

Сезонные вариации отражательных свойств растительных покровов

Л.Н. Захарова, А.И. Захаров

*Институт радиотехники и электроники им В. А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал (ФИРЭ РАН) 141190 Московская область, г. Фрязино, пл. Введенского, 1
e-mail: ludmila@sunclass.ire.rssi.ru*

В работе обсуждаются измерения полной матрицы рассеяния, полученные для разных типов поверхности в различных погодных условиях. Обнаружено снижение величины обратного рассеяния для зимних съёмок. Отмечены изменения поляриметрических свойств матрицы рассеяния.

The paper presents a number of measurements of radar scattering matrix for different earth surface types under various weather conditions. The reduction of radar cross section level for winter data takes and variations of polarimetric properties of the scattering matrix are demonstrated.

Введение

В последнее время всё более значимым для научного сообщества, занимающегося радиолокационными исследованиями земных покровов из космоса, становятся поляриметрические измерения и их приложения. В частности, величина отражённого сигнала является основой для оценки такого важного параметра леса, как его биомасса, поэтому для исследования леса и других типов земных покровов необходима корректная интерпретация их отражательных свойств.

Большинство исследований, оценивающих параметры естественных покровов по радиолокационным изображениям, сосредоточено на оценке значений эхо-сигнала от поверхности в пределах снимка, при этом сравнивают различные типы земных покровов, попавших на изображение, в настоящей же работе показана сезонная динамика обратного рассеяния для выбранных участков поверхности, а также связанных с ними поляриметрических характеристик матрицы рассеяния.

Данные и тестовые участки

В работе были использованы данные японского радиолокатора с синтезированной апертурой PALSAR, снятые с борта спутника ALOS в поляриметрическом режиме в 2006–2008 годах по территории, окружающей дельту реки Селенги. Сцена съёмки расположена на восточном берегу озера Байкал, в неё попадают земли по обе стороны от дельты, где преобладают естественные покровы: леса, поля, пастбища, луга, а также болота и другие неиспользуемые земли. Из водоёмов в кадре находится разветвлённая система рукавов дельты, мелкие озёра и болота, а также прилегающая к дельте часть акватории Байкала. По характеру рельефа на снимках имеется два типа поверхности: равнинная часть и горная — поросшие лесом отроги хребта Хамар-Дабан.

Была рассмотрена последовательность из 14 радиолокационных съёмок для различных времён года: девять снимков с мая по ноябрь 2006 года, четыре снимка 2007 года (март, мая, июнь и ноябрь) и один снимок, полученный в апреле 2008 года. Климатические условия данной территории позволили получить изображения как при положительных температурах воздуха летом, так и при околонулевых и отрицательных температурах в холодное время года (график значений температур на рис. 1).

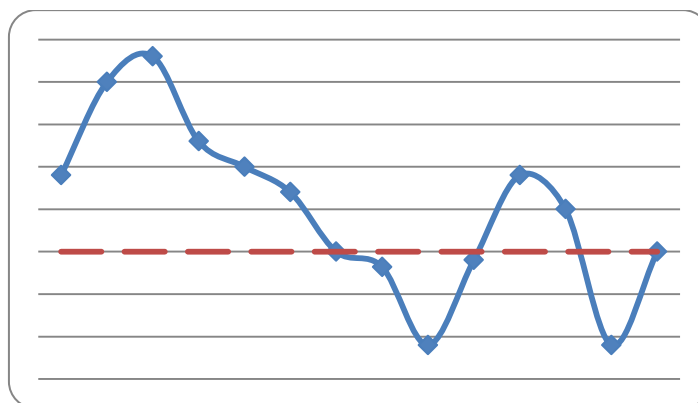


Рис. 1. Температура воздуха, °С (согласно архиву www.rp5.ru).
Даты съёмки в формате ггггммдд.

Для оценки динамики значений удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) были выбраны 8 относительно однородных участков поверхности небольшой площади (рис. 2). Три из них расположены в районе лесных массивов: два равнинных (на рис. 2 обозначены цифрами 1- смешанный у села Истомино и 2: преимущественно хвойный у села Дубинино), а также участок 3 на покрытом лесом отроге хребта Хамар-Дабан. Ещё два участка расположены между рукавами дельты Селенги: 4 с вкраплениями зарослей кустарника и 5, покрытый только травянистой растительностью, и, кроме того, два сельскохозяйственных поля 6 и 7, а также безлесный участок в районе бывшей оросительной системы 8.

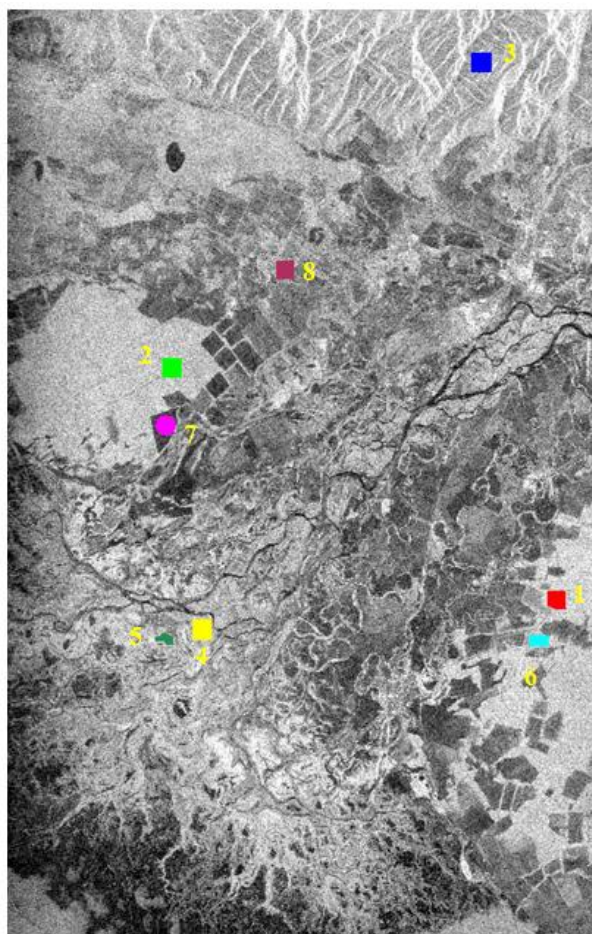


Рис. 2. Расположение тестовых участков на изображении.

Результаты измерений

Ещё в 1994 году было замечено [1], что при зимних съёмках лесных массивов значение УЭПР снижается на величину до 3 дБ по сравнению с более тёплым периодом. Это обстоятельство связывается с изменением величины диэлектрической проницаемости поверхности в разных температурных условиях. Для данной серии радиолокационных изображений было проведено сравнение средних значений УЭПР трёх лесных участков, результаты которого показаны на рис. 3, 4.

Для всех трёх сочетаний поляризаций на излучении и приёме (согласованная горизонтальная вверху на рис.3, перекрёстная посередине и согласованная вертикальная внизу) на всех лесных тестовых участках заметны два явных минимума, которые соответствуют холодным датам 30 ноября 2006 года и 16 ноября 2007 года (см. температурный график на рис.1). Наиболее выразительно падение УЭПР выглядит на перекрёстной поляризации, где величина колебания достигает 12 дБ, тогда как на графиках для согласованных поляризаций максимальное колебание не превышает 7–8 дБ. Следует отметить также, что для леса в горах практически всегда значения УЭПР меньше, чем на равнинных, особенно заметно это проявляется для горизонтальной поляризации.

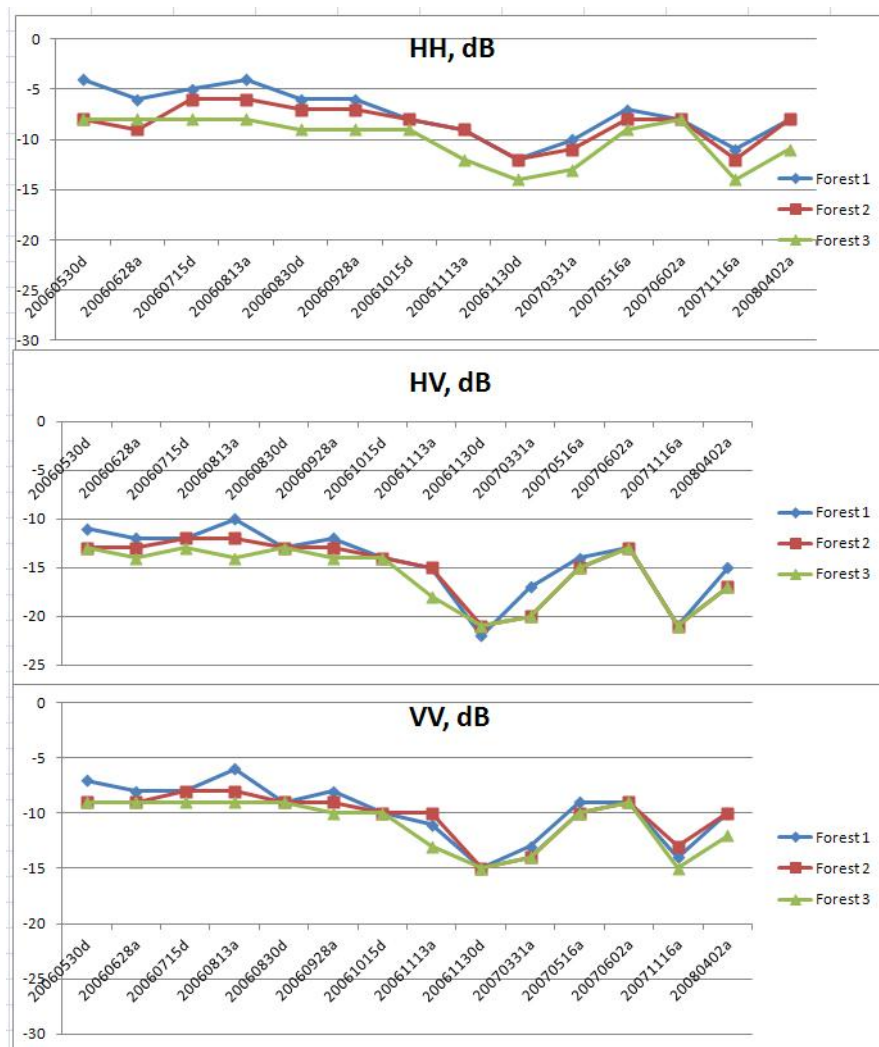


Рис. 3. Графики УЭПР для трёх лесных участков на поляризациях HH (вверху), HV (посередине) и VV (внизу).

Заметно менее согласованное поведение УЭПР демонстрируют безлесные территории (рис.4). Здесь также прослеживается некоторое снижение величины

обратного рассеяния в холодные даты, однако для двух из пяти поверхностей ни одна из морозных дат (20061130 и 20071116) не даёт абсолютного минимума значений УЭПР.

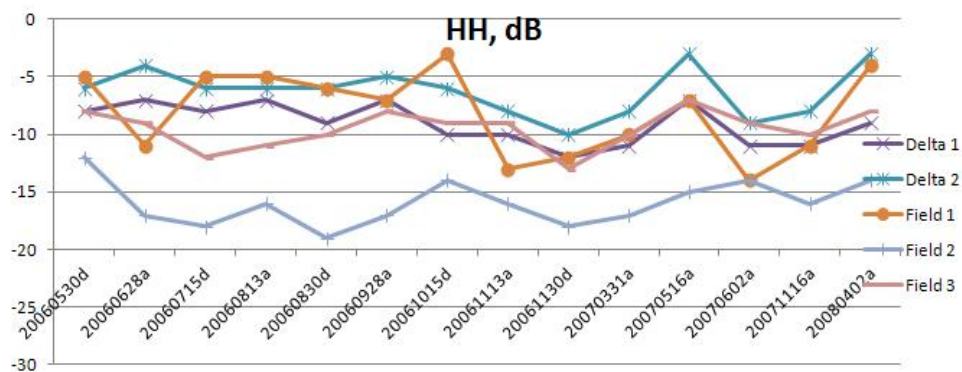


Рис. 4. Графики УЭПР для пяти безлесных типов поверхности.

Изменение поляризационных свойств

Как было показано выше, в морозную погоду величина УЭПР леса меняется неодинаково на разных поляризациях, что не может не отразиться на свойствах матрицы рассеяния. Одним из признанных методов анализа поляриметрической информации является классификация Клауда–Потье, основанная на декомпозиции механизмов рассеяния, которые выявляются путём анализа собственных значений матрицы рассеяния [2]. Результаты, полученные с использованием этой методики для зимних снимков, значительно отличаются от результатов классификации летних измерений [3,4]. Более выраженное снижение значения УЭПР на перекрёстной поляризации приводит к тому, что для лесных территорий исчезают признаки объёмного механизма рассеяния, а на открытых территориях уменьшается энтропия H [2], коррелирующая со степенью шероховатости поверхности.

Распространённая классификация Фримана–Дурдена, основанная на величине вклада объёмного рассеяния, поверхностного и двукратно переотражённого [5], также демонстрирует существенные отличия в холодные даты. На рис. 5, где показана степень вклада каждого из названных механизмов рассеяния в процентах для первой из лесных тестовых территорий (её расположение см. на рис. 2), видно, что объёмное рассеяние является доминирующим всегда, кроме двух холодных дат, когда преобладающим механизмом становится поверхностное рассеяние.

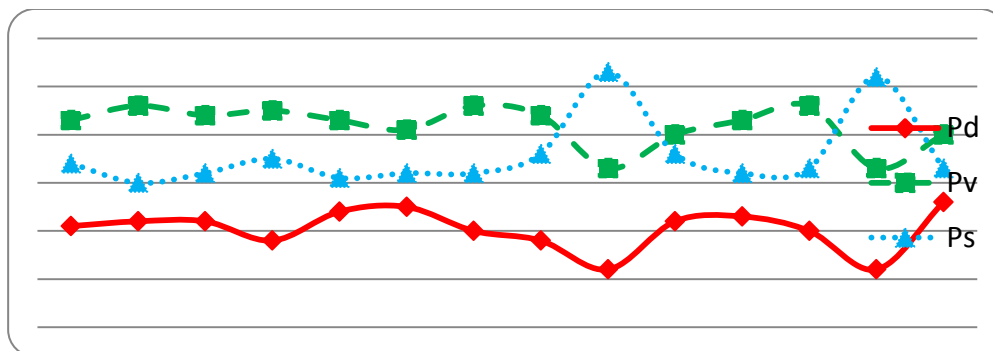


Рис. 5. Результат декомпозиции полной матрицы рассеяния по трём механизмам рассеяния. Pd — вклад двойного переотражения, Pv — вклад объёмного рассеяния, Ps — вклад поверхностного рассеяния (в процентах).

Заключение

Проведённые исследования позволяют сделать вывод об изменении величины УЭПР для леса: в холодное время года УЭПР снижается, причём снижение наиболее сильно выражено на перекрёстной поляризации и несколько менее — на согласованных поляризациях. Таким образом, при работе с радиолокационными снимками, полученными в холодное время года, и особенно при поляриметрической классификации и интерпретации, необходимо привлекать методанные для корректного анализа результатов измерений.

Литература

1. Kwok, R., Rignot, E.J.M., JoBea Way, J.B., Freeman, A., and Holt, J. Polarization Signatures of Frozen and Thawed Forests of Varying Environmental State. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 32. No. 2. March 1994.
2. S.R. Cloude and E. Pottier, “An Entropy Based Classification Scheme for Land Applications of Polarimetric SAR”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 1997. Vol. 35, no. 1, pp. 68–78, January 1997.
3. L. Zakharova. Seasonal variations of land cover polarimetric properties on ALOS PALSAR images. 8th European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR-2010), 7-10 June 2010, Eurogress, Aachen, Germany. CD-ROM.
4. Zakharova, L. Some peculiarities of polarimetric classification for winter data takes// Proc. of 2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS-2011), Vancouver, Canada, 24-29 July 2011. P. 389–392.
5. A. Freeman and S.L. Durden. “A Three-Component Scattering Model for Polarimetric SAR Data”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 36, No. 3, pp.963–973, May 1998.