

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН ОТ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДАХ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В.К. Иванов¹, А.С. Курекин², С.Е. Яцевич¹, А.А. Можаяев³, А.В. Гутник⁴

¹Институт радиофизики и электроники НАН Украины,

²Центр радиофизического зондирования Земли НКА и НАН Украины,

³Харьковский университет Воздушных Сил,

⁴Радиоастрономический институт НАН Украины)

В работе рассмотрены вопросы дистанционного зондирования малоразмерных объектов на поверхности Земли. При анализе использована многочастотная информация, полученная синхронно самолетными радиолокаторами бокового обзора в диапазоне длин волн от миллиметров до метров на различных поляризациях излучения и приема.

Дистанционное зондирование Земли, малоразмерный объект, эффективная площадь рассеяния, обратное рассеяние радиоволн

Введение. Круг задач, который решается радиолокационными системами, весьма широк. С одной стороны это изучение подстилающих поверхностей (морей, льдов, ледников, зондирование суши – растительности и почвогрунтов), с другой – обеспечение обнаружения и распознавания различных объектов на фоне отражений от указанных поверхностей.

Основной величиной, характеризующей электродинамические свойства объектов, является эффективная площадь рассеяния (ЭПР) для сосредоточенных объектов σ и удельная ЭПР поверхностей σ^0 . Величины σ и σ^0 и их статистические характеристики представляют значительный интерес для разработчиков радиолокационных систем, вследствие чего подлежат систематической каталогизации.

Определение ЭПР или УЭПР является достаточно объемной и сложной задачей, требующих учета многих факторов, к которым относятся многообразие форм объектов и поверхностей, сезонные изменения их физических характеристик, произвольные углы и ракурсы наблюдения, зависимость σ или σ^0 от длины волны, поляризации и т.д.

Основная часть. Для получения более полных данных по отражательным характеристикам различных объектов и поверхностей в данной работе использован метод натуральных измерений многочастотным радиолокационным комплексом, установленным на самолете-лаборатории Ил-18Д [1].

В состав комплекса входят радиолокаторы бокового обзора с длинами волн 8 мм, 3,2 см, 23 см, 180 см; система обработки информации в реальном времени; устройства визуализации информации и ее магнитной записи.

Радиолокатор бокового обзора РБО-08 обеспечивает измерение ЭПР объектов и зондирование поверхностных структур, поскольку глубина проникновения миллиметровых радиоволн под поверхность мала.

Радиолокатор бокового обзора РБО-3 является базовой системой комплекса. Связано это с тем, что трехсантиметровый диапазон обеспечивает эффективное наблюдение морской поверхности, льдов, а также некоторых образований суши. Кроме того, этот диапазон нашел широкое применение при работе с различными объектами, т.к. сочетает максимальное пространственное разрешение для случая ограниченных размеров антенны с малыми потерями в атмосфере.

Радиолокатор бокового обзора РСА-23 с синтезированием апертуры нашел широкое применение для исследования подстилающих поверхностей. В этом диапазоне радиоволн влияние растительности на уровень отражений падает и проявляются эффекты рассеяния от почвогрунтов; становятся существенными эффекты проникновения радиоволн в глубину грунта.

Радиолокатор бокового обзора РСА-180 с синтезированием апертуры обладает еще большей, чем РСА-23, проникающей способностью, что дает возможность его использования для решения задач геологии, гидрологии, сельского хозяйства [2].

Таким образом, многочастотное зондирование позволяет решать широкий круг задач, связанных с получением данных по отражательным характеристикам объектов и поверхностей в широком диапазоне радиоволн.

Из изложенного следует, что комплексируя радиолокационные системы различных диапазонов, возможно не только изучение объектов и поверхностей, но и решать задачу обнаружения скрытых и замаскированных объектов.

Учитывая, что одной из основных задач данной работы является изучение характеристик рассеяния, остановимся кратко на методике измерения ЭПР в абсолютных единицах, примененной в РБО-3 [3].

Ее основу составляет автоматическая непрерывная калибровка потенциала без проведения отдельных измерений мощности передатчика, чувствительности приемника, коэффициента усиления приемника и тракта обработки. Достигается такая калибровка подачей ослабленного импульса излучения через линию задержки на вход приемного тракта. Время задержки – больше времени насыщения приемника, наступающее под воздействием зондирующего импульса. Одновременно производится контроль сквозной амплитудной характеристики приемника, системы

обработки и регистрации путем аттенюации сигналов калибровки по заданному закону. Таким образом, процедура определения ЭПР заключается в простом сопоставлении (относительном измерении) величины уровней измерительных и калибровочных сигналов на выходе блока обработки. Наиболее сложно по данной методике определить с достаточной точностью параметры приемо-передающей антенны, которые не контролируются системой внутренней калибровки. Поэтому их измерения производилось одновременно с обмером диаграммы антенны в наземных условиях перед ее установкой на самолет [4, 5].

При измерении УЭПР поверхностей в широкой полосе обзора, динамический диапазон изменения отраженных сигналов достигает значений 80 дБ. Для выравнивания уровней сигналов по дальности (система обработки не обладает таким динамическим диапазоном) в приемнике РБО введена временная регулировка усиления по углу места. Поэтому для упрощения процесса калибровки и обеспечения обработки сигналов на ЭВМ в РБО-3 для решения вопросов данной работе калибровка потенциала переведена в режим непрерывного сигнала.

Анализ работы системы калибровки показал, что точность измерения σ этим методом составляет 2 – 3 дБ, что много точнее метода прямых измерений. Проверка подтвердила высокую эффективность внутренней калибровки и ее пригодность для измерения УЭПР поверхностей в широкой полосе обзора.

При проведении натурных экспериментов были проведены предварительные измерения, целью которых была отработка методик многочастотного зондирования поверхностей и объектов в различных условиях. Измерения проводились на полигоне, содержащем водохранилище, дамбу, молодой лиственный лес, поля с различными сельскохозяйственными культурами пашни, овраги с пологими склонами. В качестве сосредоточенных объектов использовались радиолокационные уголки (для РБО-0,8 и РБО-3) и активные ответчики (для РСА-23 и РСА-180), которые одновременно служили как эталонные отражатели для калибровки локаторов. На рис. 1 представлены фотографии, показывающие конструкцию ответчиков и их расположение на открытой местности. Самолет совершал галсовые полеты по границам полигона, что позволило провести его зондирование с разных направлений и под разными углами места. Обработка и запись радиолокационной информации проводилась на борту.

В качестве примера на рис. 2 приведен фрагмент четырехчастотного радиолокационного изображения полигона, на котором отобразились виды поверхностей, перечисленные выше. Достаточно контрастно наблюдаются отклики ответчиков, обведенные значком О (сверху – вниз: мм, см, дм и метровый диапазоны радиоволн).

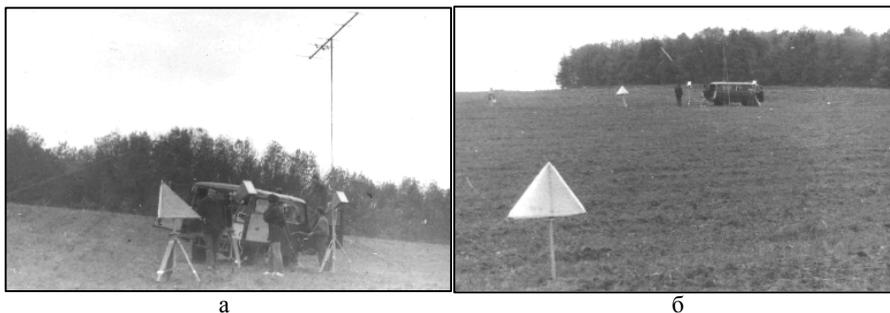


Рис. 1. Ответчики: а – конструкция; б – расположение на местности

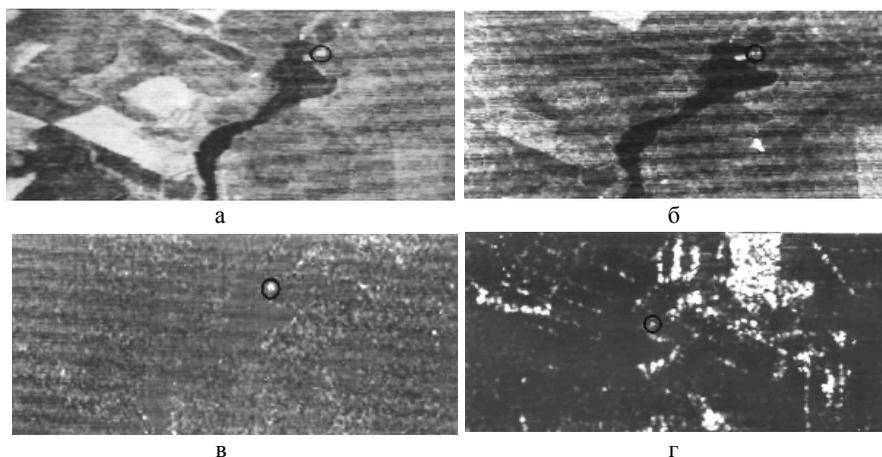


Рис. 2. Фрагмент четырехчастотного радиолокационного изображения полигона в мм (а), см (б), дм (в) и метровом (г) диапазонах

На рис. 3 представлена вертикальная запись сечения изображения 2, соответствующая длине волны 3 см. Сечение проведено по линии, проходящей через ответчик. Данная запись наглядно показывает возможность определения ЭПР исследуемых поверхностей относительно ЭПР углового отражателя, равной 1000. Так, было определено, что в условиях эксперимента удельная ЭПР леса составляет – 8дБ, кукурузного поля – 10дБ, водной поверхности водохранилища – 27 дБ, ЭПР дамбы +38 дБ. В этих экспериментах была отработана методика измерения проникающей способности радиоволн различной длины через растительный покров для определения возможности обнаружения укрытых объектов методом многочастотной радиолокации. С этой целью ответчики были перемещены в лес под кроны деревьев. Результаты единичного эксперимента качественно показали перспективность использования радиолокационных систем дециметрового и метрового диапазонов радиоволн для этих целей.

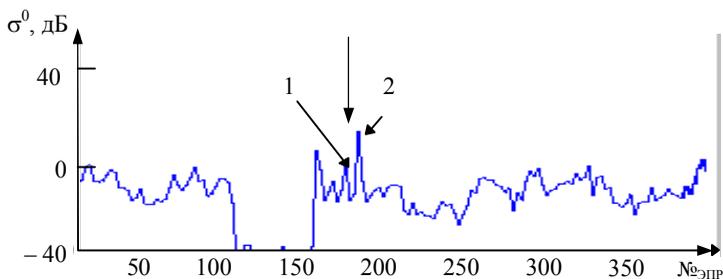


Рис. 3. Вертикальная запись сечения изображения

Заключение. Таким образом, предварительные эксперименты показали, что многочастотный комплекс позволяет достаточно оперативно проводить исследования отражательных характеристик различных типов поверхностей и объектов на их фоне с возможностью набора статистики. Однако для их для распознавания необходимо применять РСА с улучшенным пространственным разрешением на местности, либо оптическую аппаратуру аэрокосмического базирования высокого разрешения. Данная статья выполнена в рамках НИР «Океан».

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. Яцевич С.Е., Курекин А.С., Уваров В.Н., Левда А.С. Автоматическая внутренняя калибровка радиолокационных систем дистанционного зондирования // *Космічна наука і технологія*. – Т4, № 2/3. – С. 34 – 39.
4. Кучук Г.А. Оптимізація розподілу фрагментів даних інформаційних систем // *Системи обробки інформації*. – X. : НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Вип. 2(18). – С. 272-274.
5. Кучук Г.А. Минимизация загрузки каналов связи вычислительной сети // *Системи обробки інформації*. – X. : НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 1998. – Вип. 1(5). – С. 149-154.

Поступила 12.01.2005

Рецензент: доктор физико-математических наук, профессор Е.Д. Прилепский, Харьковский университет Воздушных Сил.