

СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОКРОВОВ

Захарова Л.Н., Захаров А.И.

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал, <http://fire.relarn.ru>
Фрязино 141190, Московская область, Российская Федерация

Поступила 02.04.2019, принята 17.04.2019

Представлена членом-корреспондентом РАЕН Р.П. Быстровым

На примере территории Забайкалья показано, что радиофизические свойства растительных покровов существенно зависят от погодных условий, в первую очередь – от температуры воздуха. По данным японского космического поляриметрического радара PALSAR, полученным на различных комбинациях поляризации сигнала на передаче-приеме, были измерены отражательные свойства подстилающих покровов на 8 тестовых участках в течение нескольких лет, а также оценен вклад различных механизмов рассеяния. Выявлено, что при низких отрицательных температурах зимой удельная эффективная площадь рассеяния (УЭПР) растительных покровов резко снижается на всех комбинациях поляризаций сигнала радиолокатора с синтезированной апертурой на приеме-передаче. Наиболее велико, на 12 дБ, падение УЭПР на перекрёстной поляризации, тогда как для согласованных поляризаций максимальное изменение не превышает 7–8 дБ. Декомпозиция данных поляриметрической съемки позволяет выявить различие в поведении механизмов рассеяния в зависимости от температуры окружающей среды. Если для открытых почв в течение всего года характерно поверхностное рассеяние с низкой энтропией, то у леса преимущественно дипольный тип рассеяния летом почти полностью заменяется зимой классом поверхностного рассеяния с умеренной энтропией. Указанные особенности поведения радиофизических свойств зондируемых сред в течение года влияют на эффективность автоматизированных методов классификации подстилающих покровов и точность измерения их биофизических характеристик.

Ключевые слова: радиолокатор с синтезированной апертурой, удельная эффективная площадь рассеяния, поляриметрические декомпозиции, классификация растительных покровов

УДК 528.8.044.2, 537.871.5

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ (49)
 2. ТЕСТОВЫЕ УЧАСТКИ (50)
 3. ЗНАЧЕНИЯ ПЛОЩАДИ РАССЕЯНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОЧЕТАНИЯХ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ИЗЛУЧЕНИИ/ПРИЕМЕ (50)
 4. ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАЦИИ И ИХ ДИНАМИКА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА (52)
 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ (55)
- ЛИТЕРАТУРА (55)

1. ВВЕДЕНИЕ

Космическая радиолокационная съемка Земли предоставляет уникальную информацию о состоянии планеты, ее биологическом разнообразии, природных ресурсах и экологической ситуации в зоне съемки. Растительным покровом, одному из важнейших

элементов биосферы, уделяют особое внимание при выборе параметров космического радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА) на этапе принятия решения о создании этого прибора, а также в дальнейшем при планировании и проведении радиолокационных измерений. Общеизвестной потенциальной возможностью радиолокационных наблюдений являются классификация типов растительности, высота и возраст деревьев, объем растительной биомассы, границы лесов и их состояние.

Традиционно используемым параметром при решении тематических задач картирования лесных покровов является такой радиофизический параметр рассеяния, как удельная эффективная площадь обратного рассеяния поверхности (УЭПР). Связь УЭПР с прямыми наземными измерениями

характеристик леса методами регрессионного анализа дает неплохие результаты и оказывается наиболее эффективной для хвойных лесов [1, 2]. Нарращивание каналов измерений повышает эффективность решения задач картирования леса. Это использование временных рядов наблюдений [3, 4], многочастотных измерений [5-7], интерферометрическая [8] и поляриметрическая [9] съемки, а также их комбинаций, например, поляриметрической интерферометрии [10, 11]. Поляриметрическая съемка оказывается особенно информативной благодаря применению методов поляриметрической декомпозиции [12, 13], позволяющих выделить в отраженном сигнале вклад разных механизмов рассеяния. Радиофизические свойства растительных покровов существенно зависят от условий проведения измерений, таких, как метеоосадки, температура окружающей среды. В работе [4] исследованы вариации отражательных свойств лесов на разных поляризациях зондирующего сигнала.

Целью настоящей работы является исследование вариаций отражательных свойств лесов Забайкалья, в первую очередь, механизмов их рассеяния в зависимости от сезона года.

2. ТЕСТОВЫЕ УЧАСТКИ

Тестовые участки располагаются в районе дельты реки Селенги на территории Забайкалья. Для оценки динамики значений удельной эффективной площади рассеяния были выбраны 8 относительно однородных участков поверхности небольшой площади от 0.3 до 1 км² (Таблица). Три из них расположены в районе лесных массивов: два равнинных (на рис. 1 обозначены цифрами 1 – преимущественно

хвойный у села Дубинино и 2 – смешанный у села Истомино), а также участок 3 на покрытом лесом отроге хребта Хамар-Дабан (наиболее распространенные породы – пихта, кедр). Еще 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 луговой участок 8 в районе бывшей оросительной системы.

Измерения проводились по 13 поляриметрическим сеансам, полученным радиолокатором L -диапазона PALSAR в 2006-2008 гг., в разные месяцы года и при различных погодных условиях.

3. ЗНАЧЕНИЯ УЭПР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОЧЕТАНИЯХ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ИЗЛУЧЕНИИ/ПРИЕМЕ

При переходе к отрицательным температурам значение УЭПР лесов в L -диапазоне может снижаться на величину до 3 дБ по сравнению с более теплым периодом [4]. Это обстоятельство связывают с изменением величины диэлектрической проницаемости поверхности при разных погодных условиях. Для данной серии радиолокационных изображений было проведено сравнение средних значений УЭПР трех лесных участков, результаты которого показаны на рис. 1.

Для всех трех сочетаний поляризаций на излучении и приеме на всех лесных тестовых участках заметны два явных минимума, которые соответствуют морозным датам 30 ноября 2006 года и 16 ноября 2007 года. Наиболее выразительно падение УЭПР выглядит на перекрестной поляризации, где величина

Таблица

Тестовые участки

№	Расположение и обозначение	Площадь, км ²	Растительность
1	вблизи с. Дубинино (лес Д)	1	хвойный лес (сосна, ель)
2	вблизи с. Истомино (лес И)	1	смешанный лес (береза, осина, сосна, ель)
3	в горах (Хамар-Дабан)	1	хвойный лес (пихта)
4	в дельте Селенги (Дельта1)	0.6	кустарник фрагментарно
5	в дельте Селенги (Дельта2)	0.3	травянистая
6	вблизи с. Дубинино (поле Д)	0.5	поле
7	вблизи с. Истомино (поле И)	0.8	поле
8	вблизи с. Истомино (луг)	1	луг

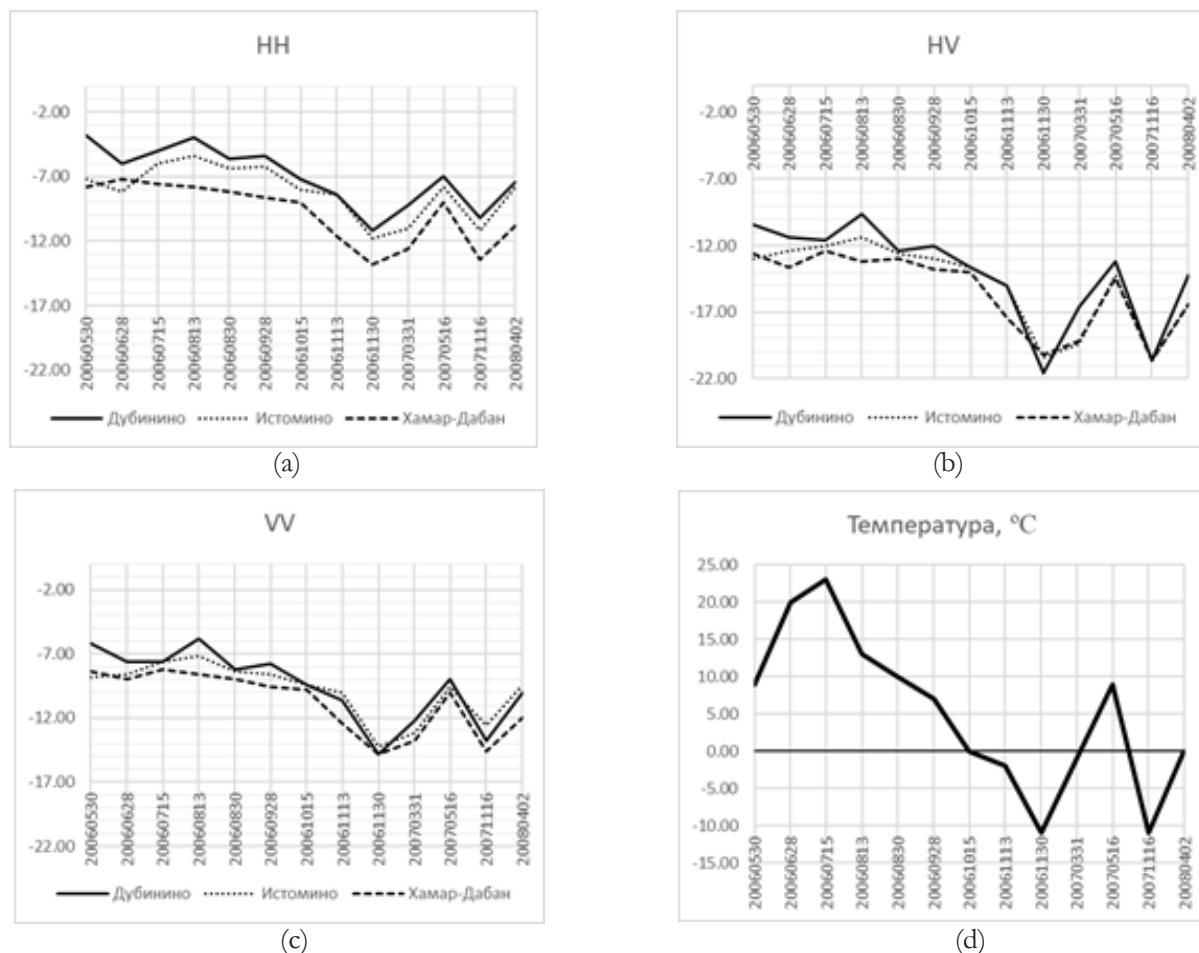


Рис. 1. Средняя УЭПР (дБ) лесных участков для разных сочетаний поляризации на излучении/приеме (a – HH, b – HV, c – VV) и температура воздуха в дни съемки (d).

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. На согласованных поляризациях график УЭПР для горного участка леса, кроме того, представляет собой монотонный спад от июня-июля к ноябрю, в отличие от графиков для равнинных лесов, представляющих собой череду локальных минимумов и максимумов. Заметнее выражена для горного леса реакция на переход температуры через ноль: тогда как равнинные леса показывают между 15 октября и 13 ноября 2006 года (температуры 0°C и -2°C , соответственно) уменьшение УЭПР всего на 0.4-1.4 дБ, лес на горном склоне реагирует спадом 2.6°C на согласованных поляризациях и 3.4°C на перекрестной.

Коэффициент корреляции Пирсона значений УЭПР в дБ с графиком температур в дни съемки достаточно велик: минимальное значение 0.78 (Истоминский лес, поляризация HH), максимальное значение 0.91 (лес в горах, поляризация HH). Температура воздуха влияет на отражательные свойства деревьев косвенным образом, меняя влажность древесины и, следовательно, диэлектрическую проницаемость. Кроме мороза в день съемки, важным является характер погоды в предшествующие дни: это определяет степень высушивания, охлаждения и возможного промерзания коры деревьев и их внутренних слоев. В L -диапазоне часть сигнала отражается также и от почвы, проникая под растительный покров, поэтому целесообразно обсудить динамику УЭПР участков, не покрытых лесом, чтобы позже проанализировать вклад почвы в коэффициент обратного рассеяния на лесах.

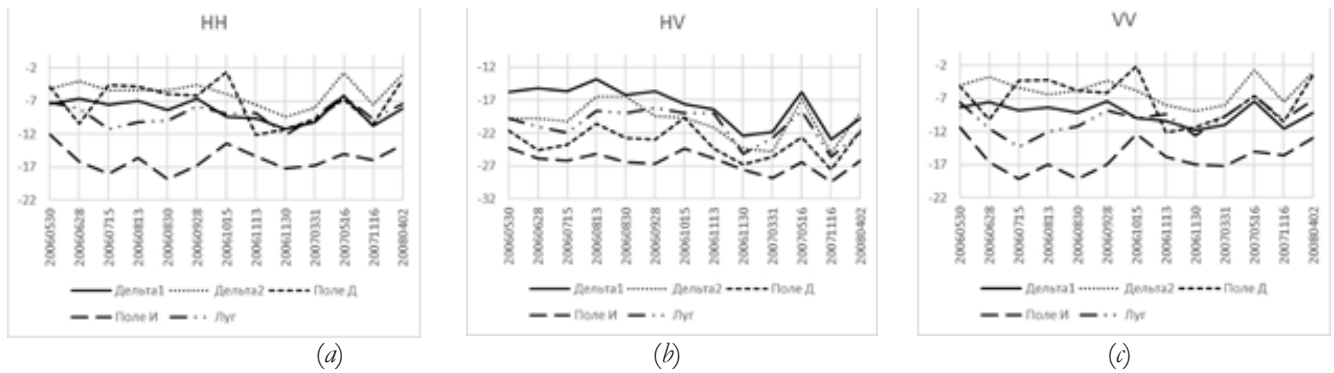


Рис. 2. Средняя УЭПР (дБ) участков, свободных от леса поляризации: (а) HH, (б) HV, (с) VV.

Еще одно наблюдение, которое можно сделать на основе временных рядов УЭПР леса по рис. 1 – на поляризации VV различия между всеми тремя графиками минимальны.

Первое, чем даже на беглый взгляд отличаются графики для лесов (рис. 1) и открытых поверхностей (рис. 2) – более заметный разброс значений в каждую дату: УЭПР лесных участков различаются между собой не более чем на 4 дБ, тогда как разница между открытыми участками достигает 14 дБ. Кроме того, здесь не выделяются так ярко минимумы в морозные даты: колебания «лето-зима» на величину 5-7 дБ хорошо заметны на последних четырех датах на всех графиках, где летние и зимние даты встречаются попеременно, но уменьшение УЭПР между относительно морозным днем 30 ноября 2016 г. (-11°C) и соседними умеренно холодными днями с температурой воздуха -2°C и 0°C прослеживаются не для всех участков. Вообще, корреляция с температурным графиком намного меньше: за исключением участка Дельта-1, частично покрытого кустарником, коэффициент Пирсона принимает значения от 0.2 до 0.6, а для некоторых участков на согласованных поляризациях отрицателен. На участке Дельта-1 корреляция составляет 0.8-0.86 – почти в тех же пределах, что и на лесных участках (0.78-0.92).

Наиболее хаотично из всех пяти безлесных участков ведут себя два поля. Причина этого в том, что коэффициент обратного рассеяния для этих участков реагирует не столько на погоду, сколько на работы по выращиванию и сбору урожая, проводимые на полях. Три некультивируемых участка менее подвержены резким изменениям уровня УЭПР и в целом ведут себя более согласованно друг с другом. Постепенное уменьшение УЭПР с августа по ноябрь 2006 г., ярко выраженное на всех лесных графиках, на безлесных участках полностью отсутствует на обеих согласованных поляризациях, однако до некоторой степени проявляется на перекрестной. Наибольшая разница между коэффициентами обратного рассеяния трех некультивируемых участков проявляется на вертикальной поляризации (до 10 дБ, рис. 2с), в противоположность лесам, где на этой поляризации вариативность, напротив, наименьшая (не превышает 2.8 дБ, рис. 1с).

4. ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАЦИИ И ИХ ДИНАМИКА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

Измерение полной матрицы рассеяния позволяет оценивать вклады различных механизмов рассеяния сигнала подстилающей поверхностью. На рис. 3 приведены значения



Рис. 3. Вклады механизмов рассеяния для лесного участка (а), открытого участка с присутствием кустарника (б), участка на поле (с).

вкладов (в процентах) для трех механизмов: поверхностного, объемного и механизма двойного переотражения, вычисленные по методу декомпозиции сигнала, предложенной Фриманом [13]. Полная мощность матрицы рассеяния

$$S = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix},$$

вычисляемая по формуле

$$P = |S_{HH}|^2 + 2|S_{HV}|^2 + |S_{VV}|^2,$$

в этом методе раскладывается на три составляющие

$$P = P_s + P_v + P_d$$

где индексы s , v и d означают механизмы поверхностного рассеяния, объемного, и двукратного отражения, соответственно.

Объемное рассеяние на участке в Дубининском лесу (рис. 3а) доминирует практически всюду, кроме морозных дат. Аналогичным образом выглядят графики для двух других лесов: везде, кроме морозных дней, вклад объемного рассеяния максимальный (30-47%), затем следует поверхностное рассеяние, и третий по значимости механизм рассеяния – двойное переотражение. При этом последним пренебрегать не следует, его вклад составляет 15-20% от полной мощности. В морозные же даты на первый план выходит поверхностное рассеяние, его вклад превышает 50% за счет снижения вклада остальных двух механизмов.

На открытых участках механизм поверхностного рассеяния преобладает во все даты съемки (рис. 3б и 3с). Доля двойного переотражения снижена по сравнению с лесными участками (3-16% на участке Дельта-1, на котором встречается кустарниковая растительность, и 1-6% на поле). Доля объемного рассеяния занимает промежуточное положение между вкладами поверхностного рассеяния и на открытых поверхностях для всех дат съемки. При этом на участке с наличием кустарника (Дельта-1) вклад объемного рассеяния сравним со вкладом поверхностного (24-42% и 40-69%, соответственно), а на поле вклад объемного рассеяния почти в пять раз меньше вклада поверхностного механизма (8-22% и 70-90%).

Альтернативный способ классификации поляриметрических данных по механизмам

рассеяния – метод поляриметрической декомпозиции Ш.Р. Клауда и Э. Потье [12], основанный на спектральном анализе матрицы когерентности. В этом методе оценивается разброс взвешенных собственных значений p_i матрицы когерентности, обозначаемый энтропией H :

$$H = -\sum_{i=1}^3 p_i \log_3 p_i, \quad p_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}.$$

Второй важный параметр в этом методе – угол α , вычисляемый как взвешенное среднее углов α_1 , α_2 и α_3 , полученных при параметризации первой координаты собственных векторов матрицы когерентности в виде $\cos \alpha_i$. Веса выбираются равными p_i :

$$\alpha = \sum_{i=1}^3 p_i \alpha_i.$$

В отличие от предыдущего метода, который для некоторой площадки на поверхности определяет долю вкладов трех механизмов, метод Клауда-Потье выявляет основной механизм рассеяния, который может относиться к одному из восьми типов. Типы выделяются в соответствии со значениями параметрического угла α и энтропии H собственных значений матрицы когерентности. Значения угла α от 0° до 40° - 42° соответствуют поверхностному типу рассеяния, от 40° - 42° до 50° - 55° – дипольному рассеянию, выше 55° – двукратному переотражению. Поверхностное рассеяние подразделяется на два типа, с высокой и умеренной энтропией, что на местности, как правило, отражает уровень мелкокомасштабной шероховатости отражающей поверхности. Дипольное рассеяние, соответствующее в разложении Фримана объемному типу рассеяния, подразделяется на три типа (с низкой, умеренной и высокой энтропией). Аналогичным образом подразделяется на три типа по уровню энтропии механизм двукратного рассеяния.

На рис. 4 показана динамика угла α для

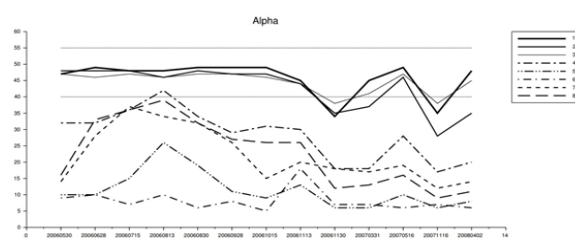


Рис. 4. Значения угла α для восьми тестовых участков.

всех дней съемок и всех восьми участков. Горизонтальным пунктиром отмечены уровни 40° и 55° . Графики трех лесных участков, обозначенных, как и ранее, названиями Дубинино, Истомино и Хамар-Дабан, располагаются между этими двумя уровнями, за исключением двух морозных дат и (для Истоминского леса) дней с околонулевой температурой 31 марта 2007 года и 2 апреля 2008 года. Графики участков, свободных от леса, целиком располагаются в зоне поверхностного рассеяния, за исключением одной точки: дата 20060813, участок Дельта-1, на котором имеется некоторое количество кустарника и который по этой причине и при ранее рассмотренных методах классификации был близок к переходному варианту между лесом и полем.

Значения энтропии приведены на **рис. 5**. Лесные участки имеют самую высокую энтропию, которая, впрочем, ни для одной даты не превышает порогового значения 0.9, разграничивающего типы поверхностного рассеяния с умеренной и высокой энтропией. В морозные даты энтропия лесов уменьшается, оставаясь в пределах интервала умеренных значений (между 0.5 и 0.9). В пределах ниже 0.5 (низкая энтропия) целиком расположены два графика: для участка Дельта-2 и Поле Д. Почти целиком в зоне умеренной энтропии находится график для участка Дельта-1, энтропия на нем падает ниже значения 0.5 только в морозные даты, а также в первой половине весны (март 2007 г. и апрель 2008 г.). Значения энтропии в конце весны для этого участка (май 2006 г. и май 2007 г.) близки к летним значениям. Остальные безлесные участки имеют низкую энтропию в весенние и зимние даты и умеренную – в летние и осенние. Следует отметить, что значения двух параметров N и α в данном методе поляриметрической классификации для L -диапазона в заметной степени коррелируют

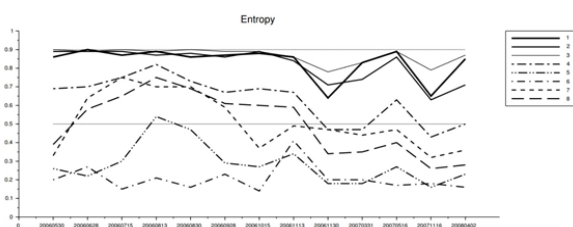


Рис. 5. Значения энтропии для восьми тестовых участков.

друг с другом в случае съемки естественных покровов, для которых эффект двойного переотражения является наименее значимым из всех механизмов рассеяния.

Сочетание значений N и α позволяет отнести каждый элемент изображения к одному из восьми классов. Поскольку на рис. 4 и 5 мы видим, что некоторые графики пересекают пороговые линии, это означает, что в даты с различными погодными условиями классификатор будет работать по-разному. Пример карт классификации приведен на **рис. 6**. Слева показан результат поляриметрической классификации данных, полученных 28 июня 2006 г. (температура воздуха $+20^\circ\text{C}$), справа для данных, полученных 16 ноября 2007 года (температура воздуха -11°C). Прямоугольными контурами выделены тестовые участки: белый контур на лесе (на графиках рис. 1, 3-5 обозначен «Дубинино», «Лес Д»), черный контур на поле (на графиках рис. 2-5 обозначен «поле Д»).

Фрагменты поля на обоих картах классификации рис. 6 относятся к одному и тому же классу – поверхностное рассеяние с низкой энтропией. В отличие от него, лесной фрагмент с преимущественно дипольным типом рассеяния на летнем кадре (светлый фон, пересеченный чуть более темными дорогами, с редкими вкраплениями белых точек, маркирующих двойное переотражение), зимой почти полностью переходит в другой класс: основным цветом становится серый, относящийся к поверхностному рассеянию с умеренной

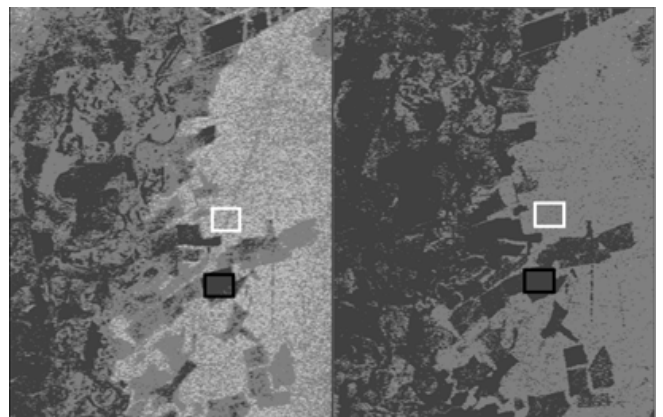


Рис. 6. Результаты летней (а) и зимней (б) классификации окрестностей Дубининского леса. по методу Клауда-Потье. Белый цвет: двойное переотражение, светло-серый: дипольное рассеяние, серый: поверхностное рассеяние с умеренной энтропией, темно-серый: поверхностное рассеяние с низкой энтропией.

энтропией. Как можно видеть на рис. 6, со всем лесным массивом, за исключением редких точечных вкраплений, происходит то же самое, что и с выбранным фрагментом: почти полное исчезновение дипольного типа рассеяния и полное — двойного переотражения. Безлесные территории, занимающие левые части обоих изображений на рис. 6, зимой переходят в класс поверхностного рассеяния с самой низкой энтропией (наиболее темный оттенок серого).

Таким образом, классификация по методу Клауда-Потье в каждую дату в отдельности не позволяет правильно оконтурить лесной массив (на летнем кадре в класс дипольного рассеяния, кроме собственно леса, попадает еще фрагмент дельты реки с кустарниковой растительностью в верхнем левом углу рис. 6а, на зимнем же, кроме леса, большое количество открытых пространств относится к тому же типу поверхностного рассеяния с умеренной энтропией, что и лес — рис. 6б). Однако сочетание двух карт классификаций в теплую и морозную погоду дает необходимый результат: безлесные поверхности — те, которые на обеих картах классификации относятся к поверхностному типу рассеяния, лес — летом дипольный тип или двойное переотражение, зимой — дипольный тип рассеяния или поверхностный с умеренной энтропией.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Радиофизические свойства таких естественных земных покровов, как бореальные леса, существенно зависят от условий проведения измерений, в первую очередь, от температуры воздуха. В холодное время года УЭПР растительных покровов резко снижается при работе РСА на всех комбинациях поляризаций сигнала на приеме-передаче. Наиболее заметно падение УЭПР на перекрестной поляризации, где величина колебания достигает 12 дБ, тогда как на графиках для согласованных поляризаций максимальное изменение не превышает 7–8 дБ. Применение методов декомпозиции данных поляриметрической съемки, проведенной в разные сезоны года, позволяет выявить различие в поведении механизмов рассеяния открытых почв и растительных покровов. Если для открытых почв характерно поверхностное рассеяние с

низкой энтропией в течение всего года, то у леса преимущественно дипольный тип рассеяния, регистрируемый летом, на зимних съёмках почти полностью переходит в другой класс: класс поверхностного рассеяния с умеренной энтропией. Указанные особенности изменений радиофизических свойств зондируемых сред в течение года влияют на эффективность автоматизированных методов классификации подстилающих покровов и точность измерения их структурных и биофизических характеристик. Вместе с тем, совместный анализ данных, полученных в холодное и теплое время года, повышает качество классификации типов подстилающих покровов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Le Toan T, Beaudoin A, Riom J, and Guyon D. Relating forest biomass to SAR data. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1992, 30(2):403-411.
2. Dobson MC, Ulaby FT, Le Toan T, Beaudoin A, Kasischke ES, Christensen N. Dependence of radar backscatter on coniferous forest biomass. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1992, 30(2):412-415.
3. Kurvonen L, Pulliainen J, and Hallikainen M. Retrieval of Biomass in Boreal Forests from Multitemporal ERS-1 and JERS-1 SAR Images. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1999, 37(1):198-205.
4. Kwok R, Rignot EJM., Way J, Freeman A, and Holt J. Polarization Signatures of Frozen and Thawed Forests of Varying Environmental State. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1994, 32(2):371-381.
5. Ranson KJ, Sun G. Mapping biomass of a Northern forest using multifrequency SAR data. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1994, 32(2):388-396.
6. Pulliainen JT, Heiska K, Нуурппа J, Hallikainen MT. Backscattering properties of boreal forests at the C- and X-bands. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1994, 32(5):1041-1050.
7. Арманд НА, Захаров АИ, Кучерявенкова ИЛ. Исследование отражательных характеристик лесов Подмоскovie по данным РСА SIR-C. *Радиотехника*, 1998, 9:27-31.
8. Pulliainen JM, Engdahl M, Hallikainen M. Feasibility of multitemporal interferometric SAR

- data for stand level estimation of boreal forest stem volume. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 85(4):397-409.
9. Wollersheim M, Collins MJ, Leckie D. Estimating boreal forest species type with airborne polarimetric synthetic aperture radar. *Intl J. of Remote Sensing*, 2011, 32(9):2481-2505.
 10. Cloude SR, Papathanassiou KP. Polarimetric SAR Interferometry. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1998, 36(5):1551-1565.
 11. Mette T, Papathanassiou KP, Hajnsek I, Zimmermann R. Forest Biomass Estimation using Polarimetric SAR Interferometry. *Proc. of Intl. Geosci. And Remote Sensing Symp.* (Toronto, Canada, June 24-28, 2002), pp. 3859-3862.
 12. Cloude SR and Pottier E. An Entropy Based Classification Scheme for Land Applications of Polarimetric SAR. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1997, 35(1):68-78.
 13. Freeman A and Durden SL. A Three-Component Scattering Model for Polarimetric SAR Data, *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, 1998, 36(3):963-973.

Захарова Людмила Николаевна

к.ф.-м.н., с.н.с.

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал, **Фрязино 141190, Моск. обл., Россия**
zakharova@ire.rssi.ru.

Захаров Александр Иванович

д.ф.-м.н., с.н.с.

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал, **Фрязино 141190, Моск. обл., Россия**
aizakhar@ire.rssi.ru.

SEASONAL VARIATIONS OF VEGETATION COVER SCATTERING PROPERTIES

Liudmila N. Zakharova, Alexander I. Zakharov

Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, Fryazino branch, <http://fire.relarn.ru>
 Fryazino 141190, Moscow Region, Russian Federation
zakharova@ire.rssi.ru, aizakhar@ire.rssi.ru

Abstract. In our paper Transbaikalian test sites were used to demonstrate the dependence of the vegetation covers radiophysical properties from environmental conditions, and air temperature first of all. The data of Japanese spaceborne polarimetric radar PALSAR acquired at various combinations of signal polarization on receive/transmit over several years were used to measure scattering properties of underlying covers at 8 test sites and to estimate input of various scattering mechanisms in radar signal backscatter. It was discovered that at low negative temperatures in winter the normalized radar cross-section level of vegetation covers decreases rapidly for all the signal polarization combinations. The greatest fall, up to 12 dB, is observed at cross polarization, and it is about 7-8 dB for copolarized signals. Polarimetric decomposition of scattering matrix shows the specificity of the scattering mechanisms temporal behavior depending on the air temperature. If surface scattering with low entropy is typical for vegetation-free soils all the year around, the dipole scattering mechanism of forests in summer is almost completely replaced by the class of surface scattering with moderate entropy in winter. Such a specificity of annual behavior of the sounding media scattering properties may affect the efficiency of automated methods of the underlying covers classification and an accuracy of their biophysical characteristics measurements.

Keywords: synthetic aperture radar, normalized radar cross-section, polarimetric decompositions, vegetation classification

UDC 528.8.044.2, 537.871.5

Bibliography – 13 references

RENSIT, 2019, 11(1):49-56

Received 02.04.2019, *accepted* 17.04.2019

DOI: 10.17725/rensit.2019.11.049