

ОБ ИНТЕРВАЛАХ СПЕКТРА В ДИАПАЗОНЕ 460-720 нм  
ДЛЯ СЪЕМКИ И ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ ЛИСТВЕННОСТИ ПО АЭРО-  
ФОТОСНИМКАМ

Сибирский технологический институт

Установление и использование наиболее эффективных интервалов спектра для диагностики болезней насаждений, поврежденных энтомовыми вредителями и в результате загрязнения внешней среды с применением дистанционных методов, позволит решить ряд задач проблемы охраны природных ресурсов.

Возможность применения графического метода для выявления интервалов спектра, где наибольшие различия в коэффициентах спектральной яркости (КСЯ) между здоровой и поврежденной растительностью, рассматривалась нами ранее [4]. В настоящей работе для расчета наиболее эффективных интервалов спектра

Возраст, лет	Всего	Итого деловой	Дрова	Ликвид	Отходы

30	12				
50	16				
70	18	85	26	111	19
90	20	131	23	154	23
110	22	159	16	175	27
130	23	178	18	196	28
150	24	188	24	212	30
170	25	197	29	226	34
190	26	209	36	245	33
210	27	224	39	263	35
230	28	224	60	274	38
250	28	28	53	281	40
270	28	31	55	286	40
		32	55	287	36
		28	54	282	35

30	12				
50	15				
70	17	71	24	95	17
90	19	93	17	120	20
110	21	133	14	137	23
130	23	188	14	152	23
150	24	22	15	165	22
170	25	8	18	176	22
190	25	9	21	180	26
210	26	4	23	187	26
230	26	3	24	190	30
250	27	1	27	198	27
			30	201	27
			30	197	27

для съемки в диагностике болезни лиственницы нами использованы основные методические положения, изложенные в работе Г.А.Иваняна [1].

Расчеты спектральных контрастов в диапазоне 480-720 нм (через 20 нм) выполнялись по следующим формулам:

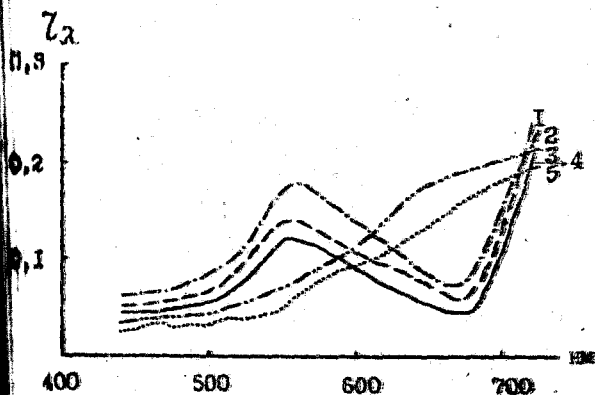
$$K = \frac{I_{\lambda n} - I_{\lambda k}}{I_{\lambda n}} \quad \text{при } I_{\lambda n} > I_{\lambda k},$$

$$K = \frac{I_{\lambda k} - I_{\lambda n}}{I_{\lambda k}} \quad \text{при } I_{\lambda k} > I_{\lambda n},$$

где  $I_{\lambda n}$  - КСЯ поврежденного дерева;

$I_{\lambda k}$  - КСЯ контрольного дерева.

Основанием для расчетов послужили кривые спектральной яркости лиственницы сибирской, полученные нами по единой ме-



Кривые спектральной яркости хвои лиственницы сибирской:

1 - после повреждения пожаром осенью предыдущего года; 2 - после повреждения сибирским шелкопрядом весной предыдущего года; 3 - при механическом повреждении корневой системы; 4 - контроль; 5 - при засекании хвои

Как видно из рисунка, хвоя листовницы контрольных и поврежденных деревьев имеет различные оптические свойства. Спектральные контрасты в зависимости от длины волн могут иметь различные величины, т.е. древесные породы могут быть ярче друг друга, а на цветных спектрозональных аэрофотоонимках изображаться различным цветом.

В табл. I приведены КСЯ контрольных и поврежденных деревьев листовницы в диапазоне 460-720 нм. КСЯ хвои поврежденных рансе, больше, чем у контрольных по всей части изучавшегося спектра [5]. При механическом повреждении корневой системы и засорении хвои мелкими частицами почвы, когда визуально заметно изменение цвета хвои, КСЯ может быть меньше и больше контроля.

При сравнении КСЯ хвои поврежденных деревьев между собой видно, что при различных длинах волн объекты могут быть ярче или темнее друг друга по всей части спектра (комбинация 3-5) или только в некоторых диапазонах (комбинации 2-1, 3-1, 5-1, 3-5-2).

Наиболее контрастные диапазоны устанавливались в соответствии с имеющимися методическими разработками [1]. Перво-, вторично и третично выделенные интервалы (обозначения в таблице соответственно  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) (табл. 2) позволяют рекомендовать наиболее эффективные интервалы спектра для съемки поврежденных насаждений.

При повреждении листовницы на фоне контроля (комбинации 1-4, 2-4, 3-4, 5-4) наиболее информативным диапазоном для съемки следует признать 660-680 нм.

При комбинации (1-4) первично, вторично и третично выделенные интервалы находятся в зоне 620-680 нм. При комбинации

(2-4) имеется два первично выделенных интервала - 460-500 нм и 660-680 нм. В комбинациях (3-4 и 5-4) также имеется два первично выделенных интервала. Общим для всех рассмотренных комбинаций является наличие первично, вторично и третично выделенных интервалов в зоне 660 нм. Эта зона и рекомендуется для диагностики болезней лиственницы с помощью аэро- и космической съемки.

В более коротковолновой части спектра первично выделенные интервалы не стабильны по длине волны, поэтому контрасты между здоровыми и поврежденными насаждениями будут оглаживаться атмосферной дымкой.

Для аэрофотосъемки в нескольких диапазонах, кроме интервала 660 нм можно использовать и первично выделенные интервалы в коротковолновой части спектра. При комбинациях 2-1, 3-1, 5-1, 3-2, 5-2 и 3-5 контрастные показатели не приурочены к определенному интервалу спектра и съемку поврежденных участков на фоне других повреждений целесообразно выполнять в зависимости от конкретных условий. Так как подобные сочетания повреждений лиственницы на одном участке возможны только теоретически, то выбор интервала спектра для съемки и лесопатологического дешифрирования аэрофотоснимков должен определяться различиями в оптических свойствах здоровых (как фон) и поврежденных насаждений. Представляется целесообразным продолжить исследования по динамике оптических свойств растительности в зависимости от стадии болезни или повреждения и фенологического состояния.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П р о к у д и н Ю.А. Спектральная отражательная способность пихты сибирской при повреждении сибирским шелкопрядом. - В сб. "Лесное хозяйство и лесная промышленность".

Коэффициенты спектральной яркости хвост контрольных и поврежденных листьев  
 ЛИСТВЕННИЦ

Число листьев	Длина в в о д н н н м													
	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720
1	0,055	0,060	0,070	0,090	0,125	0,140	0,125	0,108	0,095	0,080	0,065	0,070	0,130	0,240
2	0,068	0,075	0,085	0,105	0,150	0,180	0,160	0,140	0,117	0,093	0,077	0,090	0,155	0,225
3	0,040	0,042	0,045	0,055	0,064	0,080	0,095	0,115	0,140	0,170	0,185	0,195	0,205	0,215
4	0,045	0,050	0,057	0,075	0,105	0,120	0,107	0,088	0,072	0,057	0,045	0,050	0,100	0,215
5	0,033	0,030	0,033	0,040	0,045	0,065	0,082	0,095	0,105	0,125	0,145	0,165	0,182	0,195
4	0,010	0,010	0,013	0,015	0,020	0,020	0,018	0,020	0,023	0,023	0,020	0,020	0,020	0,025
4	0,023	0,025	0,028	0,030	0,045	0,060	0,053	0,052	0,045	0,036	0,032	0,040	0,045	0,010
4	0,005	0,008	0,012	0,020	0,041	0,040	0,012	0,027	0,068	0,113	0,140	0,145	0,095	0
4	0,012	0,020	0,024	0,035	0,060	0,055	0,025	0,007	0,033	0,068	0,100	0,115	0,072	0,020
1	0,013	0,015	0,015	0,015	0,025	0,040	0,035	0,032	0,022	0,013	0,012	0,020	0,025	0,015
1	0,015	0,018	0,025	0,035	0,061	0,060	0,030	0,007	0,045	0,090	0,120	0,120	0,075	0,025
1	0,022	0,030	0,037	0,050	0,080	0,075	0,043	0,013	0,010	0,045	0,080	0,095	0,052	0,045
2	0,028	0,033	0,040	0,050	0,086	0,100	0,065	0,025	0,023	0,077	0,108	0,105	0,050	0,010
5	0,007	0,012	0,012	0,015	0,019	0,015	0,013	0,020	0,035	0,045	0,040	0,030	0,023	0,020
2	0,035	0,040	0,052	0,065	0,105	0,115	0,078	0,045	0,012	0,032	0,068	0,075	0,027	0,030

Таблица (1), продолжение (1) в среднем (а) потерями влаги  
 для осинки поврежденной листовыми

Осередочная влажность при длине волны, мм													
0	1 480	1 500	1 520	1 540	1 560	1 580	1 600	1 620	1 640	1 660	1 680	1 700	1 720
0	0,167	0,186	0,167	0,160	0,143	0,144	0,185	0,242	0,288	0,303	0,286	0,154	0,104
28	0,334	0,330	0,286	0,290	0,334	0,331	0,372	0,384	0,385	0,416	0,445	0,290	0,043
41	0,160	0,211	0,267	0,390	0,383	0,112	0,235	0,485	0,695	0,757	0,745	0,461	0
57	0,400	0,421	0,457	0,571	0,458	0,283	0,074	0,314	0,544	0,690	0,697	0,396	0,093
71	0,200	0,177	0,143	0,167	0,222	0,219	0,229	0,188	0,140	0,156	0,222	0,161	0,063
83	0,300	0,357	0,389	0,489	0,429	0,240	0,061	0,322	0,529	0,649	0,616	0,368	0,104
90	0,500	0,523	0,556	0,640	0,533	0,314	0,120	0,035	0,390	0,552	0,576	0,266	0,103
92	0,440	0,470	0,476	0,532	0,501	0,407	0,179	0,161	0,453	0,594	0,539	0,244	0,014
95	0,225	0,266	0,273	0,277	0,237	0,147	0,174	0,250	0,255	0,276	0,153	0,112	0,033
95	0,539	0,512	0,679	0,700	0,523	0,453	0,321	0,102	0,256	0,452	0,451	0,148	0,133

2. П р о к у д и н Ю.А. Спектральная яркость и дешифровочные признаки лиственницы сибирской.- В сб.: Лиственница. Красноярск, 1975.
3. П р о к у д и н Ю.А., Р о м а н е н к о В.Р. Аэрофото-съемка в оценке состояния полезащитных лесных полос из лиственницы.- В сб.: Лиственница. Красноярск, 1975.
4. Х а р и н Н.Г., П р о к у д и н Ю.А. Спектральная яркость и особенности дешиф<sup>ир</sup>ования сибирской лиственницы в горных лесах Тувы. - "Биологические науки", 1967, № 6.