

УДК 530.1; 528.88

С.Е. Яцевич

Институт радиопроизведения и электроники НАН Украины

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

В работе рассмотрено влияние метеорологических параметров на радиофизические данные дистанционного зондирования Земли. Показана суточная динамика температур, влажности грунта и растительного покрова на тестовом полигоне. Проведено сравнение с данными государственной гидрометеорологической сети.

метеорологические параметры, дистанционное зондирование Земли

Введение

Во многих странах мира ведется интенсивное исследование возможностей дистанционного зондирования поверхности Земли для народнохозяйственных целей (картографирование, классификация участков земной поверхности, исследование сельскохозяйственных угодий и лесных массивов, поиски полезных ископаемых и т.д.). В основу разработки методов дистанционного зондирования положены закономерности обратного рассеяния и излучения радиоволн различными типами поверхности.

Характеристики отраженного радиолокационного сигнала зависят от параметров радиолокационной аппаратуры, таких как длина волны, излучаемая мощность, размеры облучаемой площади, направление облучения, поляризации сигнала, и от свойств отражающей поверхности [1], интенсивность собственного радиотеплового излучения объекта (радиояркость температура $T_{я}$) определяется его температурой и поглощающей способностью [2].

Большое количество экспериментальных и теоретических работ показывают, что мощность отраженного от поверхности сигнала (удельная эффективная площадь рассеяния σ^0) определяется геометрией (шероховатостью) и комплексной диэлектрической проницаемостью этой поверхности. Более интенсивное отражение наблюдается от поверхностей с большей диэлектрической проницаемостью, а эффективная диэлектрическая проницаемость (ϵ) участков земной поверхности сильно зависит от содержания влаги, поскольку ϵ сухих почв порядка 8, а ϵ воды от 60 (на частоте 10 ГГц) до 80 (на частоте 3 ГГц).

Многочисленные работы по изучению влажности почвы дистанционными методами в СВЧ диапа-

зоне показали, что σ^0 растет с увеличением влажности поверхностного слоя, а $T_{я}$ падает. Обширная библиография работ, посвященных этому вопросу, приведена в [3].

Влияние растительного покрова на отраженный сигнал обусловлено высокой диэлектрической проницаемостью растительности.

Величины σ^0 и $T_{я}$ сельскохозяйственных культур в значительной степени зависят от биомассы, проективного покрытия, высоты растительности, причем на частотах свыше 10 ГГц, когда происходит практически полное экранирование почвы, корреляция этих величин с биомассой и высотой растительного покрова очень высока [4, 5].

Для одних и тех же участков поверхности σ^0 и $T_{я}$ значительно меняются в зависимости от сезона и вариации суточных метеорологических условий (изменение температур поверхности и приповерхностного слоя, направление и скорость воздушных масс, а также взаимосвязанная с этим динамика влажности почв и растительных покровов) [1, 5].

Постановка задачи. Несмотря на большое количество работ по дистанционному зондированию в СВЧ диапазоне, описание подстилающей поверхности по радиолокационному изображению часто затруднено из-за недостатка экспериментальных данных по отражающим свойствам поверхности.

Для набора банка данных по дешифрированию радиолокационных снимков необходимы контактные измерения параметров земной поверхности, влияющих на отраженный сигнал, на эталонных участках (полигонах), синхронные с дистанционными радиофизическими измерениями.

Из приведенного выше очевидно, что контактными методами необходимо изучать: геометриче-

ский профиль поверхности (высота неровностей и углы наклона микрорельефа почвы); влажность верхнего слоя почвы; влажность почвы на разных глубинах в зависимости от рабочей частоты РЛС; влажность приповерхностного слоя воздуха; высоту, архитектуру и проективное покрытие растительного покрова; биомассу и влажность растительного покрова, как в целом, так и по слоям, высоту и плотность снега, и количество свободной воды в снежном покрове; температуру почвы, растительности, снежного покрова.

Поскольку перечисленные параметры во многом определяются погодными условиями, на полигоне дистанционного зондирования необходимо проводить постоянные микроклиматические наблюдения.

Площадка, на которой устанавливаются метеорологические приборы, должна соответствовать требованиям, определяемым в метеорологии.

При изучении аграрных территорий удобнее всего устанавливать метеопункт на поле, оставленном под пар, на расстоянии не менее 10 м от края поля. При наличии лесозащитной посадки или строений по краю поля - на расстоянии не менее 3-х высот деревьев или любых других предметов, мешающих свободному перемещению воздуха и затеяющих поверхность.

Для оборудования метеопункта в полевых условиях необходимы следующие приборы: самопишущие суточные термограф, гигрограф и росограф, набор почвенных термометров Савинова, не менее 3-х "срочных" термометров (малоинерционные ртутные термометры), психрометр Ассмана, анемометр, осадкомер.

Термограф и гигрограф служат для контроля тенденции изменения и определения точек перегиба температуры и влажности в приземном слое воздуха. Для измерения температуры почвы на разных глубинах служат термометры Савинова, устанавливаемые на глубинах 5, 10, 15 и 20 см.

Измерения на метеоплощадке проводятся каждый час во время работы радиолокационной аппаратуры; в остальное время - через три часа в сроки, совпадающие со сроками метеослужбы (6, 9, 12, 15 и т.д. час).

Измеряются следующие параметры: температура и влажность воздуха над поверхностью земли и на высоте 50 и 200 см (психрометр Ассмана); температура поверхности почвы («срочные» термометры); температура почвы на глубине 5, 10, 15, 20 см (термометры Савинова); скорость ветра на высоте 2 м (анемометр); облачность в баллах (по нефоскопу или на глаз); количество осадков (осадкомер) и их продолжительность; влажность почвы (пробы отбираются в бюксы и подвергаются термической камеральной обработке в стационарных условиях).

Синхронные метеорологические наблюдения на тестовом полигоне дистанционного зондирования Земли

При наземном обеспечении радиолокационного исследования поверхности Земли на полигоне дистанционного зондирования синхронно с радиолокационными измерениями проводились контактные измерения следующих параметров: температура и влажность воздуха в приземном слое и на высоте 2 м; температура почвы на поверхности и на глубинах 5, 10, 15 см; влажность верхнего пятисантиметрового слоя почвы, биомасса и влажность растительности.

Измерения проводились как на метеоплощадке, оборудованной в непосредственной близости от полигона, так и на сельскохозяйственных полях с различной растительностью. Метеоплощадка была расположена в 2 км от пос. Козаковка Харьковской области. Измерения проводились синхронно с полетами летающей лаборатории ИЛ-18 ИРЭ НАН Украины, оборудованной комплексом многочастотной радиофизической аппаратуры [1]. Одной из поставленных задач было определение возможности использования данных метеостанций гидрометеослужбы СССР, расположенных вблизи исследуемого района, для описания микроклиматических условий полигона и учета их при расчете абсолютных значений σ^0 и T_g . С этой целью результаты измерений на метеоплощадке, полученные в мае-июне месяце, сравнивались с данными Красноградской метеостанции, расположенной в 30 км от полигона (рис. 1 – 4).

Недостаточность экспериментального материала по метеорологическим наблюдениям на полигоне позволила провести сравнение перечисленных выше параметров лишь для наиболее распространенного типа погодных условий - переменная облачность, ветер умеренный.

Сравнительный анализ показал, что температура воздуха на высоте 2 м на Красноградской метеостанции и на метеоплощадке полигона практически совпадает в утренние и вечерние часы (9 час и 21 час). В максимуме суточных значений, приходящихся на 12-15 часов, температура отличается на 2 – 3°C (рис. 1). Температура на метеоплощадке несколько выше, чем на метеостанции, видимо, за счет большей защищенности от ветра, так как при слабом ветре различие в температуре уменьшается.

Температура поверхности почвы в утренние и вечерние часы отличается на 3 – 5 °С. В районе максимума дневных температур открытой поверхности (который и по нашим, и по литературным [6] данным приходится на 14 – 15 часов) это различие может достигать 10 – 15 °С. При этом температура почвы на метеоплощадке может быть как выше, так и ниже температуры на метеостанции, хотя временной характер температурного хода сохраняется (рис. 2).

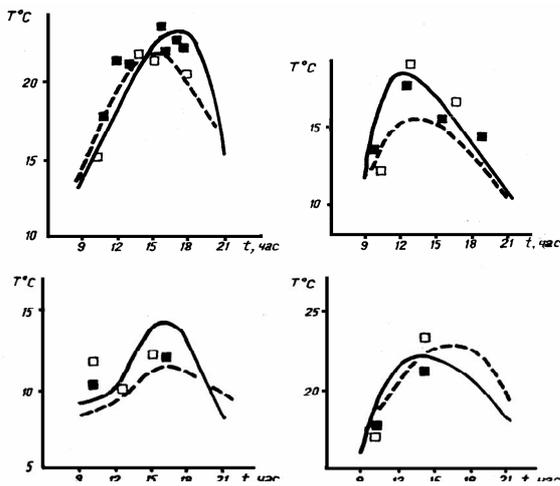


Рис. 1. Температура воздуха на высоте 2 м на метеостанции Краснодар (пунктирная линия) и на метеоплощадке (сплошная линия)

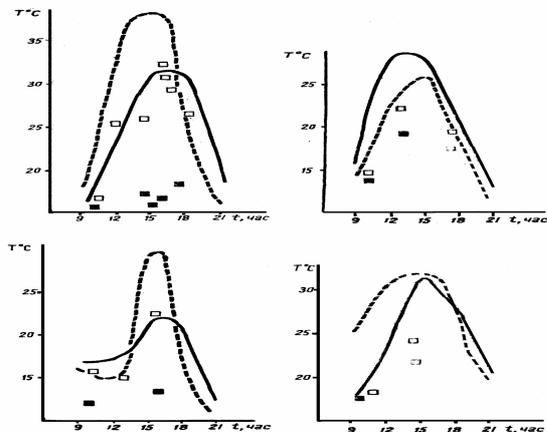


Рис. 2. Температура поверхности почвы на метеостанции Краснодар (пунктирная линия) и на метеоплощадке (сплошная линия)

Абсолютная влажность воздуха на высоте 2 м не только не совпадает по значению, но часто имеет противоположную тенденцию изменения (рис. 3). Относительная влажность воздуха, совпадая по общей тенденции изменения, по величине может значительно отличаться от данных, приведенных метеостанцией (рис. 4).

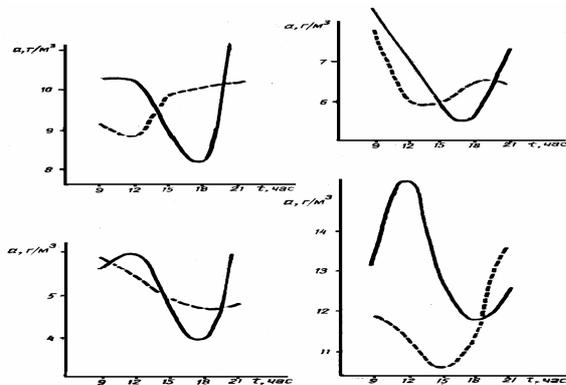


Рис. 3. Абсолютная влажность воздуха на метеостанции Краснодар (пунктирная линия) и на метеоплощадке (сплошная линия)

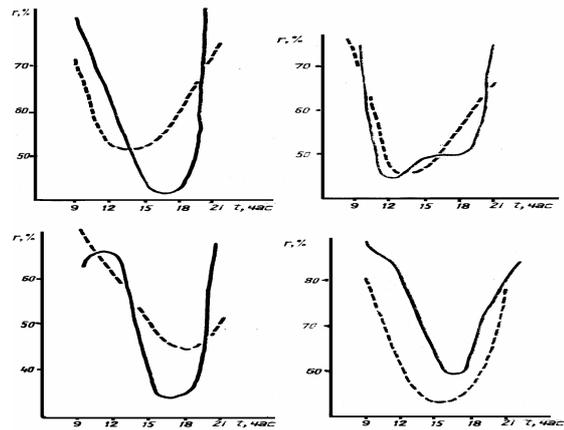


Рис. 4. Относительная влажность воздуха на метеостанции Краснодар (пунктирная линия) и на метеоплощадке (сплошная линия)

Измерения на метеоплощадке показали, что относительная влажность воздуха минимальна в 12 – 15 часов. Абсолютная влажность воздуха в 12 часов, как правило, максимальна и понижается до минимума лишь к 15 – 18 часам. В приземном слое влажность воздуха всегда больше, чем на высоте 2 м. Особенно хорошо этот эффект замечен в растительном покрове.

Метеорологические измерения на сельскохозяйственных полях с различной растительностью показали, что температура воздуха на высоте 2 м совпадает с данными метеоплощадки в пределах отклонений, вызванных изменениями состояния атмосферы. Например, порыв ветра или заход солнца за тучу во время измерений приводит к изменению показаний термометра на 1 – 3 °С.

Различия температур на открытой поверхности почвы на данном поле в данный момент времени могут достигать нескольких градусов. Температура открытой поверхности или поверхности с незначительным (<10%) проективным покрытием растительностью совпадает с данными метеоплощадки (светлые квадраты на рис. 2).

Под густым растительным покровом в 12 – 18 часов температура поверхности почвы значительно ниже, чем на метеоплощадке (темные квадраты на рис. 2). Обычно это различие составляет 10 – 20 °С, хотя в отдельных случаях может достигать 30 – 35 °С.

Дневная амплитуда колебаний температуры поверхности почвы под растительным покровом с проективным покрытием 90 – 100% не превышает 10 – 15 °С, в то время как на открытой поверхности эти колебания могут достигать 30 – 35 °С.

Влажность верхнего слоя почвы на сельскохозяйственных полях полигона (0 – 5 см) в течение весенне-летнего сезона изменялась в значительных пределах. Так в начале июня, в самое сухое время сезона, влажность была в пределах 5 – 7% на открытых полях и порядка 10 – 12% под густой растительностью.

После обильного дождя (22 мая) влажность на открытых полях в среднем равнялась 23 – 25%, а под растительным покровом около 30%. При этом в течение дня (от 9 до 17 часов) влажность на открытых полях уменьшилась на 4 – 6%, а под растительностью, практически не изменилась. Спустя сутки после дождя влажность на сельскохозяйственных полях уменьшилась на 5 – 7%, и различие между влажностью почвы открытой и закрытой растительностью поверхности уменьшилось до 5 – 8%.

Максимальная влажность верхнего слоя почвы наблюдалась при продолжительном моросящем дожде (20 июня) и составляла 33 – 34%. Она не отличалась на различных полях.

Выводы

Данные государственной гидрометеорологической сети не полно описывают сложившуюся метеорологическую ситуацию на исследуемых дистанционно полигонах, что приводит к необходимости проводить синхронные с радиолокационной съемкой измерения гидрометеопараметров на тестовых участках.

Для адекватного описания отражательных и излучательных характеристик исследуемой поверхности необходимо учитывать оперативные метеорологические параметры, сложившиеся на полигоне

на момент измерений, а также, по возможности, выбирать оптимальное время съемки и одинаковые условия при повторных измерениях.

Список литературы

1. Кулемин Г.П., Яцевич С.Е. Взаимосвязь обратного рассеяния радиоволн СВЧ диапазона с параметрами растительного покрова и открытых почв при дистанционных методах зондирования // Успехи современной радиоэлектроники. – 2004. – № 3. – С. 24-34.
2. Шутко А.М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. – М.: Наука, 1986. – 190 с.
3. Kulemin G.R., Shcherbinin I.V., Yatsevich S.E. et. al. *Physical Principles of Microwave Remote Sensing of Terrains // Proc. of the 6th physics international school "Microwave physics and technique"* – Varna (Bulgaria). – World Scientific Publ.Co. Singapore, Utopia Press. – 2-7 Oct. 1989. – P. 16-33.
4. Ulaby F.T., Moore R.K., Fung A.K. *Microwave Remote Sensing: Active and Passive, From Theory to Applications/ Dedham, MA: Artech House, 1986. – 216 p.*
5. Улаби Ф. Т. Радиолокационные сигнатуры земной поверхности и контроль возобновляемых ресурсов // ТИИЭР. – 1982. – Т. 70, N 12. – С. 43-64.
6. Роде А.А., Смирнов В.И. *Почвоведение.* – М.: Высшая школа, 1972. – 429 с.

Поступила в редколлегию 2.03.2007

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. В.К. Иванов, Институт радиофизики и электроники НАН Украины, Харьков.