

УДК 530.1; 528.88

С.Е. Яцевич, Л.А. Егорова, О.Е. Марыкивский

*Институт радиопроизводства и электроники НАН Украины им. А.Я. Усикова, Харьков*

## **СТРУКТУРНОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ОТРАЖЕННЫЙ СИГНАЛ ПРИ РАДИОЛОКАЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ**

*В работе рассмотрена структурность почвенного покрова и ее влияние на радиофизические данные дистанционного зондирования Земли. Показаны характерные особенности почв на тестовом полигоне.*

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

### **Структурность 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.

Среди физических параметров почв обычно заметное место отводится структурности. Широко известно, что структурность, с одной стороны, существенно влияет на агрономические качества почвы и, в первую очередь, на ее плодородие. С другой стороны, исходя из определения структурности как способности почвы распадаться в естественном состоянии на агрегаты того или иного размера и разной формы [2], можно предположить заметную ее роль в формировании отраженного сигнала при радиолокационном зондировании, особенно в сантиметровом диапазоне радиоволн. Это обусловлено,

во-первых, наличием выраженных сред раздела на границе структурных отдельностей и, во-вторых, тесной связью размеров этих отдельностей и размеров комьев на поверхности почвы, возникающих при ее механической обработке. В связи с этим особый интерес вызывают причины возникновения структурных отдельностей различных размеров в верхней части гумусового горизонта почв.

Под структурными отдельностями или агрегатами понимается совокупность механических элементов, взаимно удерживающихся в силу коагуляции коллоидов, склеивания, слипания их в результате действия сил Ван-дер-Ваальса, адсорбционных и капиллярных явлений: в жидкой фазе, а также в связи с деятельностью биообъектов [3]. Структура почв полигона дистанционного зондирования [4] определялась по методике, описанной в [5]. На основании полученного аналитического материала оценены некоторые закономерности, контролируемые структуру почв, в частности, вариации размеров агрегатов в связи с сезонными изменениями.

Выборка, включившая данные о структурном составе почв различных полей полигона за период с 13 апреля по 7 июня, обработана методом факторного

анализа. Это позволило выделить важнейший фактор, контролирующий изменчивость структурного состава почв на 34%. Этот фактор наиболее полно отражает изменения структуры почв во времени, факторная структура (рис. 1) построена на противопоставлении малых фракций агрегатов (до 0,25 мм, 0,5 – 0,25 мм, 1 – 0,5 мм, 2 – 1 мм) большим (3 – 2 мм, 5 – 3 мм, 7 – 5 мм, 10 – 7 мм, более 10 мм), причем, положительные факторные нагрузки характерны для почв с преобладанием более мелких фракций агрегатов.

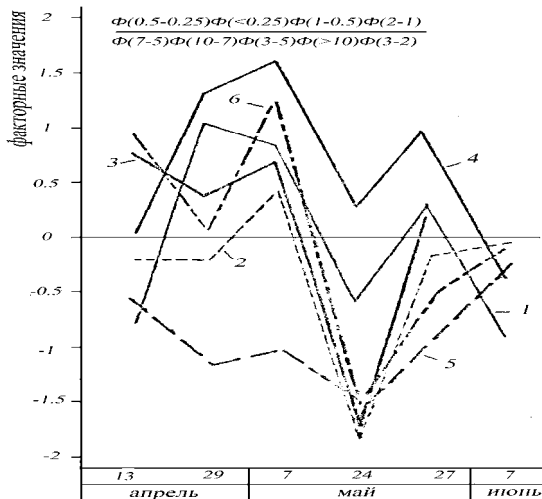


Рис. 1. Сезонные изменения структуры почв (по результатам факторного анализа). Цифрами у кривых обозначены номера полей

Значения упомянутого фактора использованы для иллюстрации сезонных изменений агрегатного состава почв. На рис. 1 каждая кривая описывает изменения факторных значений для какого-либо одного поля, номер этого поля обозначен цифрой у кривой. Анализируя рис. 1, можно сразу отметить два крупных пика, отражающих тотальные, независимые от типа посева, повышения – 24 мая и понижение – 7 мая размеров агрегатов почв. Характерно, что уменьшение количества крупных агрегатов специфично для почв в период их интенсивной механической обработки. Вероятно, в эту пору (первые числа мая) действуют и другие механизмы разделения почвенной массы на агрегаты. Но все же, в условиях полигона доминирующей причиной, обуславливающей преобладание мелкоагрегатных почв в весенний период, является агротехнические мероприятия.

В конце мая (25 мая) прослеживается иной эффект, почвы становятся более комковатыми, в их составе заметно увеличивается доля макроагрегатов (более 7 мм). Вероятно, причины этого эффекта многообразны, среди них можно выделить наиболее важные: отсутствие устойчивого увлажнения и механической дезинтеграции, интенсивное развитие корневой системы растительности, приводящее к уплотнению агрегатов за счет уменьшения внутриагрегатной порозности. Не исключено, что заметна в этом отношении и роль почвенной фауны, хотя для однозначной оценки этого фактора не обойтись без

специальных исследований.

Определенную роль в формировании агрегатного состава почв играют, и особенности севооборотов сельскохозяйственных полей. Обратившись к рис. 1, и даже не обладая агрономическими знаниями, можно уверенно говорить о том, что наиболее комковатые почвы характерны для кукурузных полей.

Графики, приведенные на рис. 2, дают возможность выделить одну из причин, определяющих образование макроагрегатов (более 10мм) почв полигона. Максимумы содержания макроагрегатов приурочены к точкам 65, 66, 67, 81, расположенным непосредственно над залежью Медведовского газоконденсатного месторождения и, более того в непосредственной близости с эксплуатационными скважинами.

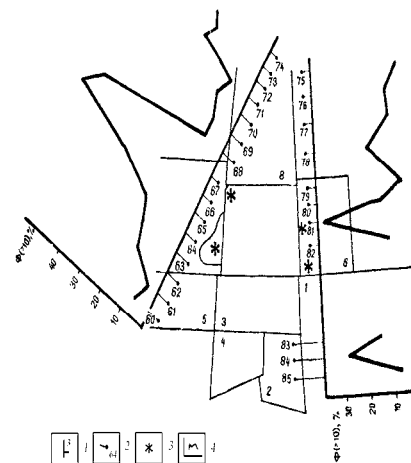


Рис. 2. Распределение макроагрегатов на боронованных полях полигона дистанционного зондирования: 1 – номера полей, 2 – номера точек отбора проб, 3 – эксплуатационные скважины, 4 – распределение макроагрегатов

### Экспериментальные исследования

Радиолокационная съемка аграрных территорий была проведена с борта самолета лаборатории ИРЭ НАНУ «МАРС» [6] одновременно в см, дм и метровом диапазонах радиоволн. Синхронно проведены полевые работы, включающие отбор проб грунта и растительного покрова с их последующей камеральной обработкой. Параллельно проводились измерения и описание состояния и степени обработки полей (высота растений, площадь проективного покрытия, направление вспашки, глубина борозд, комковатость и пр.)

На тестовом участке было отобрано 12 контрольных площадок, которые характеризовали состояние земельных угодий на момент съемки. Оценивались следующие параметры: плотность почвы (до глубины 50 см), содержание физической глины (до глубины 50 см). Использовались геоморфологические характеристики площадок (уклоны, экспозиции высот и пр.), а также такие показатели как емкость нанорельефа и максимальный размер глыб на полях. Результаты обработки многочастотных радиолокационных данных и контактных параметров почв прово-

дидись методом парної кореляції і представлені в табл. 1 ( $G$  – содержание физической глины;  $V_n$  – емкость нанорельефа;  $R$  – размер комков;  $\rho$  – плотность грунта;  $E$  – экспозиция;  $N$  – наклон).

Таблица 1  
Результаты обработки

	РБО-3	РСА-23	РСА-180
$G_{0-20}$	0,05	0,15	0,31
$G_{20-40}$	0,01	0,09	0,27
$G_{40-60}$	0,01	0,11	0,28
$\rho_{0-10}$	0,63	0,61	0,56
$\rho_{10-20}$	0,58	0,53	0,52
$\rho_{20-30}$	0,31	0,34	0,53
$\rho_{30-40}$	0,53	0,20	0,21
$V_n$	0,25	0,34	0,43
$R$	0,31	0,39	0,45
$E$	0,10	0,09	0,06
$N$	0,37	0,48	0,27

Наибольшая корреляция рассеянного сигнала наблюдается с плотностью грунта на глубинах 0 – 10 и 10 – 20 см в сантиметровом и дециметровом диапазонах. В метровом диапазоне коэффициент корреляции составляет 0,53 – 0,56 для слоев 0 – 10, 10 – 20, 20 – 30 см. Таким образом, из всех характеристик грунта радиолокационные данные наиболее связаны с плотностью грунта в слое 0 – 10 см, причем этот показатель уменьшает свое влияние на отражательную способность по мере увеличения длины волны радиолокатора.

Анализ приведенных в таблице данных показывает, что характеристики рельефа, и шероховатости поверхности слабо коррелируют с данными РЛ зондирования. Слабая зависимость объясняется тем, что в данном эксперименте не проводились детальные измерения шероховатости поверхности, в масштабах, сравнимых с длиной радиоволны. Второе направление дешифрирования РЛ снимков базировалось на использование метода иерархического кластерного анализа. В качестве векторов, описывающих многомерное пространство, выступали данные РЛ съемки в различных диапазонах радиоволн.

Для исследования взаимосвязи РЛ данных с гранулометрическим составом почв были отобраны поля с «легкими почвами» (супесчаные и легкосуглинистые с содержанием физической глины 10 – 30%) и «тяжелые» (легкоглинистые и среднеглинистые

с содержанием физической глины 60 – 85%). Для заведомого исключения влияния растительности на отраженный сигнал использовались вспаханные и боронованные поля. Обработка данных кластерным анализом показала, что при любой комбинации радиодиапазонов объекты разделяются на два кластера, однако точность классификации зависит от используемых комбинаций.

## Заключение

В работе оценено влияние структурности и гранулометрического состава почв сельскохозяйственных полей тестового полигона аэрокосмического зондирования на радиолокационные данные дистанционного зондирования. Показана наилучшая связь с плотностью почв в сантиметровом диапазоне радиоволн, а также с гранулометрическим составом при комбинации сантиметрового и дециметрового диапазонов. 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.

## Список литературы

1. Радиолокационные методы исследования Земли / Под ред. Ю.А. Мельника. – М.: Сов. радио, 1980. – 264 с.
2. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв / Б.Г. Розанов. – М.: МГУ, 1975. – 293 с.
3. Качинский Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. – М.: МГУ, 1965. – 263 с.
4. Яцевич С.Е. Влияние динамики пропашных культур на отражательные характеристики в СВЧ диапазоне радиоволн / С.Е. Яцевич // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. XV ПС. – Х., 2007. – Вип. 3 (15). – С. 75-77.
5. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов / Е.Г. Чаповский. – М.: Наука, 1975. – 303 с.
6. Многоцелевой радиолокационный комплекс исследования Земли «МАРС» / А.И. Калмыков, В.Н. Цымбал, А.С. Курекин и др. // Радиофизика и радиоастрономия. – 1998. – Т. 3, № 2. – С. 119-129.

Поступила в редколлегию 23.09.2008

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, с.н.с. В.К. Иванов, Институт радиофизики и электроники АН Украины, Харьков.

## СТРУКТУРНІСТЬ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ І ЇЇ ВПЛИВ НА ВІДБИТИЙ СИГНАЛ ПРИБ РАДІОЛОКАЦІЙНОМУ ЗОНДУВАННІ ЗЕМЛІ

С.Є. Яцевич, Л.О. Єгорова, О.Є. Мариківський

У роботі розглянута структурність ґрунтового покриття і її вплив на радіофізичні дані дистанційного зондування Землі. Показано характерні риси ґрунтів на тестовому полігоні.

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

## SOIL STRUCTURE AND THEIR INFLUENCE UPON REFLECTED SIGNAL USING RADAR SENSING OF THE EARTH

S.Ye. Yatsevich, L.A. Yegorova, O.Ye. Marykivski

In this work considered parameters of the structure of the soil influencing upon radiophysical data of the remote sensing of the Earth. The typical particularities of the ground on the test range are shown.

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