

Сезонные вариации отражательных свойств естественных покровов по многолетним данным радиолокации в L-диапазоне

Л. Н. Захарова, А. И. Захаров

*Фрязинский Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН
141190, пл. Введенского, 1, Фрязино, Московская область, ludmila@sunclass.ire.rssi.ru*

Приведены результаты анализа данных радиолокатора PALSAR по территории Подмосковья за период 2006-2010 гг. Обнаружена сезонная зависимость уровня удельной эффективной поверхности рассеяния от видового состава леса, а также колебания, связанные с морозами и периодом длительного отсутствия осадков. Прослежено изменение отражательных свойств на вырубленном участке леса.

ALOS PALSAR data over Moscow region acquired in 2006–2010 are studied. Seasonal radar cross-section dependence on the forest species is detected and described in terms of decibels variations. Frost and drought periods were also examined.

Анализ рядов однотипных данных — это современный подход к вопросу изучения свойств поверхности Земли из космоса, поскольку нынешние концепции радиолокационной съёмки нашей планеты с её искусственных спутников базируются на многократной повторяемости орбитального сценария аппарата-носителя и, следовательно, на получении изображений любой местности с регулярностью, определяемой параметрами конкретной миссии. Изображения, снятые с частотой несколько раз в год, позволяют анализировать как долговременные изменения отражательных свойств растительных покровов, так и их динамику в течение года несколько лет подряд.

В настоящей работе по исследованию сезонной динамики растительных покровов средней полосы России были использованы данные радиолокатора PALSAR, установленного на борту японского спутника ALOS за период с июня 2006 года по октябрь 2010. Проанализированы 49 снимков, полученных в разное время года и при разных метеорологических условиях. Данные о температуре воздуха, облачности и осадках в день съёмки и накануне были получены из открытого интернет-архива погоды gr5 [1].

Эффект снижения удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) растительности во время заморозков известен в контексте поляриметрических измерений [2,3]. Данная работа основана на измерениях в одном поляризационном канале (НН), однако прослежена долговременная цепочка данных, позволяющая проследить устойчивые сезонные изменения в уровне УЭПР, в отличие от единичных измерений, проведённых в разные сезоны года.

Выбранные для анализа территории показаны на рис. 1.

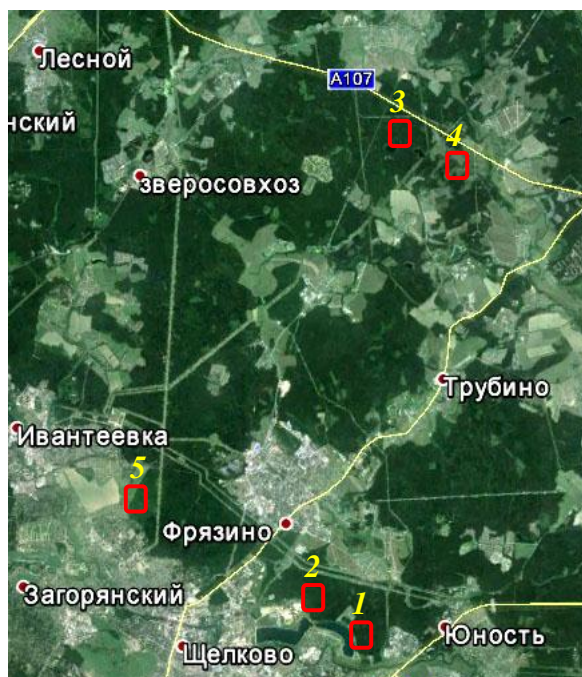


Рис. 1. Расположение тестовых участков на фрагменте изображения Google Earth.

Тестовые участки находятся в Щёлковском районе Московской области и имеют следующий преимущественный состав деревьев:

- 1 — хвойный лес вблизи Фрязино,
- 2 — смешанный лес вблизи Фрязино,
- 3 — хвойный лес у автодороги А107 (Малое Московское Кольцо)
- 4 — хвойный лес и вырубка (с 2008 г.) у автодороги А107,
- 5 — лиственный лес вблизи города Фрязино.

На рис. 2 приведены графики изменения УЭПР по пяти названным территориям, а также отдельно размещён график температуры воздуха во время наблюдений.

На графиках (рис.2) видна зависимость сезонной динамики УЭПР в течение нескольких лет от преимущественного видового состава леса (сосна — хвойный лес, берёза — лиственный), а также отмечено заметное снижение УЭПР во время зимних морозов для всех типов леса (морозные даты заключены в синие прямоугольники). Снижение величины УЭПР в зимний период по сравнению с летним составляет 1.5–2 дБ, при этом наибольшая разница между зимними и летними показателями отмечается у хвойных лесов. При этом во время зимних оттепелей (температура около 0 градусов) УЭПР возрастает снова почти до летних значений. Снижение УЭПР в начале зимы, как правило, выражено в меньшей степени по сравнению с уровнем его падения в середине и конце зимнего периода, что позволяет связать это с более глубоким промерзанием почвы и древесины. Таким образом, можно сказать, что снижение температуры до отрицательных значений приводит к снижению УЭПР только в случае наступления суровых морозов (как зимой 2009-2010 года) или в случае длительного воздействия даже небольших отрицательных температур на растительные покровы и почву. Из десяти дат съёмки при отрицательной температуре воздуха только в пяти случаях имеется снижение величины УЭПР до уровня -11...-12 дБ на всех тестовых участках.

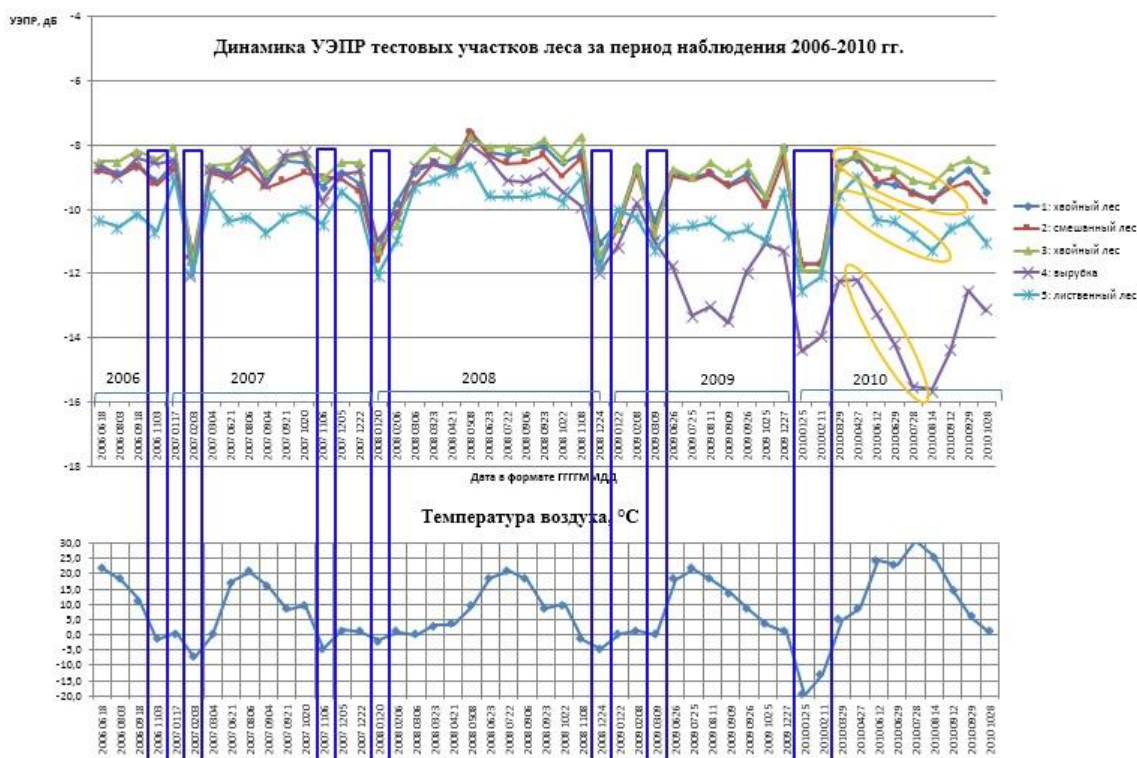


Рис. 2. Динамика УЭПР тестовых участков за период наблюдения и температура воздуха в дни съёмки.

Можно отметить стойкое различие в уровне УЭПР между сосновым и берёзовым лесом: УЭПР последнего ниже на 1-2 дБ в тёплое время года (тестовый участок 5 на графиках и изображении).

Подтверждена возможность использования радиолокационных данных для детектирования и мониторинга районов лесных вырубок. Тестовый участок 4 представлял собой до середины 2008 года хвойный лес, а затем всё более расширяющийся участок вырубки; на рис. 1 (данные 2014 года) вырубке в районе участка 4 соответствует более светлый тон по сравнению с окружающим лесом. На графиках УЭПР видно, что со второй половины 2008 года участок 4 начинает отличаться от остальных лесных участков — уровень УЭПР вырубки снижается, быстро сравниваясь с уровнем берёзового леса, а в 2009 году и далее становясь и заметно ниже.

Динамика значений УЭПР имеет особенность, отличающую anomalously засухливое и жаркое лето 2010 года от других летних последовательностей данных: в продолжение засухливого лета отмечено падение УЭПР, характерное для существенного снижения влажности отражающих покровов (оранжевые овалы на рис. 2). Особенно выражено падение на вырубке (около 4 дБ), снижение УЭПР на лесах составило более 2 дБ на берёзовом участке и 1.5-1.8 дБ на остальных. Подъём значений УЭПР на всех участках, начиная с сентября 2010 года соответствует началу осеннего сезона с увеличивающимся количеством осадков.

Колебания УЭПР позволили предположить, что вследствие изменения отражательных свойств леса может колебаться и положение эффективного фазового центра рассеяния. Однако, интерферометрическая обработка двух пар изображений не выявила каких-либо существенных различий в разности фаз сигналов между летними

периодами 2009 и 2010 годов. Таким образом, смещения эффективных фазовых центров рассеяния за счёт летнего высыхания не обнаружено.

Вывод

Проведены исследования нестабильности уровня УЭПР подмосковных лесов по долговременной серии данных радиолокатора космического базирования PALSAR за период 2006-2010 гг. Прослежены закономерности изменения УЭПР растительных покровов в течение вегетационного периода в обычные годы, а также в аномально жаркий и сухой период (лето 2010 года). Обнаружена зависимость динамики УЭПР в течение вегетационного периода от преимущественного видового состава леса (сосна, берёза), а также отмечено заметное снижение УЭПР во время зимних морозов для всех типов леса. Отмечено стойкое различие в уровне УЭПР между сосновым и берёзовым лесом. Подтверждена возможность использования радиолокационных данных для детектирования и мониторинга районов лесных вырубок, а также изменения состояния леса вследствие поражения насекомыми-вредителями: высыхающий лес имеет тенденцию к постепенному снижению УЭПР. Таким образом, данные РСА L-диапазона позволяют проводить надёжную классификацию типов растительных покровов, однако при классификации и оценке биофизических свойств леса следует учитывать сезонность наблюдений и метеоусловия в день съёмки, а также климатическую обстановку в регионе в целом.

Литература

[1] www.rbc.ru

[2] R. Kwok, E. Rignot, J. Way, A. Freeman and J. Holt: Polarization Signatures of Frozen and Thawed Forests of Varying Environment State IEEE Trans. on Geosci and. Remote Sens., Vol. 32, No. 2, pp. 371-381, 1994.

[3] L. Zakharova: Seasonal variations of land cover polarimetric properties on ALOS PALSAR images Proceedings of European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR), Aachen, Germany, 7-10 June 2010., Vol. 1, pp.264-278, 2006.