

УДК 530.1; 528.88

С.Е. Яцевич, Л.А. Егорова, Е.И. Яцевич

Институт радиопизики и электроники НАН Украины, Харьков

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОТРАЖЕННЫЙ СИГНАЛ ПРИ РАДИОЛОКАЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ**

В работе рассмотрены параметры шероховатостей почвенного покрова влияющие на радиофизические данные дистанционного зондирования Земли. Показаны характерные особенности почв на тестовом полигоне. Создан фонд информации о состоянии полей на тестовом полигоне на протяжении ряда лет синхронно с летними исследованиями, что дает возможность эффективно использовать полученную наземную информацию при моделировании отражения радиоволн для некоторых типов поверхностей.

**Ключевые слова:** почвы, статистика, дистанционное зондирование Земли, радиолокация.

**Некоторые характеристики почвенного покрова полигона дистанционного зондирования**

При радиолокационном зондировании земных покровов в СВЧ - диапазоне удельная эффективная площадь рассеяния (УЭПР) определяется геометрической конфигурацией поверхностных отражателей (шероховатостью поверхности) и особенностями структуры и состава слоя проникновения радиоволн [1]. Это и обусловило пристальное внимание к методам описания и анализа поверхностных неровностей. Для измерения высот неровностей использовался специально сконструированный профилометр, представленный на рис. 1.

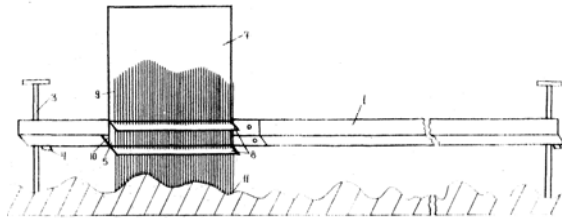


Рис. 1. Внешний вид профилометра

Длина реализации и шаг измерений определяются необходимым разрешением по частоте, в нашем случае эти величины составляли 5м и 1см соответственно. Профилометрия проводилась на полях 1, 3б, 5 и 5а тестового полигона [2], кратко остановимся на некоторых их особенностях.

Поле 1 было засеяно озимой пшеницей, а в сентябре того же года - вспахано и пробороновано. Несколько раз бороновалось это поле и весной следующего года, а затем было засеяно сахарной свеклой. Профилометрия проводилась до появления всходов. Поле 3б было отведено под пшеницу. Осенью после жатвы оно было вспахано, а весной следующего года несколько раз бороновалось и было засажено картофелем. Во время проведения профилометрии поле 3б имело четко выраженные борозды боронования, с многочисленными комьями размером от первых сантиметров до 15 – 20 см в поперечнике. Поле 5 было засеяно кукурузой, а осенью - перепахано и проборо-

новано. Несколько раз это поле бороновалось и весной. Во время наблюдений на поле 5 были всходы подсолнечника, почва рыхлая, сухая, комковатая. Поле 5а после уборки ячменя осенью было перепахано и пробороновано. Во время съемки профиля оно имело хорошо выраженные борозды боронования, размеры комьев - до 20 см в поперечнике. Весной следующего года на поле 5а взошел подсолнечник.

Для описания основных параметров случайных процессов использованы следующие статистические функции [3]: а) среднее значение квадрата случайного процесса; б) плотность распределения; в) автокорреляционная функция; г) спектральная плотность.

Спектральная плотность дает информацию о процессе в частотной области. Автокорреляционная функция случайного процесса характеризует общую зависимость значений процесса в некоторой точке от значений в другой точке.

**Плотность распределения и среднее значение квадрата случайных процессов**

Среднее значение квадрата случайного процесса дает элементарное представление об интенсивности процесса. Плотность распределения характеризует распределение значений процесса в фиксированных точках.

Графики плотности распределения неровностей боронованного поля по вспаханному и засеянным полям – двумодальные, причем, наиболее четко выраженная двумодальность отмечается для поля, засеянного подсолнечником, профиль перпендикулярно бороздам обработки почвы, рис. 2, а.

Основной причиной двумодальности является то, что значения высот неровностей тяготеют к двум масштабам. Масштаб с большей модой обусловлен, по-видимому, квазирегулярными бороздами, а масштаб с меньшей модой представляет непосредственно мелкие комья почвы. Размеры их, в свою очередь, зависят от многих причин – от влажности почвы, севооборота и др. На других описанных полях двухмасштабность выражена не столь отчетливо.

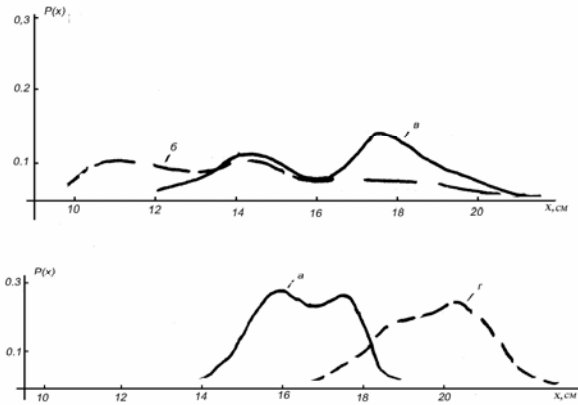


Рис. 2. Графики плотности распределения реализаций для поверхностных неровностей боронованного поля по вспаханному а – засеянного картофелем поля; б – засеянного подсолнухом поля

Для картофельного поля (рис. 2, б) двухмасштабность выражена наиболее слабо. График плотности распределения для поля, засеянного подсолнечником (параллельно бороздам), имеет вид прямоугольника со слабым пиком в области 21 см.

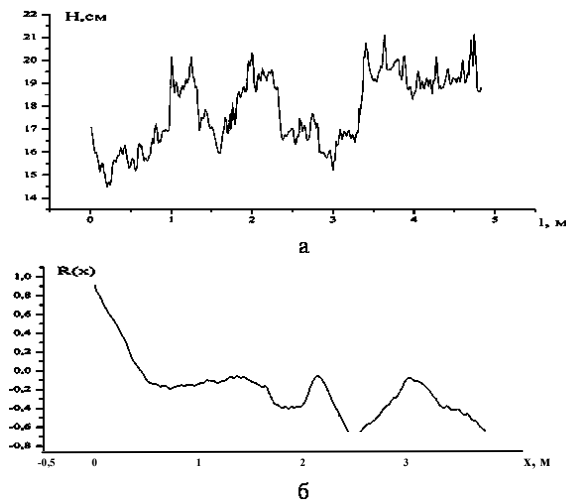


Рис. 3. Профилограмма а – засеянного свеклой поля и б – ее автокорреляционная функция

Двухмасштабность является одним из показателей того, что исходные профилограммы являются суммой гармонического процесса и случайного шума. Профилограмма (рис. 4) более близка к случайному шуму. Среднее значение квадрата дает элементарное представление о суммарной интенсивности случайного процесса. Наибольшее среднее значение квадрата случайного процесса характерно для профилограммы (рис. 3)  $\Psi^2_{850/5} = 402$ , далее по убыванию -  $\Psi^2_{850/5} = 280$ ,  $\Psi^2_{850/5} = 266$ ,  $\Psi^2_{850/5} = 205$

### Автокорреляционная функция

Автокорреляционному анализу подвергались профилограммы боронованного поля по вспаханному, засеянных полей и боронованного поля со всходами свеклы. Обработывались профилограммы, измеренные как вдоль борозд боронования (рис. 3, а – б, а), так и перпендикулярно бороздам (рис. 3, б, а).

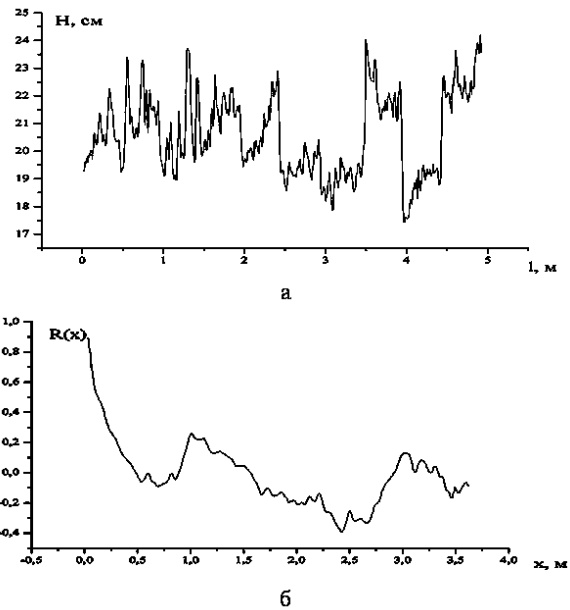


Рис. 4. Профилограмма а – засеянного подсолнухом поля и б – ее автокорреляционная функция

Для автокорреляционной функции боронованного поля, засеянного свеклой (рис. 3, б), периодическая составляющая не выделяется, по-видимому, ей наиболее близка функция

$$R(x) = e^{-\alpha x} \quad (1)$$

Такой вид аппроксимирующей функции свидетельствует о том, что профиль поверхности описываемого поля имеет случайную структуру.

Для автокорреляционной функции полей, засеянных подсолнечником (рис. 4, б), также трудно выделить периодическую составляющую.

Автокорреляционную функцию полей, засеянных подсолнечником и картофелем (рис. 5, б; 6, б; 7, б), наиболее близко описывает функция

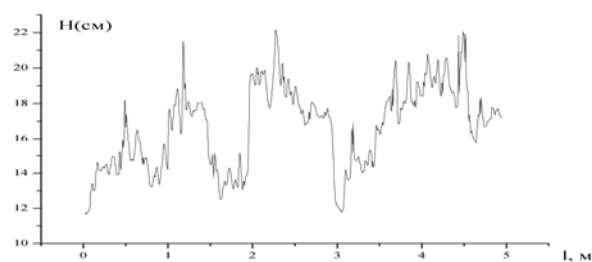
$$R(x) = e^{-\alpha x} \cos \beta x \quad (2)$$

В автокорреляционных функциях профилограмм поля, засеянного подсолнечником (рис. 5, б; 6, б), присутствуют периодические составляющие. На рис. 6, б они выражены лучше, что обусловлено характерным квазирегулярным профилем картофельного поля. Профилограмма этого поля является произведением двух косинусоид, сдвинутых по фазе, на что указывают небольшие пики значений корреляций на автокорреляционной функции в областях 1,1 и 1,8 м.

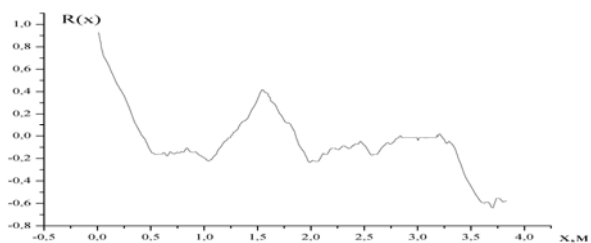
### Заключение

В работе оценены параметры шероховатости поверхностей сельскохозяйственных полей тестового полигона аэрокосмического зондирования и оценены их статистические характеристики.

Создан фонд информации о состоянии полей на тестовом полигоне на протяжении ряда лет синхронно с летними исследованиями, что дает возможность эффективно использовать полученную наземную информацию при моделировании отражения радиоволн для некоторых типов поверхностей.

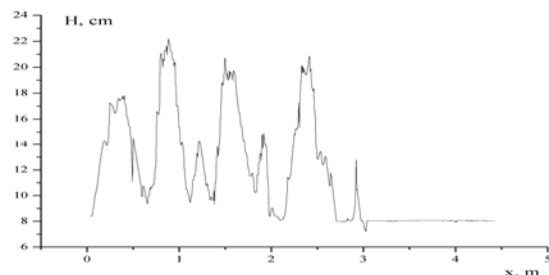


а

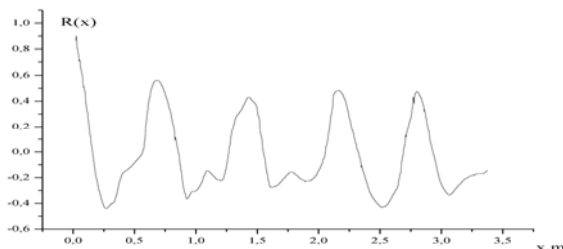


б

Рис. 5. Профиліограма: а – боронованного поля по вспаханному; б – її автокорреляційна функція

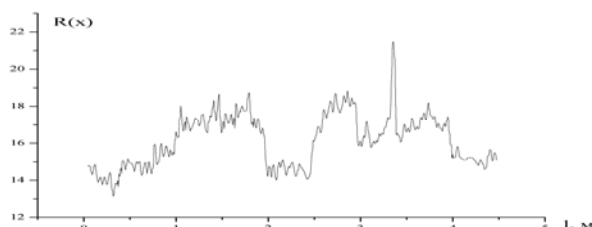


а

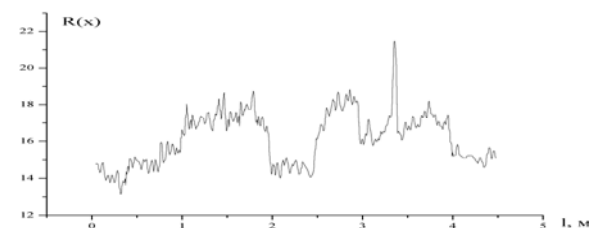


б

Рис. 7. Профиліограма: а – засеянного картофелем поля; б – її автокорреляційна функція



а



б

Рис. 6. Профиліограма: а – засеянного подсолнухом поля; б – її автокорреляційна функція

## Список литературы

1. Радиолокационные методы исследования Земли / Под ред. Ю.А. Мельника. – М.: Сов. радио, 1980. – 264 с.
2. Яцевич С.Е. Влияние динамики пропашных культур на отражательные характеристики в СВЧ диапазоне радиоволн // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 3 (15). – С. 75-77.
3. Бендат Дж., Пирсон А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1971. – 408 с.

Поступила в редколлегию 29.02.2008

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. В.К. Иванов, Институт радиопизики и електроніки НАН України, Харків.

## СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ І ЇХ ВПЛИВ НА ВІДОБРАЖЕНИЙ СИГНАЛ ПРИ ЗОНДУВАННІ РАДІОЛОКАЦІЇ ЗЕМЛІ

С.Є. Яцевіч, Л.О. Єгорова, О.І. Яцевіч

У роботі розглянуті параметри шорсткостей ґрунтового покриття, що впливають на радіофізичні дані дистанційного зондування Землі. Показані характерні особливості ґрунтів на тестовому полігоні. Створений фонд інформації про стан полів на тестовому полігоні впродовж ряду років синхронно з льотними дослідженнями, що дає можливість ефективно використовувати отриману наземну інформацію при моделюванні віддзеркалення радіохвиль для деяких типів поверхонь.

**Ключові слова:** ґрунти, статистика, дистанційне зондування Землі, радіолокація.

## STATISTICAL DESCRIPTIONS OF SOIL COVER AND THEIR INFLUENCE ON THE REFLECTED SIGNAL AT RADIO-LOCATION SOUNDING OF EARTH

S.E. Yacevich, L.A. Egorova, E.I. Yacevich

In work the parameters of roughnesses of soil cover are considered influencing on radiofizicheskie information of the remote sensing of Earth. The characteristic features of soils are shown on a test ground. The fund of the information on a condition of fields on test range is created during lines of years synchronously with researches from air, that enables to use effectively the received ground information at modelling reflection of radiowaves for some types of surfaces.

**Keywords:** soils, statistics, remote sensing of Earth, radio-location.