В.П.Якубов, Е.Д.Тельпуховский, В.В.Ручкин, В.Н.Падусенко
Томский университет

УДК 681.586

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОКРОВОВ ЗЕМЛИ

Экологический мониторинг лесных массивов целесообразно вести методом радиозондирования с использованием контрастов в отражении волн ортогональных поляризаций. Экспериментальные исследования наклонного радиопросвечивания тестового участка леса показали, что результирующее излучение представлено интерференционной картиной волн (прямой и рассеянной) от зеленой поверхности и отражающих поверхностей деревьев. Методика зондирования и регистрации сигналов с управляющими системами на базе микропроцессорной техники обеспечивают высокую точность результатов, позволяют уточнить радиофизическую модель лесного покрова и решать обратные задачи.

Greater interest has been shown recently for aerospace methods of the Earth's surface exploration, for those of forest covers in particular, artificial and natural electromagnetic radio-frequency range radiation being the main instrument. The forest is half transparent to this range. It means, that the forest can be explored for the whole depth with the aid of radio waves, which is especially significant for instance for ecological monitoring of the forest as "the lungs of the planet" The procedure of sounding and recording of the signals with controlling systems on the basis of microprocessor facilities ensures the results of a high accuracy, makes it possible to improve the accuracy of the radiophysical forest cover and solve the inverse problems.

В последнее время усилился интерес к аэрокосмическим методам исследования поверхности Земли, в частности лесных покровов. Основным инструментом при этом является искусственное и естественное электромагнитное изучение радиодиапазона. Для этого диапазона лес полупрозрачен. Это значит, что с помощью радиоволн лес можно исследовать на всю глубину, что особенно важно, например, для экологического мониторинга лесов как «легких планеты». Для правильной интерпретации данных аэрокосмического мониторинга лесных покровов необходима адекватная модель взаимодействия радиоизлучения с лесом, разработка которой продолжается. Наибольшие надежды при зондировании лесов связываются с использованием контрастов в отражении волн ортогональных поляризаций. Интенсивные исследования в этой области разворачиваются в США в последние 2-3 года.

В работе описаны оригинальный экспериментальный комплекс, созданный для поляризационного исследования лесных покровов с использованием ненаправленных векторных антенн, и натурные эксперименты по наклонному радиопросвечиванию тестового участка леса. Результаты этих экспериментов позволяют выбрать адекватную модель лесного покрова и метод его зондирования.

Наиболее близкой к аэрокосмической схеме зондирования лесных покровов и доступной для практической реализации в земных условиях представляется схема наклонного радиопросвечивания (рис.1). Эксперименты показывают, что в этих условиях принимаемое излучение есть результат интерференции нескольких волн, две из которых – это прямая волна, прошедшая через полог леса, и волна, отраженная от подстилающей земной поверхности, а остальные – волны, рассеянные стволами и листвой. Обычно при выполнении поляризационных измерений важно знать направление распространения приходящей волны. В условиях интерференции выделить одно такое направление нельзя и необходимо использовать ненаправленный полный поляризационный прием с использованием векторных антенн [1, 2]. Предложены две конструкции таких антенн. Первая из них достаточно традиционная и разработана на частоту зондирования 1275 МГц. Вторая антенна, работающая на частоте 200 МГц, является двой-

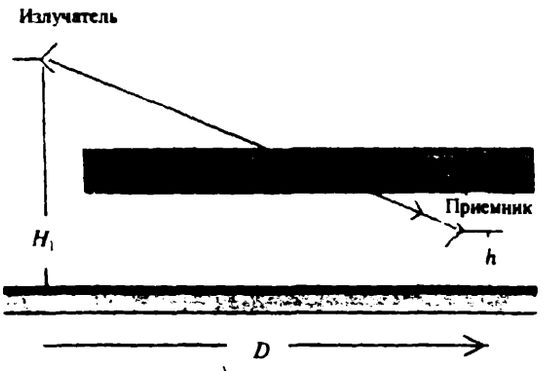


Рис.1. Схема просвечивания лесного полога

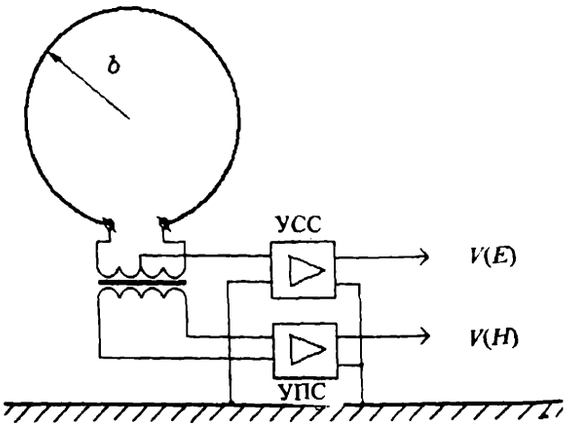


Рис.2. Схема выделения электрического и магнитного компонентов поля

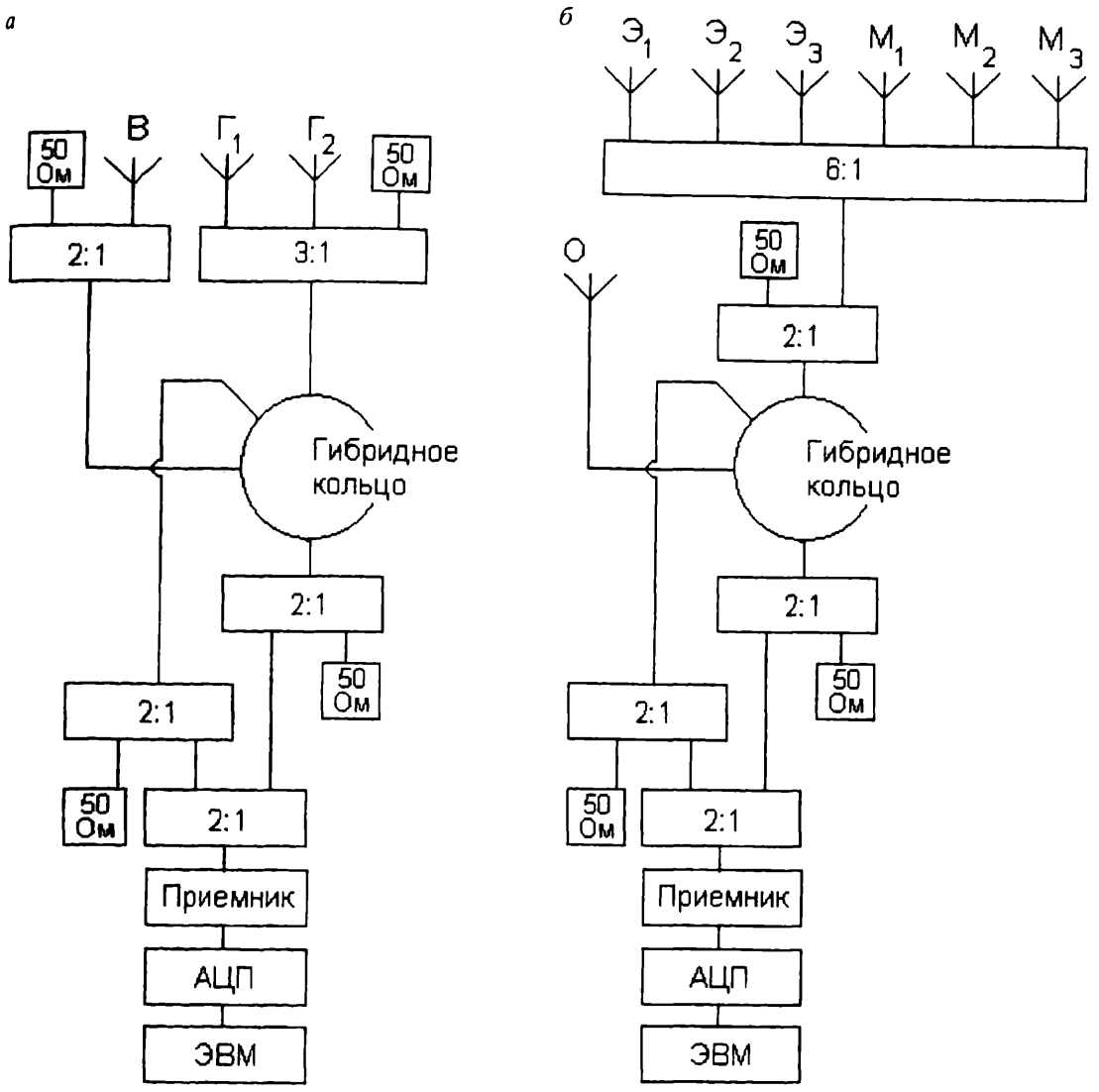


Рис.3. Блок-схемы поляриметрических установок на частотах 1275 и 200 МГц (*а* и *б* соответственно) с простой и двойной векторными антеннами

ной векторной антенной и состоит из соответствующим образом соединенных рамочных антенн. Эта конструкция обеспечивает регистрацию в одной точке всех шести компонентов электромагнитного поля. Основу выделения электрических и магнитных компонентов поля составляет трансформаторная схема разделения наведенных синфазных и противофазных составляющих токов (рис.2). Сигнал на выходе усилителя синфазной составляющей (УСС) пропорционален составляющей напряженности электрического поля, а сигнал на выходе усилителя противофазной составляющей (УПС) – составляющей напряженности магнитного поля, ортогональной к плоскости рамки.

Для осуществления автоматизированного приема и регистрации составляющих поля при зондировании леса были разработаны два комплекса, работающих на частотах 1275 и 200 МГц и позволяющих использовать один стандартный измерительный приемник и одну ЭВМ (рис.3). Основу схем составляет интерферометрический метод измерения амплитуды и фазы сигнала путем только амплитудных измерений после высокочастотного сложения и вычитания его с опорным сигналом. В первом варианте опорным является сигнал с вертикально ориентированного вибратора (В). Во втором случае это сигнал с отдельной антенны (О), обладающей кардиоидной диаграммой

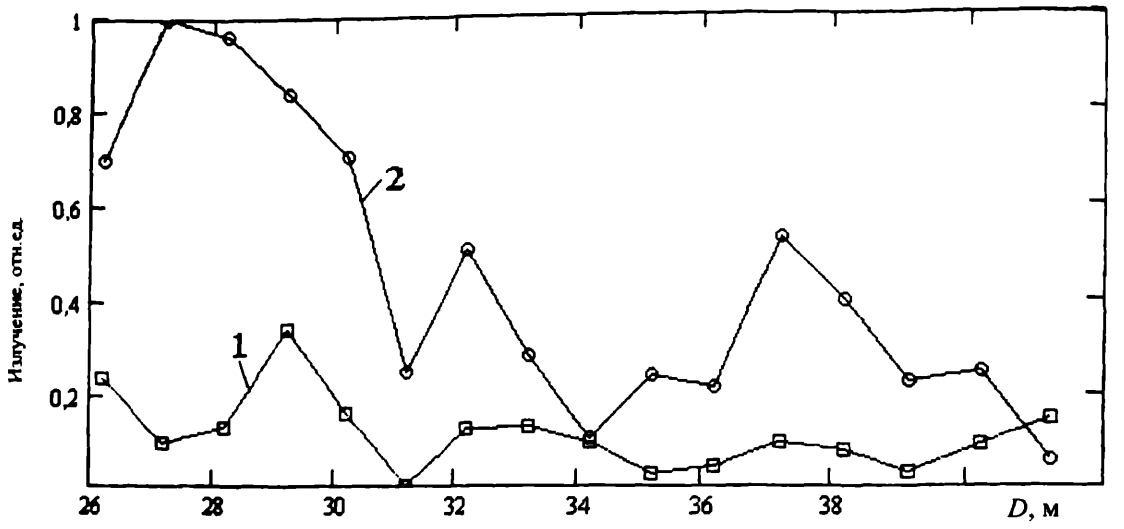


Рис.4. Ослабление вертикально- и горизонтально-поляризованного изучения (кривые 1 и 2 соответственно) при просвечивании лесного полога в зависимости от дальности

направленности. Гибридное кольцо используется для выделения сумма-разностных сигналов. Коммутаторы 2:1, 3:1, 6:1, а также АЦП управляются по заданной программе микропроцессором и служат для использования одних и тех же элементов в разных режимах измерений.

На рис.4 представлен пример результатов измерения ослабления поля интерференции с расстоянием D на частоте 1275 МГц. Отчетливо виден контраст в ослаблении лесом ортогональных поляризаций. Полученные результаты позволят уточнить радиофизическую модель лесного покрова [3] и выйти на решение обратной задачи [2].

Работа выполнена по проекту № 02.01.014 при поддержке программы «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники», по проекту № 03.01.028 при поддержке Программы сотрудничества Министерства образования Российской Федерации и Министерства обороны Российской Федерации по направлению «Научно-инновационной сотрудничество» и по гранту МО № Е00-12.0-249.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Якубов В.П.* Поляризация поля интерференции при отражении электромагнитной волны от границы раздела сред / В.П.Якубов, М.Г.Булахов, Ю.И.Буянов // Изв. вузов. Физика. 1996. № 10.

2. *Якубов В.П.* Векторная структура излучения, отраженного лесным покровом Земли / В.П.Якубов, Е.Д.Тельпуховский, В.Д.Чуйков и др. // Журнал радиоэлектроники. 2000. № 12.

3. *Магазинникова А.Л.* Дуальный механизм распространения радиоволн в условиях леса / А.Л.Магазинникова, В.П.Якубов // Радиотехника и электроника. 1999. Т.44. № 1.