

*Физика*

УДК 11.00.09

Ж. Б. ХАЧАТРЯН

**АКТИВНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ  
КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ  
ПОВЕРХНОСТИ В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ**

Предлагаются усовершенствованный метод определения поляризационных индикатрис отражения почвы при использовании миллиметрового излучения, блок-схема установки, а также методы проведения эксперимента.

Полученные соотношения, при использовании которых определяют поляризационные коэффициенты отражения от исследуемой поверхности почвы, для различных углов визирования: с их помощью определяются также общее ослабление и коэффициент ослабления в почве.

Разработка дистанционных радиофизических методов определения состояния подстилающей поверхности требует надежных данных о излучающих и отражающих свойствах различных почв при разной влажности, высоте и состоянии растительного покрова и т. д. Особый интерес представляют данные о толщине эффективного отражающего (поглощающего) слоя почвы. Эти сведения необходимы для оценки слоя, в котором происходит радиационное выхолаживание, приводящее к промерзанию почвы.

Определенный интерес эта задача имеет и для метеорологии, в частности для спутниковой метеорологии, т. к. характеристики подстилающей поверхности выступают в качестве граничных условий при определении влажности атмосферы и водности облаков с помощью СВЧ приборов, установленных на ИСЗ.

К настоящему времени опубликовано значительное число работ, в которых рассмотрены как теоретические вопросы, связанные с переносом микроволнового излучения в почве, так и вопросы, относящиеся к экспериментальному исследованию отражающих (излучающих) свойств различных почвенных покровов. Результаты этих исследований обобщены в монографиях [1, 2].

Однако нам не известны литературные источники, в которых одновременно для одного и того же участка почвы приводились бы сведения о ее излучающих и отражающих свойствах, а также глубина слоя, в котором происходит формирование собственного излучения. Особенно мало сведений имеется о поляризационных характеристиках почвы в миллиметровом диапазоне, хотя этот диапазон все шире используется для определения параметров подстилающей поверхности с борта летательного аппарата [3, 4].

Поэтому большую практическую ценность представляет постановка таких экспериментов, при помощи которых можно было бы достаточно

точно и надежно получить данные, необходимые для проведения дальнейших расчетов и дальнейшего развития радиофизических методов определения состояния подстилающей поверхности. Для облегчения интерпретации результатов измерений должны разрабатываться методы, позволяющие при сравнительно несложной аппаратуре собрать максимум информации о исследуемом объекте.

В данной статье развивается методика, описанная в [5], которая позволит получать сведения об отражающих и излучающих свойствах одного и того же участка подстилающей поверхности для двух ортогональных поляризационных компонентах излучения.

Сущность предлагаемых методов определения коэффициентов отражения, пропускания и излучения состоит в следующем: на хорошо отражающую (поглощающую) поверхность укладывается почва, которая в одном эксперименте облучается при помощи СВЧ генератора с заданными характеристиками; для различных углов визирования определяется уровень отраженного сигнала, а в другом эксперименте измеряется уровень собственного излучения. При этом последовательно определяется величина отражающего сигнала (собственное излучение) в то время, когда на вспомогательную отражающую (поглощающую) поверхность укладывается слой излучаемой почвы и когда эта почва уже удалена со вспомогательной поверхности (рис. 1).

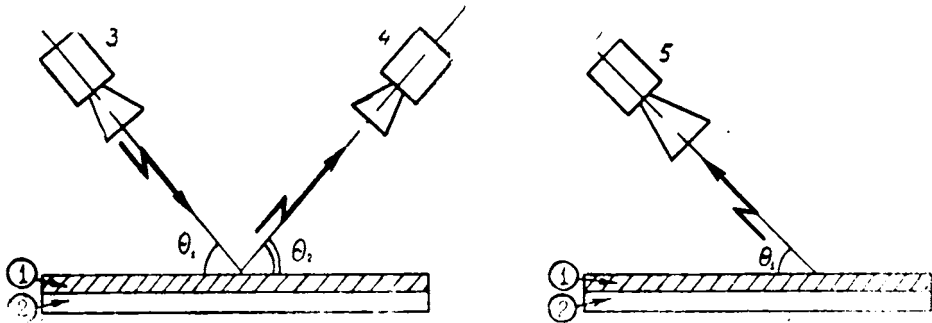


Рис. 1. К методике определения отражающих (излучающих) свойств почвенных покровов:

1—слой исследуемой почвы, 2—поверхность с высоким коэффициентом отражения (поглощения), 3—СВЧ передатчик, 4—СВЧ приемник, 5—СВЧ радиометр.

Перед проведением эксперимента определяется влажность почвы. Кроме того, определяется и распределение поля в зоне пересечения диаграмм направленностей излучающей и приемной антенн (для случая активной системы), а для пассивного радиометрического режима определяется диаграмма приемной антенны. Это достигается двумя определением—состоит в том, что на отражающую поверхность укладывается поглощающее покрытие, после чего измеряется величина отраженного сигнала при увеличении размеров области, которая покрывается поглощающей поверхностью. Размеры области перекрытия поглощающей поверхности увеличиваются до тех пор, пока это увеличение не приведет к росту интенсивности отраженного сигнала. Второй способ также позволяет определить распределение энергии на отражающей поверхности. Он состоит в том, что на поверхности почвы (рис. 1) помещен небольшой хорошо поглощающий (отражающий) образец, который в процессе эксперимента перемещают по поверхности. Поглощающая или

отражающая способность этого образца заранее известна. Его перемещение позволяет получить данные о величине отраженного сигнала (собственного излучения) каждого участка исследуемой поверхности. Суммирование всех измеренных значений должно дать тот же результат, который был получен при первом способе.

В качестве отражающей поверхности целесообразно использовать металлический лист, отражающая способность которого близка к единице, а в качестве поглощающей—специальный паралон, отражение которого близко к нулю.

Получим соотношения, позволяющие определить коэффициенты отражения и поглощения в среде.

Пусть  $P_{гЛ}$ —величина отраженного сигнала, зафиксированная при облучении металлического листа, а  $P_{гП}$ —величина отраженного сигнала при облучении паралона (одного с металлическим листом размера). Тогда

$$\Delta P = P_{гЛ} - P_{гП} = (K_1 - K_2)SP, \quad (1)$$

где  $K_1$ —коэффициент отражения единицы поверхности металлического листа,

$K_2$ —коэффициент отражения единицы поверхности паралона,

$S$ —эффективное значение отражающей поверхности,

$P$ —энергия, попадающая на единицу отражающей поверхности.

При постановке поляризационных измерений соотношение (1) следует писать для двух ортогональных поляризационных компонент. Следует также отметить, что величины, входящие в уравнение (1), зависят от углов визирования  $\theta_1$  и  $\theta_2$  (рис. 1). Для того чтобы измерить отражающую способность и ослабление излучения в исследуемом образце почвы или растительности, необходимо провести последовательные измерения его от слоя почвы, который первоначально насыпается на металлический лист, а затем на поглощающий паралон.

Значение отраженного сигнала в первом случае будет

$$P_{гЛ} = K_1(S - S')P + K_1P(1 - K_n)S'e^{-2\tau_p} + K_nS'P, \quad (2)$$

где  $S'$ —площадь, перекрытая исследуемой почвой или растительностью,

$K_n$ —коэффициент отражения почвы или растительности,

$\tau_p$ —ослабление излучения в почве,

$PS(1 - K_n)$ —мощность, проходящая внутрь исследуемого образца.

Значение отраженного сигнала для паралона следующее:

$$P_{гП} = K_2(S - S')P + K_2P(1 - K_n)S'e^{-2\tau_p} + K_nS'P. \quad (3)$$

Вычитывая (3) из (2), при  $S = S'$  имеем

$$\Delta P = P_{гЛ} - P_{гП} = (K_1 - K_2)(1 - K_n)e^{-2\tau_p}PS; \quad (4)$$

в соотношения (2) и (3) входят неизвестные, которые необходимо определить. Это  $K_n$  и  $\tau_p$ .

Разность величин  $P_{гЛ}$  и  $P_{гП}$  позволяет определить  $\tau_p$ , если предварительно определена площадь поверхности покрытия исследуемой почвы или растительности.

Для  $K_1 = 1$ ,  $K_2 = 0$  и  $S = S'$ , используя соотношения (4) и (3), имеем

$$\Delta P' = \frac{\Delta P}{PS} = (1 - K_p) e^{-2\tau_p}, \quad (5)$$

$$P'_{rn} = \frac{P_{rn}}{PS} = K_p. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5), получаем

$$\Delta P' = (1 - P'_{rn}) e^{-2\tau_p} \quad (7)$$

или

$$\tau_p = -\frac{1}{2} \ln \frac{\Delta P'}{1 - P'_{rn}}. \quad (8)$$

Таким образом, получены выражения, используя которые, можем определить коэффициенты отражения от исследуемой поверхности почвы, а также общее ослабление в исследуемом образце. Так как известна толщина исследуемого слоя, то определяется и коэффициент ослабления.

Ниже приводится описание экспериментальной установки и методики, обеспечивающей определение коэффициента отражения для разных углов визирования. Блок-схема прибора, обеспечивающего такие измерения, приведена на рис. 2. Установка состоит из двух отдельных блоков, которые устанавливаются на специальной платформе. Эта платформа—сегмент полусферы диаметром около 2,5 м.

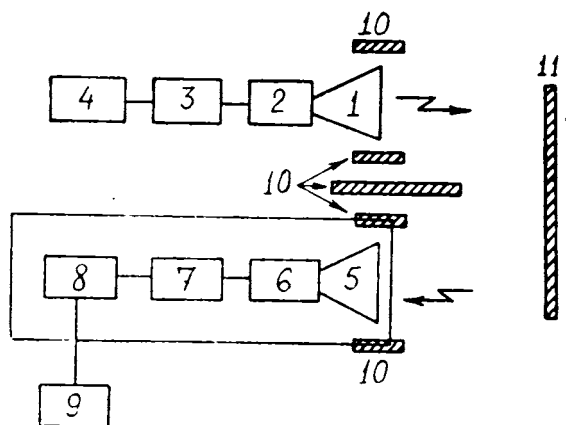


Рис. 2. Блок-схема приемно-передающего устройства:

1—передающая рупорная антенна, 2—РТП модулятор, 3—СВЧ генератор, 4—генератор модулирующих напряжений, 5—приемная рупорная антенна, 6—прецизионный аттенюатор, 7—СВЧ преобразователь, 8—узкополосный усилитель, 9—регулирующий прибор, 10—поглотители, 11—металлический лист или паралон.

Приемная и передающая части прибора крепятся специальными кронштейнами к основной конструкции, причем положение их на полусфере можно изменять. Это обеспечивает измерение поляризационной индикатрисы рассеяния и получение зависимости коэффициента отражения от угла визирования. Между приемной и передающей частями установки закрепляются специальные поглотители, которые обеспе-

чивают дополнительную развязку. Кроме того, для уменьшения величины фона в качестве антенн применены рупорные антенны со специальными поглотителями. Общая развязка между приемной и передающей антенной может составить около 40 дцБ.

Ниже предлагается принцип построения приемно-передающего комплекса, представляющего некоторую модификацию активно-пассивной системы. Он состоит из СВЧ передатчика, генерирующего в миллиметровом диапазоне, и приемника, регистрирующего излучение, отраженное от исследуемой поверхности. Излучение генератора (3) поступает на аттенюатор (2), который управляется специальным генератором модулированных напряжений (5). Модулированные СВЧ колебания излучаются рупорной антенной (1), СВЧ колебания, отраженные от исследуемого образца почвы, принимаются другой рупорной антенной (4). Между этой антенной и детектором установлен аттенюатор, при помощи которого при измерении можно поддерживать величину выходного сигнала на некотором постоянном уровне. СВЧ колебаний подаются на узкополосный усилитель. После усиления сигнал передается на регистрирующий прибор.

Методика конкретных измерений сводится к тому, чтобы поддерживать величину выходного сигнала на постоянном уровне. При помощи подобной установки исследовались отражающие свойства различных почв, сюда включаются песок, глина, чернозем. Исследовались также зависимость отражающих свойств от влажности почвы и от геометрической формы ее поверхности. Однако обсуждение полученных результатов выходит за рамки данной статьи.

Выражаю признательность проф. Горелику А. Г. за обсуждение результатов работы и ряд замечаний, касающихся возможности практической реализации предлагаемого метода.

*Кафедра общей физики*

*Поступила 19.10.1981*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Башаринов А. Е., Тучков Л. Г., Поляков В. М., Ананов Н. И. Измерение радиотепловых и плазменных излучений. М.: Сов. радио, 1968.
2. Кандратов К. Я., Мелентьев В. В., Рабинович Ю. И., Шульгина Е. Н. Определение некоторых физических характеристик поверхностного слоя почвы по радиотепловому излучению.— Докл. АН СССР, 1973, т. 208, № 2, с. 342.
3. Башаринов А. Е., Гурвич А. С., Егоров С. Т. Излучение земли как планеты. М.: Наука, 1974.
4. Белич Р. В., Горелик А. Г., Семилетов В. И., Фролов А. В. Поляризационные характеристики излучения подстилающей поверхности на длине волны 0,8 см по измерениям со спутника «Метеор».— Тр. ГосНИЦИРП, 1977, в. 4.
5. Гордон З. И., Фролов А. В. Экспериментальное определение радионизлучающей поверхности на  $\lambda=2,1$  см. Тр. ЦАО, 1974, вып. 116, с. 68—76.

Ժ. Բ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ԱԿՏԻՎ ՄԵԹՈԴԻՈՎ ՀՈՂԱԾԱՄԿՈՒՅԹԻ ԱՆԴՐԱԴԱՐՁՄԱՆ ԲԵՎԵՌԱՑԻՆ  
ԿՈՐԾԱԿԻՑՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՄԻԿՐՈԱԼԻՔԱՅԻՆ ՄԻՋԱԿԱՅՔՈՒՄ

## Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում առաջարկվում է հողի անդրադարձման բևեռային գործակիցների որոշման մեթոդի կատարելագործում միլիմետրային ճառագայթման կիրառումով:

Ներկայացվում են սարքի բլոկ սխեման և փորձի կատարման մեթոդները:

Ստացված են առնչություններ, որոնց միջոցով կարելի է ստանալ ուսումնասիրվող հողի մակերևույթի անդրադարձման բևեռային գործակիցները դիտման տարբեր անկյունների դեպքում: Ստացված արտահայտությունների միջոցով որոշվում են նաև ընդհանուր թուլացումը և թուլացման գործակիցը: