

References

1. Sukhikh V. I. Aerokosmicheskie metody v lesnom khozystve i landshaftnom stroitelstve (Aerospace methods in forestry and landscape construction). Yoshkar-Ola, MarGTU, 2005, 392 p.
2. Armand N. A., Chimitdorzhiev T. N., Efremenko V. V. [etc.] Radiotekhnika i Elektronika. 1998, vol. 43, no. 9, pp. 1070–1075.
3. Bondur V. G., Chimitdorzhiev T. N. Izvestia visschih uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos'emka. 2008, no. 6, pp. 64–73.
4. Kirbizhekova I. I., Batueva E. V., Darizhapov D. D. Journal Radioelektroniki. 2010, no. 10, pp. 85–94.
5. Chimitdorzhiev T. N., Arkhincheev V. V., Dmitriev A. V. Isledovaniya zemli iz kosmosa. 2007, no. 5, pp. 80–82.

© Чимитдоржиев Т. Н., Гармаев А. М., Кирбижекова И. И., Емельянов К. С., Гусев М. А., Базаров А. В., 2013

УДК 537.871.5 530.1:528.871.6

КАРТИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ СРЕД НА ОСНОВЕ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ РАДАРНЫХ ДАННЫХ ПО БАЙКАЛЬСКОМУ РЕГИОНУ*

И. И. Кирбижекова, Е. В. Батуева

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

Для исследования состояния и мониторинга динамики лесных сред актуально развитие и применение методов радарной поляриметрии. Проведен статистический анализ сезонных изменений объемной компоненты разложения Клода-Поттье по Улан-Удэ и его окрестностям на основе данных ALOS PALSAR 2007–2009 гг. Результаты могут быть использованы для картирования лесных массивов.

Ключевые слова: радарная поляриметрия, декомпозиционные методы, лесная среда.

MAPPING AND MONITORING OF FOREST ENVIRONMENTS ON THE BASIS OF POLARIMETRIC RADAR DATA ON BAIKAL REGION

I. I. Kirbizhekova, E. V. Batueva

Institute of Physical Materials Science of Russian Academy of Science, Siberian Branch
6 Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russia. E-mail: kirbizhekova@bk.ru

For study and monitoring of the state and changes of forest environment it is actual to develop and apply radar polarimetry. We performed a statistical analysis of seasonal changes in the volume components of the Claude-Pottier decomposition for the city Ulan-Ude and its surroundings on the basis of ALOS PALSAR 2007–2009. Results can be used for forest mapping.

Keywords: radar polarimetry, decomposition methods, forest medium.

Благодаря уникальной проникающей способности электромагнитных волн сантиметрового и дециметрового диапазона радиолокационные методы обладают определенными преимуществами и возможностями исследования физических свойств и состояния объектов исследования [1]. При отражении и рассеянии радиолокационных волн происходит преобразование их поляризации в зависимости от физических свойств среды, таких как диэлектрическая проницаемость, проводимость, температура, влажность и т. п., а также от геометрических свойств рельефа, шероховатости поверхности и др. [2; 3]. Базовые аспекты теории и поляриметрические

методы решения многочисленных прикладных задач хорошо известны. В настоящее время наиболее распространены методы классификации природных и искусственных объектов основанные на поляриметрической декомпозиции разделяющей объекты по типам механизмов рассеяния [4–6]. Декомпозиция методом Клода-Поттье и визуальное сравнение разносезонных изображений ALOS PALSAR по территории дельта реки Селенга выявило значительные изменения процессов рассеяния по исследуемой территории, причем наиболее сильные изменения связаны с зимним периодом с отрицательными температурами [7].

* Исследования выполнены при частичной поддержке гранта РФФИ 13-08-01132 «Создание системы дистанционного мониторинга состояния и изменений объектов биосферы на основе данных радарной поляриметрической интерферометрии».

Сезонные изменения результатов поляриметрической декомпозиции. Ранее проведенный нами статистический анализ результатов классификации осенне-зимних поляриметрических данных ALOS PALSAR по территории горного массива Хамар-Дабан, долины и дельты реки Селенга выявил значительное снижение в зимний период (на 20 %) доминирующей роли объемного рассеяния высокой и средней энтропии и рост доминирования поверхностного рассеяния средней и низкой энтропии [8]. Сравнительный анализ поляриметрических характеристик также указывает на сезонные изменения процессов рассеяния. В частности, для лесных массивов в зимний период установлены изменения радарного вегетационного индекса gvi , степени поляризации и др., свидетельствующих о снижении доли объемного рассеяния. Подобные изменения отчасти обусловлены общим уменьшением биомассы смешанных лесов и кустарниковой растительности при смене сезонов осень-зима. Дополнительное исследование сезонных изменений объемной F_{vol} , нечетной F_{odd} и четной F_{dbl} компонент Фримана на небольшом чисто сосновом тестовом участке Кударинского лесхоза показало снижение объемной и двукратной компонент в среднем на 3÷3.5 дБ и стабильность поверхностной ком-

поненты. Таким образом, изменения объемной составляющей в радиолокационном отклике от лесной среды также связано с изменением диэлектрической проницаемости и проводящих свойств среды.

Аналогичный статистический анализ проведен на паре весенних снимков г. Улан-Удэ и его окрестностей, полученных ALOS PALSAR 17 апреля 2009 г. и 28 мая 2007 г. (начало и конец весны). Изображения интенсивности и трех компонент Фримана на 2009 г. представлены на рис. 1. На территории ровные участки поверхности располагаются в долине р. Уда (рис. 1, б), преобладает гористая местность, покрытая лесами (рис. 1, в). Породный состав варьируется, в основном смешанный с преобладанием сосны и лиственницы (87 %). В долине р. Уда располагаются городские кварталы, дачные поселки, пригороды (рис. 1, з).

Визуальное сравнение результатов Н-А- α -классификации, компонент Фримана, gvi и других показало локальные малозаметные изменения. Гистограммы gvi для снимка в целом и двух полигонов, демонстрирующих небольшой рост gvi лесной растительности к концу весны (см. рис. 1, а) представлены на рис. 2. Для третьего полигона графики практически дублируют рис. 2, а.

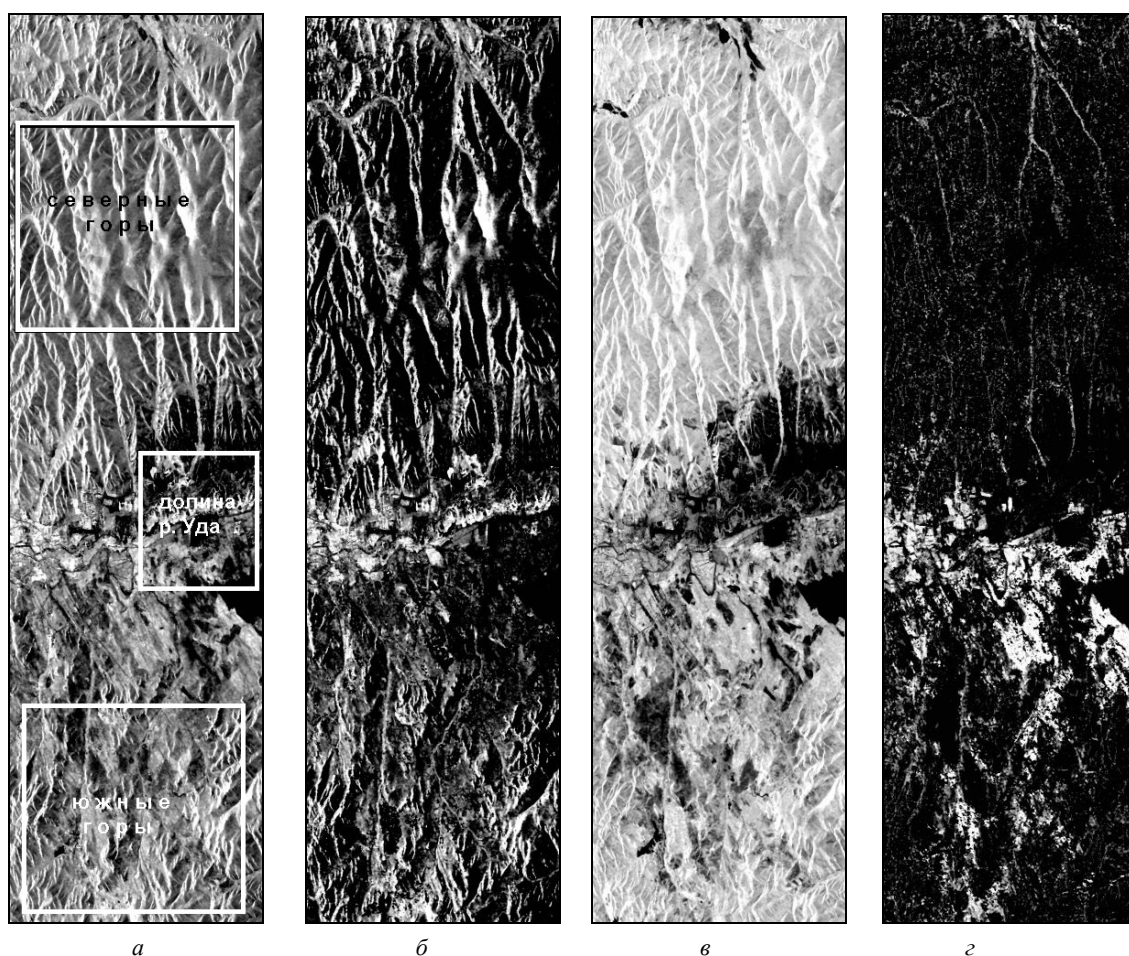


Рис. 1. Интенсивность (а) радиолокационного изображения г. Улан-Удэ и его окрестностей по данным ALOS PALSAR 17/04/2009 и компоненты разложения Фримана: F_{odd} (б); F_{vol} (в); F_{dbl} (з)

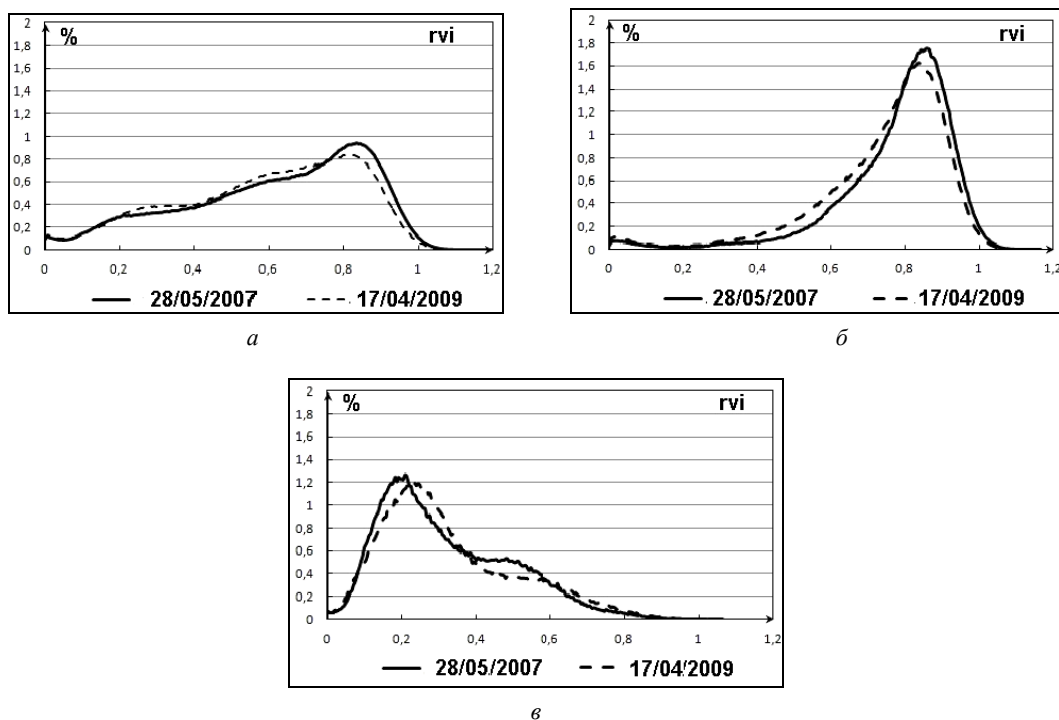


Рис. 2. Гистограммы распределения радарного вегетационного индекса на основе данных ALOS PALSAR: а – снимки в целом и два тестовых участка; б – северные горы; в – долина р. Уда

Статистика классов Н-а-классификации на 28/05/2007 и изменения Δ к 17/04/2009

| Класс | Снимок в целом, % | | Тестовый полигон 1 «Северные горы», % | | Тестовый полигон 2 «Южные горы», % | | Тестовый полигон 3 «Долина р. Уда», % | |
|--|-------------------|----------|---------------------------------------|----------|------------------------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| | 2007 | Δ | 2007 | Δ | 2007 | Δ | 2007 | Δ |
| <i>Четное (в основном двукратное) рассеяние (Dbl)</i> | | | | | | | | |
| 1 (высокой энтропии) | 0 | +0 | 0 | +0 | 0 | +0 | 0 | +0 |
| 4 (средней энтропии) | 1,99 | -0,17 | 0,20 | -0,02 | 3,28 | -0,10 | 3,75 | -1,62 |
| 7 (низкой энтропии) | 0,12 | +0,03 | 0,03 | +0,03 | 0,08 | +0,05 | 0,22 | -0,09 |
| <i>Объемное рассеяние (Vol)</i> | | | | | | | | |
| 2 (высокой энтропии) | 33,27 | -5,97 | 61,59 | -10,63 | 10,70 | -1,73 | 1,67 | +0,88 |
| 5 (средней энтропии) | 24,42 | +1,03 | 14,52 | +2,39 | 39,90 | -1,90 | 16,29 | -2,09 |
| 8 (низкой энтропии) | 0,05 | +0 | 0,03 | +0 | 0,03 | +0 | 0,06 | -0,03 |
| <i>Нечетное (в основном поверхностное) рассеяние (Odd)</i> | | | | | | | | |
| 6 (средней энтропии) | 35,32 | +4,22 | 22,26 | +7,49 | 42,64 | +3,84 | 59,09 | +1,27 |
| 9 (низкой энтропии) | 4,81 | +0,87 | 1,36 | +0,78 | 3,36 | -0,06 | 18,92 | -1,68 |

Статистика населенности классов для 28 мая 2007 г. и ее изменение к 28.05.2009 г. представлены в таблице. Как видно из таблицы, в целом по снимку объемное рассеяние доминирует на 58 % территории, поверхностное на 40 %, а двукратное – на 2 %. В горах (полигон 1) иное распределение – 76, 23 и 1 % соответственно, и в долине р. Уда (полигон 3) – 18, 78 и 4 %. Объемное рассеяние высокой энтропии в целом

по снимку в начале весны на 5,97 % ниже, причем изменения в основном связаны с лесной растительностью на горах (10,63 %), что вероятнее всего, обусловлено вкладом лиственных пород на стадии роспуска листьев. В долине р. Уда изменения имеют противоположное направление, скорее всего, вследствие более долговременных причин (застройки, прирост насаждений на дачных участках и в пригородах).

Таким образом, сезонные изменения процессов рассеяния в лесной среде в зависимости от породного состава леса отражаются на изменениях поляриметрических характеристик, а также доминировании объемной и поверхностной компонент рассеяния на радиолокационных снимках L-диапазона. Сохранение или смена доминирующей роли объемной и поверхностной компонент в совокупности с другими поляриметрическими характеристиками может служить индикатором хвойных и лиственных пород и возможности их картографирования на основе радарных данных.

Библиографические ссылки

1. Manual of Remote Sensing. Principles and Applications of Imaging radar Manual / by ed. R. A. Ryerson. Vol. 2. 1998. P. 865.
2. Кирбижекова И. И., Батуева Е. В., Дарижапов Д. Д. Поляриметрические свойства природных объектов на радарных изображениях Байкальского региона // Журнал радиоэлектроники. № 10. С. 85–94.
3. Козлов А. Л., Логвинов А. И., Сарычев В. А. Радиолокационная поляриметрия. Поляризация структура радиолокационных сигналов. М.: Радиотехника. 2007.
4. Чимитдоржиев Т. Н. Некоторые результаты анализа гибридной поляриметрии ALOS PALSAR // Исследование Земли из космоса. 2010. № 6. С. 59–62.
5. Cloude S. R., Pottier E. An Entropy-Based Classification Scheme for Land Applications of Polarimetric SAR // IEEE Trans GRS. 1997. Vol. 35 (1). P. 68–78.
6. Freeman A., Durden S. T. A Three-Component Scattering Model for Polarimetric SAR Data // IEEE Trans. GRS. 1998. Vol. 36 (3). P. 963–973.

7. Захарова Л. Н., Захаров А. И. Динамика поляриметрических свойств естественных покровов на разнотемпературных данных ALOS PALSAR // Журнал радиоэлектроники. № 10. С. 39–45.

8. Кирбижекова И. И., Батуева Е. В. Исследования сезонных изменений лесных массивов по данным ALOS PALSAR // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55, № 8/2. С. 270–271.

References

1. Manual of Remote Sensing. Principles and Applications of Imaging radar Manual. R. A. Ryerson editor-in-chief. USA. Vol. 2. 1998. P. 865.
2. Kirbizhekova I. I., Batueva E. V., Darizhapov D. D. Journal Radioelectronici, 2010, no. 10, pp. 85–94.
3. Kozlov A. L., Logvinov A. I., Sarichev V. A. Radiolokatsionnaya polyarimetriya. Polyarizatsionnaya struktura radiolokatsionnykh signalov (Radar polarimetry. Polarization structure of radiolocation signals). Moscow, Radiotekhnika, 2007, 640 p.
4. Chimitdorzhiev T.N. Issledovaniya Zemli iz kosmosa, 2010, no 6, pp. 59–62.
5. Cloude S. R. and Pottier E. An Entropy-Based Classification Scheme for Land Applications of Polarimetric SAR//IEEE Trans GRS. 1997. Vol. 35 (1). P. 68–78.
6. Freeman A. and Durden S.T. IEEE Trans. GRS, 1998, Vol. 36 (3), pp. 963–973
7. Zakharova L. N., Zakharov A. I. Journal Radioelectronici, 2010, no 10, pp. 39–45.
8. Kirbizhekova I. I., Batueva E. V. Izvestia Vuzov. Physics, 2012, vol.55, no 8/2, pp. 270–271.

© Кирбижекова И. И., Батуева Е. В., 2013

УДК 551.321+550.837.76

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО РАДАРНЫМ ДАННЫМ И МЕТОДАМИ GPS-НАВИГАЦИИ*

Т. Н. Чимитдоржиев¹, Г. И. Татьков², Ц. А. Тубанов², П. Н. Дагуров¹, А. И. Захаров³,
И. И. Кирбижекова¹, А. В. Дмитриев¹, М. Е. Быков¹

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

²Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а. E-mail: gin@gin.bscnet.ru

³Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
имени В. А. Котельникова Российской академии наук
Россия, 141190, Фрязино Московской области, площадь им. акад. Б. А. Введенского, 1.
E-mail: ludmila@sunclass.ire.rssi.ru

Представлены результаты исследований деформаций и динамики ледового покрова озера Байкал на основе радиолокационных данных и наземных GPS-измерений. Методами спекл-интерферометрии определены значения и направления горизонтальных смещений ледовых массивов в южной котловине и в окрестностях п-ва Святой хороши согласующиеся с наземными GPS-измерениями.

Ключевые слова: спекл-интерферометрия, текстурный анализ, GPS-измерения.

* Исследования выполнены при поддержке Междисциплинарного проекта СО РАН № 73 «Изучение закономерностей и механизмов сейсмостектонических процессов в земной коре методами физического моделирования на ледовом покрове озера Байкал». Радарные данные ALOS PALSAR получены по гранту Японского аэрокосмического агентства 09/JAXA/AEO № 0223001 «Study of topography and geology of Baikal region using optical and radar ALOS data».