

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН С ПАРАМЕТРАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

к.ф.-м.н. С.Е. Яцевич
(представил д.т.н., проф. А.И. Стрелков)

Рассмотрены вопросы возможностей получения информации о состоянии растительного покрова по данным радиолокационного зондирования.

Радиолокационный сигнал, отраженный культурными посевами при дистанционном зондировании поверхности, как правило, содержит составляющие, обусловленные как растительностью, так и подстилающей поверхностью почвы [1].

Для уменьшения влияния шероховатости и влажности почвы выбирается рабочая частота радиолокационного сигнала выше 8 ГГц. Достаточно эффективным приемом минимизации влияния почвенного покрова является зондирование поверхности под различными углами. Интенсивность отраженного сигнала для хаотической и преимущественно горизонтальной ориентации отражателей, что наблюдается для почвенного покрова, плавно спадает с увеличением угла визирования. Если отражатели имеют преимущественно вертикальную ориентацию, что характерно для растительного покрова, то УЭПР увеличивается с ростом угла визирования [1].

Проведенные нами исследования с помощью многочастотного радиолокационного комплекса “МАРС” ИРЭ НАНУ [2], показали высокую изменчивость значений коэффициентов корреляции удельной ЭПР при различных углах визирования от покрытия и высоты растительного покрова, а также от влажности и диэлектрической проницаемости почв (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость между информативностью отраженного сигнала
($\lambda = 3\text{см}$) и \angle° визирования

Поля	\angle° визир.	Кпп	Kh	Kw	$k\epsilon_n$
1п	30-35°	0.19	0.11	-0.53	0.57
1п	47-50°	0.75	0.72	-0.16	0.09
2п	35	-0.05	0.14	-0.70	0.59
2п	50-53	0.31	0.27	-0.67	0.42
3п	35-38	0.65	0.56	0.06	0.18
3п	50-53	0.68	0.59	-0.16	-0.10

В табл.1 **1п** – поля всходов озимых (покрытие 30 – 45 %), **2п** – поля всходов озимых (покрытие 3 – 10 %); **3п** – поля всходов озимых (покры-

тие 50 %); коэффициенты корреляции УЭПР $K_{пп}$ (с проективным покрытием); K_h (с высотой растений); K_w (с влажностью); k_{ϵ_n} (с диэлектрической проницаемостью почв).

При больших углах визирования (более 45°) наблюдается линейная зависимость между свойствами растительного покрова и интенсивностью отраженного сигнала. Для почвенных характеристик свойственна обратная зависимость – наиболее тесные связи отмечены для площадей со слаборазвитым растительным покровом в углах визирования $30 - 35^\circ$.

Анализ многочастотных данных (X, L, VHF диапазонов) показал, что наиболее тесная связь наблюдается между отраженными сигналами и объемной влажностью растительности. При этом значения коэффициентов корреляции r между объемной влажностью и данными РЛИ уменьшаются с возрастанием длины волны ($r_x = 0,78$, $r_L = 0,68$, $r_{VHF} = 0,4$). Также следует отметить большие значения коэффициента корреляции для содержания влаги в растительности.

Для классификации растительности были выбраны две группы: а) пропашные культуры (кукуруза, сахарная свекла), б) культуры сплошного сева (стерня зерновых и многолетние травы). Наилучшее распознавание растительности происходит при использовании данных сантиметрового диапазона. Результаты классификации представлены на рис. 1.

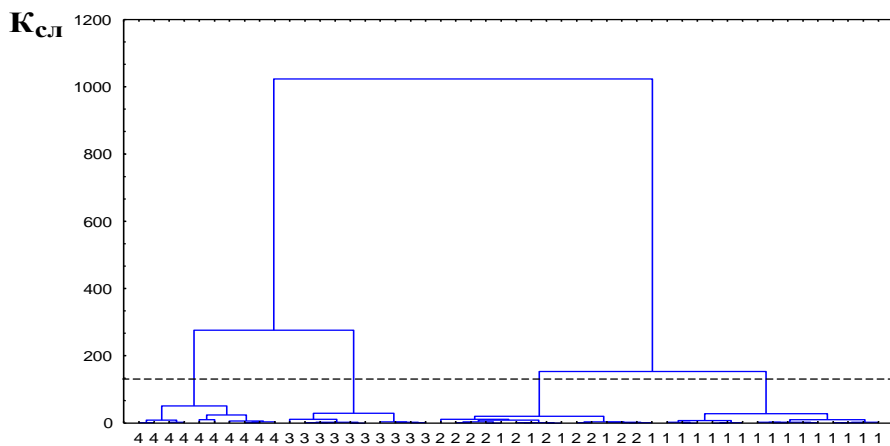


Рис. 1. Распознавание типов агрофонов по данным РЛ съемки в сантиметровом диапазоне радиоволн ($\lambda = 3\text{ см}$)

Происходит четкое разделение кукурузы и сахарной свеклы, так же четко отделяются культуры сплошного сева. В дециметровом и метровом диапазонах радиоволн, а также для их комбинаций, распознавание культур значительно хуже ввиду незначительного вклада растительности в обратное рассеяние.

На рис. 2 приведены экспериментальные угловые зависимости

УЭПР исследуемых культур в сантиметровом диапазоне волн. Растительность в июле обладает наиболее высоким отражением, что обусловлено особенностями ориентации листьев и соцветий, а также большой биомассой. Сезонный цикл каждой из культур характеризуется тремя основными фазами. Первая фаза – прорастание и развитие посевов, приводит к постепенному росту значений УЭПР. Во второй период времени значения УЭПР стабилизируются, что означает переход к зрелой стадии культуры с относительно постоянными биомассой и влагосодержанием.

Третья фаза отвечает заключительной стадии вегетации – растение резко теряет влагу, часть листьев; УЭПР заметно уменьшается (рис. 3).

Различие фенологических фаз развития различных видов растительности позволяют при длительном наблюдении обеспечивать правильную классификацию посевов. Сезонные наблюдения позволяют определять степень созревания посевов, сроки уборки, а сравнительные характеристики различных сезонов – прогнозировать урожайность.

Исследования, представленные в публикации, выполнены при частичной поддержке ДФФД Украины по планам работы по проекту № Ф7/354-2001.

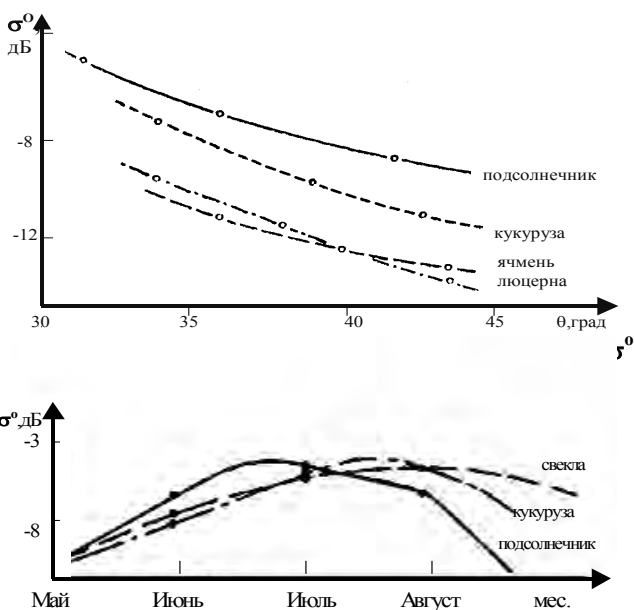


Рис. 3. Зависимость УЭПР от стадий вегетации ($\theta=30^\circ$)

ЛИТЕРАТУРА

1. Ulaby F.T., Aslam A., Dobson M.C. Effects of vegetation cover on the radar sensitivity to soil moisture. // IEEE Trans. Geosc. Remote Sens. – 1982. – №2. – P. 476 – 481.
2. Калмыков А.И., Цымбал В.Н., Курекин А.С. и др. Многоцелевой радиолокационный комплекс исследования Земли “МАРС” // Радиофизика и радиоастрономия. – 1998. – Т.3, №2. – С. 119 – 129.

Поступила 12.08.2002

ЯЦЕВИЧ Сергей Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, научн. сотр. ИРЭ НАНУ. В 1981 году окончил ХГУ. Области научных интересов – дистанционное зондирование Земли с аэрокосмиче-

ских носителей, радиолокация, радиотеплокация. E-mail: sey@ire.kharkov.ua .