

УДК 621.315.6

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т.В. БОРБОТЬКО, С.Э. АФАНАСЕНКО, А.Л. ГУРСКИЙ, Н.В. РЖЕУЦКИЙ\*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*\*Институт физики им. А.Б. Степанова НАН Беларуси,  
пр-т. Независимости, 68, Минск, 220072, Беларусь*

*Поступила в редакцию 8 февраля 2011*

Приведены результаты исследования влияния температуры на оптические свойства влаго-содержащих и композиционных материалов.

*Ключевые слова:* влагосодержащий материал, композиционный материал, спектры светорассеяния.

### Введение

Возможности современных методов дистанционного мониторинга позволяют обеспечить измерение пространственных, временных и угловых зависимостей энергетических, спектральных и поляризационных характеристик поля излучения Земли и объектов на ее поверхности. Активное использование средств дистанционного зондирования, размещаемых на воздушных и космических носителях, вносит ощутимый вклад в обеспечение задач изучения, контроля и прогноза природных сред несмотря на периодичность съемки в течение года, закрытость регионов облачностью, слабое пространственное или спектральное разрешение [1]. Использование данных мероприятий в задачах обнаружения и классификации различных объектов приводит к проблеме возникновения оптического канала утечки информации, посредством которого возможна регистрация демаскирующих признаков различных объектов (форма, размер, структура поверхности и т.д.) [2]. Такая априорная информация позволяет сделать вывод о назначении объекта и принять решение о необходимости дальнейшего наблюдения за ним.

Блокирование оптического канала утечки информации обеспечивается за счет скрытия объекта с использованием средств защиты (оптических искусственных масок), основным назначением которых является уменьшение различий между яркостью маскируемого объекта и фона, а также изменение геометрической формы объекта и тени от него в комплексе с использованием видовых свойств местности [3]. Применение для скрытия объекта оптических искусственных масок, окрашенных в соответствие с цветом окружающего объекта ландшафта, обеспечивает спектральное подобие средства защиты и окружающей природной среды без воспроизведения ее поляризационных свойств [1], что обусловлено отсутствием в материале средства защиты компонентов природных сред.

В ранее проведенных исследованиях [4] было показано, что использование влагосодержащих материалов позволяет снизить яркостный контраст маскирующих материалов, в частности машинно-вязаного полотна с деформирующей окраской в видимом диапазоне длин волн, причем взаимодействие света с таким материалом характеризуется рассеянием Мандельштама–Бриллюэна и приводит к его деполаризации. Для более детального воспроизведения спектрально-поляризационных характеристик природных сред, в частности растительности, были изучены спектры светорассеяния для композиционных материалов, содержащих в себе моло-

тый лавр [5, 6]. Особенности взаимодействия света с подобными материалами определяются неоднородностями поверхности, размер, расстояние и взаимное расположение которых определяют характер взаимодействия света с ними [7]. Спектрально-поляризационные характеристики композиционного материала с наполнителем растительного происхождения (сухой лавр) соответствуют аналогичным характеристикам окружающего фона, на котором обеспечивается скрытие объекта, что существенно затрудняет обнаружение и анализ демаскирующих признаков объекта и средства защиты в целом.

Целью данной работы являлось исследование влияния температуры воздуха на оптические характеристики (спектры светорассеяния) влагосодержащих и композиционных материалов, что является важным для определения условий эксплуатации таких материалов.

### Методика проведения эксперимента

Для исследования спектров светорассеяния образцов материалов в видимом и ближнем ИК диапазонах длин волн (400...1100 нм) в условиях отрицательных температур использовалась холодильная камера, в которую помещался для охлаждения исследуемый образец. Температура в камере контролировалась с помощью термопары (точность измерения  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ). Для исключения выпадения росы при охлаждении образцов холодильная камера продувалась жидким азотом.

В качестве источника света использовалась галогеновая лампа, свет которой через диафрагму, ультрафиолетовый фильтр и кварцевое стекло, размещенное в холодильной камере, падал на исследуемый образец. Угол падения пучка света ( $\gamma$ ) составлял  $5^\circ$  (рис. 1). Светорассеяние образца материала регистрировалось широкодиапазонным спектрометром Solar Laser Systems S 100 (спектральное разрешение 1 нм) и документировалось с помощью персонального компьютера. Питание осветительной лампы стабилизировалось и контролировалось, поэтому яркость источника освещения не изменялась в процессе измерений.

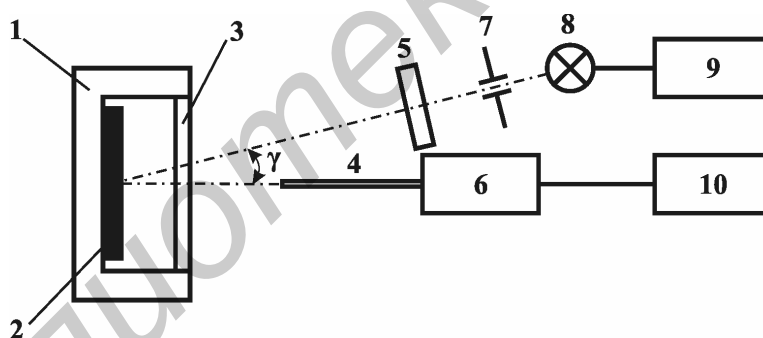


Рис. 1. Схема измерительной установки: 1 – холодильная камера; 2 – исследуемый образец; 3 – кварцевое стекло; 4 – световод; 5 – УФ фильтр; 6 – широкополосный спектрометр S 100; 7 – диафрагма; 8 – галогеновая лампа; 9 – стабилизированный источник питания; 10 – персональный компьютер

Для исследования был изготовлен образец материала, состоящий из торфа, закрепленного в связующем веществе, в качестве которого использовался силикон (рис. 2). Отдельные компоненты синтезируемого материала тщательно смешивались в равных пропорциях до образования вязкой массы. Равномерность распределения в связующем веществе торфа контролировалась визуально. Полученная масса формовалась в листы и подвергалась сушке при комнатной температуре.

### Результаты и обсуждение

Для исследования влияния температуры на оптические свойства композиционных и влагосодержащих материалов были подготовлены образцы размером 10x10 см, один из которых представлял собой машинно-вязаное полотно, выполненное на основе полиакрилонитрильных волокон (ПАН), пропитанное 10%-м водным раствором хлорида натрия (NaCl), а вто-

рой – композиционный материал с наполнителем из молотого сухого лаврового листа, закрепленный в связующем веществе (силикон) (рис. 2).

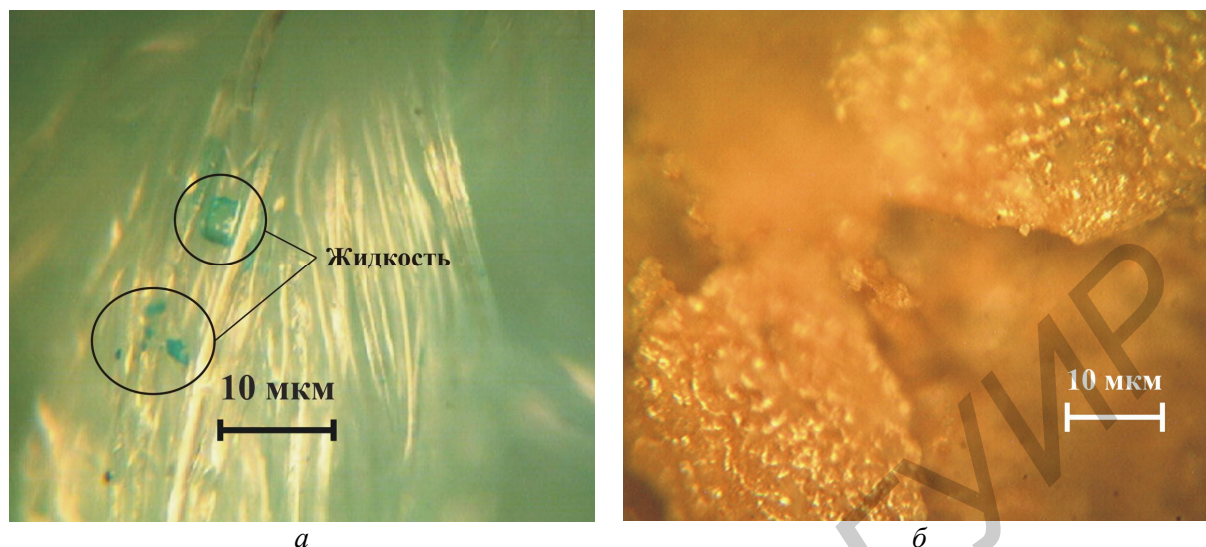


Рис. 2. Микрофотографии фрагментов исследуемых образцов, выполненных на основе влагосодержащего волокнистого ПАН (а) и сухого лавра (б)

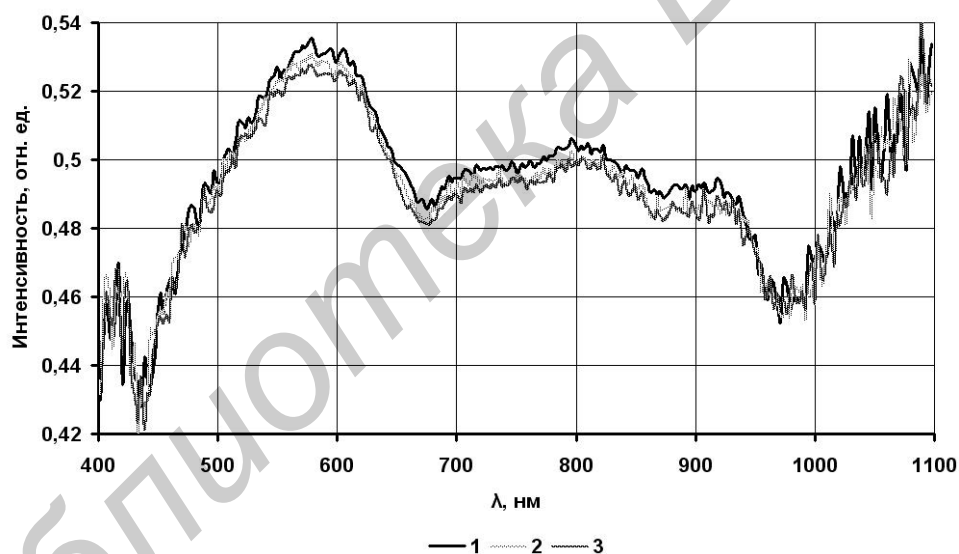


Рис. 3. Зависимость интенсивности рассеяния света от длины волны волокнистым ПАН, пропитанным 10%-м водным раствором NaCl: при температуре воздуха: 1 – +11°C, 2 – –15°C, 3 – –27°C

На основе анализа результатов измерений установлено, что в спектрах светорассеяния первого образца при изменении температуры воздуха от 11°C до –27°C наблюдается снижение интенсивности отраженного света от поверхности исследуемого материала не более, чем на 0,006 отн. ед. в диапазоне длин волн 400...1100 нм, вследствие изменения показателя преломления растворного наполнителя, закрепленного в объеме материала (рис. 3). Для композиционного материала на основе молотого лаврового листа интенсивность отраженного света при изменении температуры от 13°C от –25°C уменьшается с понижением температуры менее –16°C не более, чем на 0,03 в диапазоне длин волн 400...1100 нм (рис. 4).

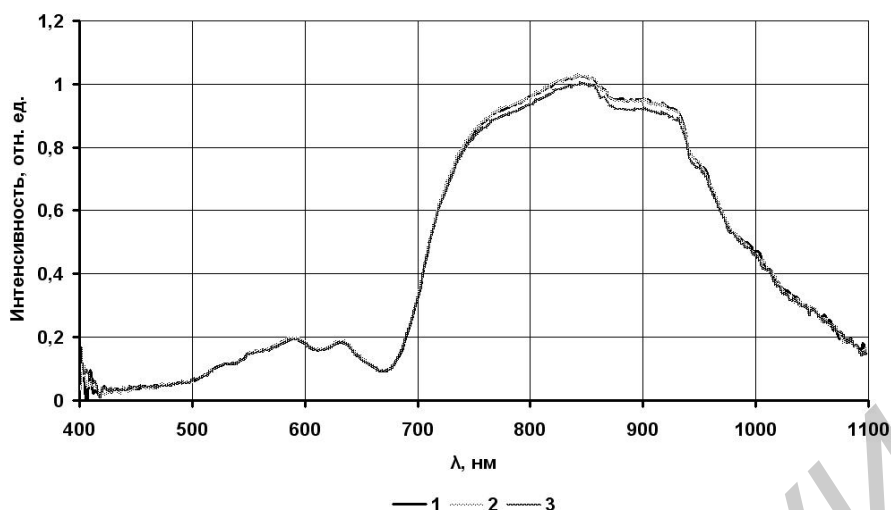


Рис. 4. Зависимость интенсивности рассеяния света от длины волны композиционным материалом с наполнителем из сухого лавра: при температуре воздуха: 1 – +13°C, 2 – –16°C, 3 – –25°C

### Заключение

На основе результатов исследования установлено, что с понижением температуры до  $-27^{\circ}\text{C}$  для влагосодержащих материалов (волокнистый ПАН, пропитанный 10%-м водным раствором NaCl) наблюдается незначительное уменьшение интенсивности отраженного света не более, чем на 0,006 отн. ед. в диапазоне длин волн 400...1100 нм, за счет изменения показателя преломления поверхности исследуемого материала, что обусловлено наличием в материале свободной воды, не замерзающей при данных температурах. Для композиционного материала на основе молотого сухого лавра интенсивность отраженного света уменьшается на 0,03 отн. ед. в ближнем инфракрасном диапазоне (750...1100 нм) за счет изменения оптических характеристик связующего вещества от температуры. Таким образом, предложенные материалы могут быть использованы в конструкциях спектрально-поляризационных имитаторах, характеризующихся стабильным светорассеянием при понижении температуры воздуха до  $-27^{\circ}\text{C}$ .

## TEMPERATURE EFFECT ON OPTICAL PROPERTIES OF MATERIALS INCLUDING WATER SOLUTIONS AND COMPOSITES

T.V. BORBOTKO, S.E. AFANASENKO, A.L. GURSKII, N.V. RZHEUTSKII

### Abstract

Results of examination of temperature effect on optical properties of materials including water solutions and composites are given.

### Литература

1. *Беляев Б.И., Катковский Л.В.* Оптическое дистанционное зондирование. Минск, 2006.
2. *Торокин А.А.* Инженерно-техническая защита информации. М., 2005.
3. *Лыньков Л.М., Борботько Т.В., Хижняк А.В.* // Наука и военная безопасность. 2006. №4. С. 27–29.
4. *Лыньков Л.М., Беляев Б.И., Беляев Ю.В. и др.* // Сборник научных статей Военной академии Республики Беларусь. 2005. № 8. С. 74–76.
5. *Борботько Т.В., Беляев Ю.В.* // Журнал прикладной спектроскопии. 2008. Т. 75. № 3. С.419–421.
6. *Лыньков Л.М., Павлович М.С., Борботько Т.В. и др.* // Вестник Военной академии Республики Беларусь. 2009. №2. С. 73–77.
7. *Ван де Хюлст Г.* Рассеяние света малыми частицами. М., 1961.
5. *Меньшаков Ю.К.* Защита объектов и информации от технических средств разведки. М., 2002.