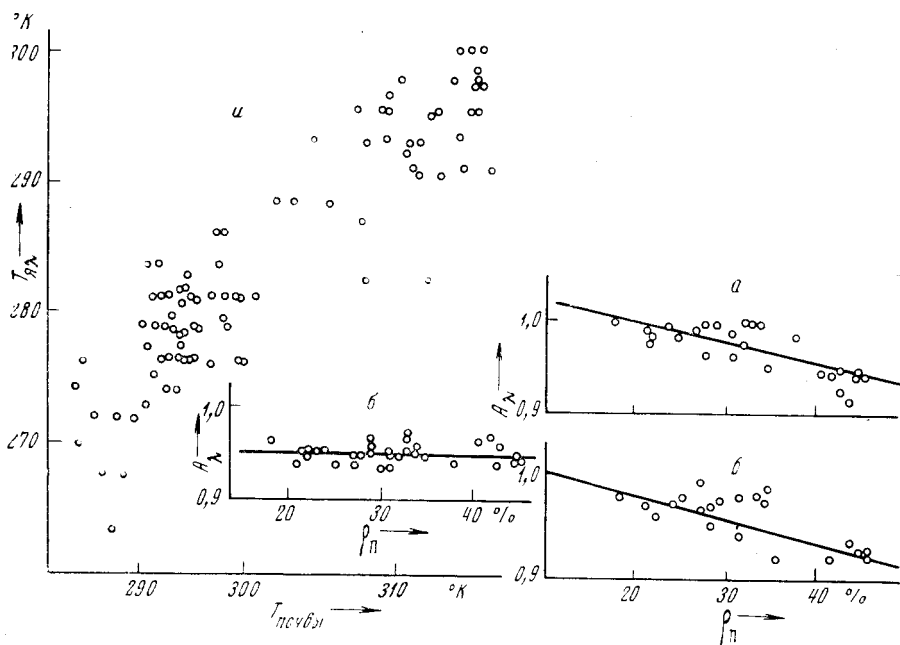


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 1. а — зависимость радиояркостной температуры $T_{Я,\lambda}$ на волне $\lambda = 0,8$ см от температуры почвы $T_{\text{почвы}}$; б — зависимость отношения $A_{\lambda} = T_{Я,\lambda} / T_{\text{почвы}}$ для волны $\lambda = 0,8$ см от характеристик влажности почвы

Рис. 2. Зависимость отношения $T_{Я,\lambda} / T_{Я,0.8} = 0,8$ для волн $\lambda = 3,4$ см (а) и $\lambda = 8,5$ см (б) от характеристик влажности почвы

Из сопоставления данных, представленных на рис. 1, видно, что в условиях наблюдавшегося диапазона влажностей почвы (от сухой до жидко-текучей по шкале градаций агрометеостанций) влажность почвы практически не влияет на излучательную способность почвы A_{λ} на самой короткой из применявшихся волн $\lambda = 0,8$ см. Этот результат не является неожиданным для культурного ландшафта, где имеет место значительная (по сравнению с длиной волны) шероховатость почвы и почва, как правило, покрыта растительностью. Поэтому при наблюдениях со спутника, когда имеет место осреднение по большому пятну, можно полагать, что измерения радиоизлучения на волне 0,8 см (или более коротких) позволяют определить температуру приповерхностного слоя почвы.

На более длинных волнах влияние шероховатости поверхности и растительности на формирование радиоизлучения, вероятно, меньше и можно ожидать, что влажность почвы оказывает более заметное влияние на радиоизлучение поверхности. Увеличение влажности почвы увеличивает диэлектрическую проницаемость почвы на радиочастотах, что, в свою очередь, приводит к уменьшению излучательной способности. Это проявляется на рис. 2, где представлены значения яркостных температур на волнах 8,5 и 3,4 см, отнесенные к яркостной температуре на волне 0,8 см, которая,

как было установлено выше, близка к температуре почвы. Из рис. 2 видно, что, в соответствии с ожидаемым, на более длинных волнах влияние влажности более заметно. Следует отметить, что и на этих волнах падение излучательной способности с ростом влажности в 1,5—2 раза меньше, чем было бы при гладкой, лишенной растительности поверхности, с той же влажностью.

Полученные результаты следует рассматривать как предварительные, при этом область их применимости ограничена исследованием культурного ландшафта. Тем не менее полученные экспериментальные данные указывают на возможность раздельного определения температуры и влажности почвы по спектральным измерениям уходящего микроволнового излучения в миллиметровом и сантиметровом диапазонах с искусственных спутников Земли.

Институт физики атмосферы
Академии наук СССР
Институт географии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
10 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Е. Башаринов, А. С. Гурвич, С. Т. Егоров, ДАН, 188, № 6, 1273 (1969).