

Рис. 3. Радарограмма лесного массива. Расположение стволов деревьев обозначено точками. Белым прямоугольником выделен тестовый участок 10 × 100 м

Подсчет количества гипербол на заданной площади дает возможность оперативно и производительно определить плотность лесного массива (рис. 3). В эксперименте, выполненном георадаром «Око-2» с антенным блоком АБ-400 на центральной частоте 400 МГц ($\lambda = 75$ см) на тестовом участке леса 10×100 м [10 ар] выделено 64 гиперболы отраженного сигнала от стволов хвойных (сосновых) деревьев, обозначенных на рис. 3 точками. Сравнение с фактическим количеством деревьев показало 3 пропуска из-за эффекта затенения при близком расположении стволов, что составляет 95,5 % от истинного количества деревьев.

В результате исследования лесного массива георадаром «Око-2» с различными антенными блоками

предложена методика оперативного дистанционного определения плотности лесного массива на основе георадарной технологии с погрешностью 5 %.

Библиографическая ссылка

1. Башкуев Ю. Б. Электрические свойства природных слоистых сред. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1996.

Reference

1. Bashkuev Yu. B. Electrical properties of natural layered media. Novosibirsk, publishing house of the Russian Academy of Sciences, 1996. 207 p.

© Хаптанов В. Б., Башкуев Ю. Б., Дембелов М. Г., 2013

УДК 621.396.94

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ СКРЫТЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

Б. Ч. Доржиев, О. Н. Очиров, Б. В. Содномов

Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
670047, Россия, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6. E-mail: 1_2_z@mail.ru

Представлены результаты радиолокации березового леса с расположенным внутри него угловым отражателем. Приведено краткое описание измерительного комплекса, использованного при измерениях. Выявлен эффект значительного увеличения отраженного сигнала и оценен относительный контраст между уровнем отраженного сигнала от леса и цели. Данный эффект дает возможность определения местоположения цели в лесной среде.

Ключевые слова: сверхкороткоимпульсная радиолокация, лесная среда.

SOME RESULTS ON THE DETECTION OF HIDDEN OBJECTS BY MEANS OF ULTRA-SHORT PULSE RADIOLOCATION

B. Ch. Dorzhiev, O. N. Ochirov, B. V. Sodnomov

Institute of Physical Material Science of Russian Academy of Sciences Siberian Branch
6 Sakhyanovoy st., Ulan-Ude, 670047, Russia. E-mail: 1_2_z@mail.ru

The results of radar location of birch forest with the corner reflector inside the forest are presented. A brief description of the measurement system used in the measurements is given. The effect of significant increase in the reflected signal is revealed, and the relative contrast between the level of the signal, reflected from the forest and from the target, is accessed. This effect allows to detect the location of target in a forest.

Keywords: ultra-short pulse radiolocation, forest.

Одной из актуальных проблем радиолокации является разработка эффективных методов обнаружения и распознавания скрытых объектов, в том числе и под пологом леса. Об этом свидетельствуют исследования как отечественных авторов, так и данные по зарубежным программам. В целом отмечается перспективность ДМ-диапазона, а также освоение более длинноволнового диапазона, что обусловлено большей проникающей способностью. Однако еще не до конца использованы возможности СМ-диапазона, особенно при использовании современных технологий генерации сверхкоротких импульсов. Развитие техники сверхкороткоимпульсной радиолокации (СКИРЛ), обладающей специфическими особенностями и свойствами [1], вызывает растущий интерес к рассмотрению особенностей взаимодействия такого излучения с различными средами и совершенствованию методов расчета процессов, вызванных сверхкороткими импульсами. В работе приведены результаты экспериментов по зондированию лесных сред при наличии искусственных целей.

Экспериментальные исследования проводились с использованием измерительного комплекса, в состав которого входят наносекундный радар с длительностью импульса 10 нс и рабочей частотой 10 ГГц пара-

болическая антенна с диаметром зеркала 600 мм, цифровой осциллограф TDS1012, ноутбук, электрогенератор на 220 В. Номинальная пиковая мощность излучения составляет 40 Вт, динамический диапазон приемника – 70 дБ, полоса частот входного сигнала – 100 МГц. В качестве искусственной цели использован трехгранный уголкового отражатель (УО) с размером ребра 0,9 м.

Для оценки возможностей обнаружения металлоподобных целей проведен ряд экспериментов как при горизонтальной локации, так и при облучении сверху. В последнем случае использовалась топография местности. Общий вид местности в одном из экспериментов показан на рис. 1. Радар был установлен на склоне горы на отметке 630 м, ниже на высоте 580 м расположены березовый лес и открытая поляна.

Для определения ЭПР поверхности используем следующее соотношение:

$$\sigma^0(\theta), \text{дБ} = 10g[S_{\text{пр}}(\theta) / \sigma_M \cdot P_{\text{пр}}(\theta) / P_M],$$

где $S_{\text{пр}}(\theta)$ – площадь облучаемого участка поверхности; σ_M – ЭПР УО; $P_{\text{пр}}$ – усредненная мощность принятого сигнала от участка поверхности; P_M – мощность принятого сигнала, отраженного от УО.



Рис. 1. Общий вид исследуемой поверхности

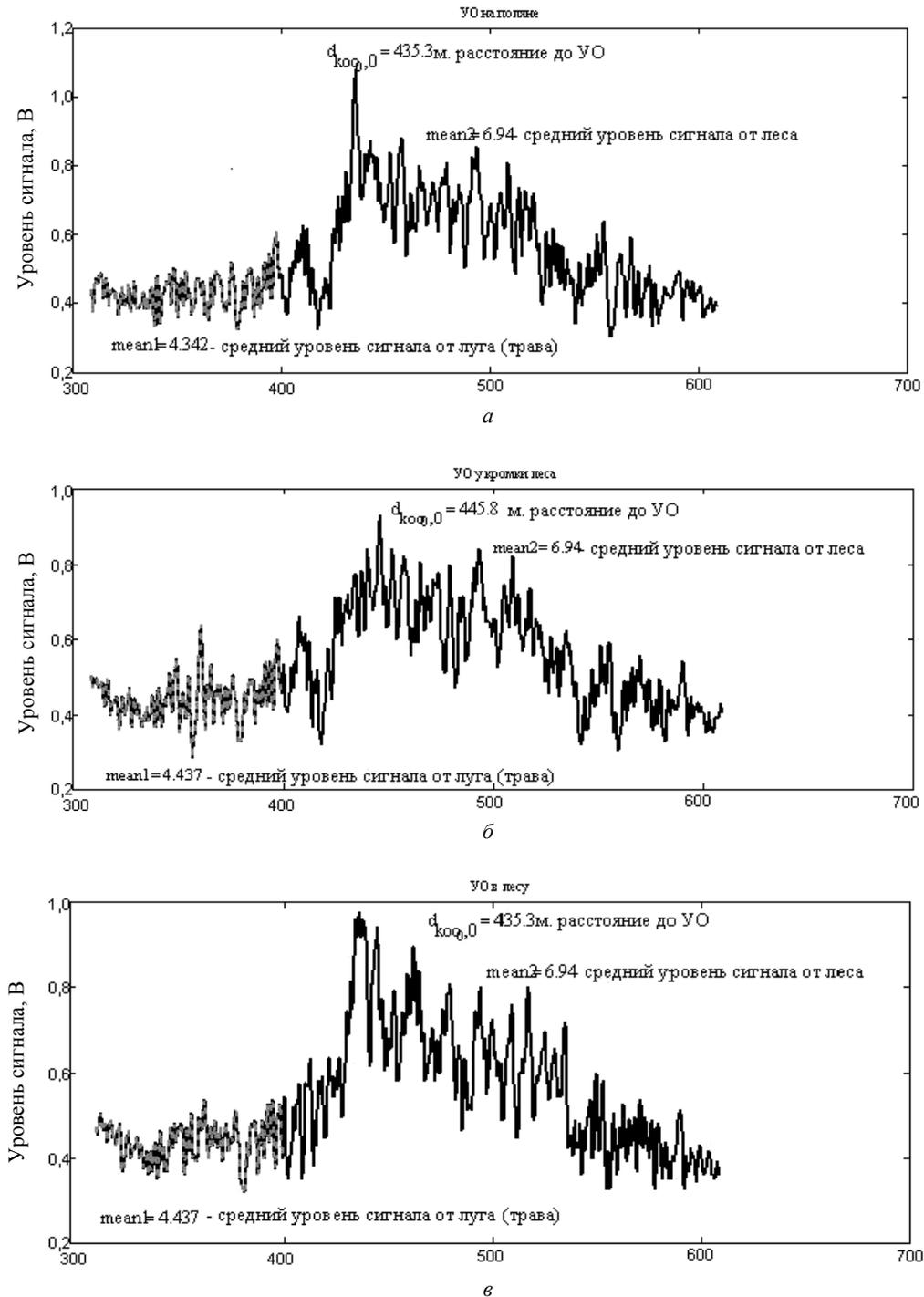


Рис. 2. Графики отраженных сигналов (обозначения см. в тексте)

Позиции установки УО следующие: первая – на открытой поляне, вторая – у края леса, третья – в глубине леса на расстоянии порядка 15 м от края леса. Графики отражения сигналов для соответствующих позиций представлены на рис. 2.

До расстояний порядка 420 м регистрируется отраженный сигнал от открытой земной поверхности, далее сигнал от УО, имеющий свою характерную форму, а за ним – отраженные сигналы от других деревьев, которые наглядно демонстрируют особенно-

сти СКИРЛ (рис. 2, а). Это контрастная картина отраженных сигналов от отдельных объектов, где каждый пик соответствует отражению от отдельного дерева, высокое пространственное разрешение по дальности (теоретически равное $c\tau_u / 2 = 1,5 \text{ м}$). Картина пространственного распределения сигнала при установке УО на краю леса отображена на рис. 2, б. Сигнал от УО сохраняет свою форму и превышает по своему значению сигналы от деревьев. Сигналы перед УО

объясняются отражением от границы леса, расположенного с другого края поляны, ближе склону горы.

Наиболее интересный эффект выявлен при третьей позиции УО, когда он располагался непосредственно в самом лесу. На рис. 2, в также отчетливо выделяется сигнал от УО, который практически не изменил свою форму и величину, но отражения от слоя леса, стоящего перед УО значительно возросли и превысили уровень сигнала от самого УО. В продольном направлении эта область совпадает с расстоянием от края леса до места установки УО, а в поперечном направлении с учетом диаграммы направленности антенны составляет порядка 40 м.

Здесь необходимо отметить, что данные измерения были проведены в осеннее время, когда деревья находились без листьев. В этом случае отдельные ветви деревьев можно рассматривать как отдельные вибраторы различной длины, где локальные центры рассеяния совпадают с концами вибраторов. Таким образом, они действуют как вторичные излучатели, вызывающие «эффект резонанса» и значительное усиление суммарного отраженного сигнала. В целом данный эффект свидетельствует о наличии в лесу сосредоточенной цели и выявляет возможность определения ее положения в пределах области возбуждения.

Следует заметить, что ЭПР данной цели (УО) достаточно велика. Для реальных целей, например, автомобилей, ЭПР будет заметно ниже. Тем не менее, и в этом случае, т. е. при сосредоточении целей в ле-

су, будет наблюдаться аналогичный эффект. Для оценки возможности обнаружения таких объектов можно использовать соотношение ЭПР объекта к ЭПР окружающей его фоновой поверхности.

Для определения величины относительного контраста необходимо дополнительные измерения ЭПР различных целей на открытом пространстве. Для представленных в работе результатов (рис. 2, в) измеренный уровень контраста между откликами от УО, расположенного в лесу, и уровнем отраженного сигнала от самого леса составил 14 дБ. При изменении угла ориентации УО и состояния леса эти значения могут существенно меняться. Тем не менее, выявленный эффект свидетельствует о наличии цели в лесной среде и выявляет возможность определения ее местоположения.

Библиографическая ссылка

1. Скосырев В. И., Осипов М. Л. Особенности и свойства сверхкороткоимпульсной радиолокации // Вестник МГТУ им. Баумана. Серия «Приборостроение». 1999. № 4. Спецвыпуск «Радиоэлектроника».

Reference

1. Skosyrev V. I., Osipov M. L. Vestnik MGTU im. Bauman, serija Priborostroenie. 1999. № 4. Specvypusk "Radiojelektronika".

© Доржиев Б. Ч., Очиров О. Н., Содномов Б. В., 2013

УДК 519.2

ИЗМЕРЕНИЕ ОБРАТНОГО ОТРАЖЕНИЯ РУПОРНЫМИ АНТЕННАМИ С ДИФРАКТОРНОЙ РАЗВЯЗКОЙ

Ю. Л. Ломухин, Е. Б. Атутов, Б. В. Басанов, В. П. Бутуханов

Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8. E-mail: lom@pres.bscnet.ru, vbut1951@gmail.com

Предлагается метод измерения обратного отражения. Получены значения коэффициента обратного рассеяния реальной почвы. Проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Ключевые слова: коэффициент обратного рассеяния, границы раздела сред, поляризация, комплексная диэлектрическая проницаемость, предельная глубина погружения волн, обращенная волна, диаграмма направленности антенн.

MEASUREMENT OF THE BACKS REFLECTION WITH THE HORN ANTENNA IN DIFFRACTION ISOLATION

Y. L. Lomuhin, E. B. Atutov, B. V. Basanov, V. P. Butukhanov

Institute of Physical Materials Science of Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
8 Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russia. E-mail: lom@pres.bscnet.ru, vbut1951@gmail.com

The authors propose a method of measurement of back reflection. The values of the back reflection coefficient in reality soil are obtained. The comparison between the calculated and experimental data is made.

Keywords: backs reflection coefficient, the medias interfaces, polarization, complex dielectric constant, the maximum depth of waves, backward wave, antenna directivity diagram.