

4. ГОСТ 16483.6-80. Метод отбора модельных деревьев и кряжей для определения физико-механических свойств насаждений. – М., 1980. – 7 с.
5. Дигитальный метод изучения строения древесины / А.М. Антонов, Н.А. Бабич, Д.Ю. Коновалов [и др.] // Лесной журнал. – Архангельск, 2007. – № 2. – С.141–144.
6. Полубояринов О.И. Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.
7. ГСССД 69-84. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
8. Вихров В.Е., Лобасенок А.К. Технические свойства древесины в связи с типами леса. – Минск: Изд-во Мин-ва высшего, среднего специального и профессионального образования, 1963. – 72 с.
9. Перельягин Л.М. Строение древесины. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 200 с.



УДК 528.71:528.77

А.В. Прокудин

КОСМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОСТРОВНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЧУЛЫМО-ЕНИСЕЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В статье рассмотрены основные типы повреждения древесной и кустарниковой растительности региона, наиболее информативные интервалы спектра для диагностики их состояния.

Ключевые слова: космический мониторинг, земельный фонд, вегетационный индекс, ландшафт.

A.V. Prokudin

THE SPACE DIAGNOSTICS OF THE ARBOREAL VEGETATION CONDITION IN THE INSULAR FOREST-STEPPE OF THE CHULYM-YENISEI HOLLOW

The basic type of the regional tree and shrub vegetation damage, the spectrum most informative intervals for their condition diagnostics are considered in the article.

Key words: space monitoring, land resources, vegetation index, landscape.

Введение. Актуальность исследований космического мониторинга инфекционных и неинфекционных болезней растительного покрова, повреждения энтомофагами очевидна, а при оценке земельного фонда конкретного региона имеет первостепенное значение как экологическое сопровождение подобных исследований.

Это подтверждено в таких документах, как «Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года» (п. 5.4 – Система оперативного оптико-электронного наблюдения, п. 5.8 – Перспективные системы микроспутников для высокооперативного обнаружения очагов лесных пожаров, стихийных гидрометеорологических явлений и других наиболее динамичных ЧС) [1], Приказ Минсельхоза России от 04.05.2010 № 150 «Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (п. 1.2 – Государственный учет показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения включает в себя сбор и обобщение результатов почвенного, агрохимического, фитосанитарного и экологического обследования земель сельскохозяйственного назначения) [2] и др.

Экологическое сопровождение оценки состояния растительного покрова включает не только оценку изменений природных и антропогенных ландшафтов, но и множество биологических, геофизических, климатических и других аспектов, а также их влияние на экологию ландшафта.

Характеризуя растительный покров зоны травяных лесов и островной лесостепи, Е.Л. Любимова [3] отмечает, что особенностью растительности Чулымо-Енисейской котловины является широкая полоса травяных лесов с вкрапленными в нее островами лесостепи, приуроченными к понижениям рельефа, для которых характерно исключительное разнообразие, контрастность растительного покрова и проникновение в них

растительных сообществ, типичных для других зон. Это определяет сложность анализа космической видеоинформации как природных, так и антропогенных ландшафтов объекта исследования.

Большое распространение на землях сельскохозяйственного назначения имеют березовые леса, занимающие плоские междуречья и древние террасы Енисея и Чулыма, с характерной ровной или волнистой поверхностью и блюдцеобразными западинами (сомкнутость полога 0,1–0,3).

Луговые степи преимущественно занимают равнину и пологие склоны предгорий. Мелкодерновинные степи развиты на склонах южной и западной экспозиции сопок и возвышенностей.

Цели исследования. Анализ спектральной отражательной способности поврежденной древесной растительности для теоретического обоснования космической диагностики их состояния на локальном и региональном уровне при оценке земельного фонда. Использование наиболее информативных интервалов спектра и вегетационных индексов для совершенствования тематического дешифрирования.

Методические положения исследования. Как следует из п. 2.2 «Концепции развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года» [1], в важнейшем классе съемочных приборов видимой области спектра самостоятельно представлены (ввиду их важности) панхроматические камеры (5% задач), многоспектральные камеры видимой области (до 40% задач) и съемочные камеры ближней ИК-области (5% задач).

Многочисленными исследованиями установлены как общие закономерности в спектральной яркости растительности [4], так и методики расчета наиболее информативных интервалов спектра [5, 6]. Эффективность использования такой информации была доказана А.Н. Иорданским при создании различных типов спектральнонаправленных пленок [7] и экспериментом «Фрагмент» [8].

Для вычисления наиболее информативных интервалов спектра оптимальными являются зоны 0,64–0,68 мкм в полосе поглощения хлорофилла, а в ближнем ИК-диапазоне – 0,77–0,80 или 0,83–0,87 мкм, находящиеся вне полос поглощения водяного пара. Спектральная яркость почв в этих диапазонах возрастает монотонно, что послужило основанием для введения многочисленных «вегетационных индексов» (VI) – спектральных признаков, характеризующих разницу кривой спектральной яркости на границе зеленого, красного и ближнего ИК-диапазонов.

Так как небольшие по площади колочные участки леса часто повреждаются полностью (отсутствуют контрольные экземпляры), то расчет наиболее информативных интервалов возможен только при анализе вегетационных индексов (поврежденных экземпляров).

Кривые спектральной яркости поврежденной растительности были получены на объекте в различные годы для теоретического обоснования лесопатологического дешифрирования аэрокосмических снимков в диагностике поврежденной растительности [9].

Результаты исследования. Для анализа космической видеоинформации лесных фитоценозов лесостепи необходимо иметь информацию о пространственном распределении небольших участков березовых рощ или участков леса из черемухи, ивы, боярышника, называемых «колками». Если березовые участки леса преимущественно занимают значительные площади в небольших западинах на водоразделах, перемежаясь со степными лугами, луговыми степями и разработанными на их месте пашнями, то для последних характерны пониженные части рельефа, расположенные в заболоченных западинах. По мере движения к югу (Ширинская лесостепь) такие колки уже не встречаются на плакорных участках, а группируются около озер и в речных долинах, поэтому их следует рассматривать как экстразональное явление. В этих условиях площадь их может составлять минимальную величину (до нескольких сот квадратных метров), чаще всего занимая периферию западины с центром из осокового болота (в северной части региона леса образуют массивы до нескольких десятков гектаров с высокой сомкнутостью крон с подлеском из черной смородины, шиповника, различных видов кустарниковой ивы и др.). Отмеченные закономерности пространственного распространения древесной растительности Чулымо-Енисейской (Балахтинской) котловины не характерны для примыкающей к ней с запада Ачинской лесостепи, с востока – Канской лесостепи и с юга – Июсо-Ширинской котловины.

Нами анализировались диапазоны спектральных коэффициентов яркости древесной растительности в зеленой (0,5–0,6 мкм), красной (0,6–0,7 мкм) и ближней инфракрасной (0,8–0,9 мкм) частях спектра [10]. В запущенном 11.02.2013 г. искусственном спутнике Земли Landsat-8 это соответственно 3-, 4- и 5-й каналы. Расчет нормализованного разностного зеленого индекса проводился по формуле $NDGI = (r_{ИК} - r_3) / (r_{ИК} + r_3)$, а нормализованного разностного вегетационного индекса (нормализованного дифференциального вегетационного индекса) – по формуле $NDVI = (r_{ИК} - r_K) / (r_{ИК} + r_K)$, где $r_{ИК}$ – коэффициент яркости в инфракрасной области спектра; r_3 – коэффициент яркости в зеленой области спектра; r_K – коэффициент яркости в красной области спектра (табл.).

Значения NDGI и NDVI повреждений

Вид повреждения	Порода	Контроль		Повреждение	
		NDGI	NDVI	NDGI	NDVI
Повреждение энтомовредителями					
Боярышниковая листовертка (Archips crataegana Hb.)	Черемуха обыкновенная (Padus avium Mill.)	0,640	0,504	0,411	0,108
Осиновый листоед (Melasoma tremulae F.)	Осина (Populus tremula L.)	0,672	0,380	0,376	0,164
Неинфекционные болезни					
Механическое повреждение корневой системы	Береза повислая (Betula verrucosa Ehrh.)	0,537	0,588	0,508	0,106
Повреждение низовым пожаром	Сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.)	0,631	0,514	0,536	0,135
Инфекционные болезни					
Шютте обыкновенный (Lophodermium pinastri Chev.)	Сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.)	0,542	0,387	0,431	0,083
Ржавчина листьев	Тополь лавролистый (Populus laurifolia Ledeb.)	0,570	0,537	0,375	0,189

Повреждение энтомовредителями было отмечено в колочных участках при повреждении боярышниковой листоверткой черемухи обыкновенной. Рассматривая коэффициенты спектральной яркости, необходимо отметить, что на ход спектральной яркости большое влияние оказали: частичное или полное уничтожение листового аппарата, изменение цвета остатков листьев и покрытие ветвей и ствола паутиной.

Осиновый листоед был обнаружен в северной части района исследований, примыкающей непосредственно к южной части таежной зоны.

Так как повреждение энтомовредителями проявляется в частичном или полном уничтожении листового аппарата, то это сказывается на структуре крон и изменении их оптических характеристик.

При механических повреждениях происходит разрушение отдельных тканей и органов растений, часто сопровождающееся патологическими изменениями (механическое повреждение корневой системы), а иногда приводящее к гибели растений (низовой пожар). Такие заболевания характеризуются патологическим процессом и не передаются от больного растения здоровому.

Подавляющее большинство инфекционных болезней растений связано с воздействием на них организмов, называемых в фитопатологии патогенными (бактерии, грибы, вирусы и другие микроорганизмы), которые вызывают патологические процессы в растении [11], нарушая физиологические процессы.

Наиболее активная стадия шютте обыкновенного возникает весной и вызывает покраснение, пожелтение, а также опадение хвои молодых (4–5 лет) сеянцев сосны обыкновенной.

Все рассматриваемые повреждения растительности (за исключением низовых пожаров) носят локальный характер, и многозональная съемка может решить ряд задач индикации фаз возникновения, развития и последствий повреждений.

Выводы. Выполненные исследования указывают на особенности величин рассматриваемых вегетационных индексов (особенно NDVI) при различных повреждениях древесной растительности. В некоторых случаях эти различия в системе контроль–повреждения достигают пятикратной величины.

При заказе видеоинформации с космических платформ необходим анализ наиболее информативных интервалов спектра для получения необходимой видеоинформации конкретного канала съемочных систем.

Необходимо продолжить исследования по данной проблеме для выявления начальных стадий повреждения (заболевания) при экологическом сопровождении космического мониторинга земельного фонда на локальном и региональном уровне.

Литература

1. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. – М.: Федеральное космическое агентство, 2006. – 82 с.

2. Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения: Приказ Минсельхоза России от 04.05.2010 № 150 (ред. от 08.08.2012) // Бюл. нормат. актов федер. органов исполнительной власти. – 2010. – № 32. – С. 47–49.
3. Любимова Е.Л. Растительный покров // Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1964. – С. 226–276.
4. Кринов Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. – 270 с.
5. Иванян Г.А. Использование спектральных контрастов при выборе интервалов спектра в диапазоне 0,5–0,84 мкм для съемки природных образований // Проблемы физики атмосферы. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – № 10. – С. 62–72.
6. Нильсон Т.А. Линейные комбинации коэффициентов спектральной яркости при анализе сельскохозяйственной растительности // Исследование Земли из космоса. – 1988. – № 1. – С. 95–103.
7. Иорданский А.Н. Спектрально-цветная аэрофотография: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1966. – 47 с.
8. Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков: сканирующая система «Фрагмент». Методика и результаты. – М.: Наука; Берлин: Академи-Ферлаг, 1988. – 124 с.
9. Введение в космическое лесоведение / В.И. Незамов [и др.]. – Красноярск, 2013. – 388 с.
10. Космическое земледелие и градостроительство / Г.В. Игнатьев, В.И. Незамов [и др.]. – Красноярск, 1999. – 323 с.
11. Черемисинов Н.А. Общая патология растений. – М.: Высш. шк., 1973. – 350 с.



УДК 630.434

И.А. Платонова, Г.А. Иванова

ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ В СОСНЯКАХ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ

Приведена количественная и качественная оценка естественного возобновления после низовых пожаров разной силы в сосняках Селенгинского среднегорья Республики Бурятия. Выявлено, что количество благонадежного самосева и подроста после пирогенного воздействия больше по сравнению с контролем и его достаточно для восстановления численности популяции, а также тесная зависимость между количеством подроста и толщиной несгоревшего слоя подстилки.

Ключевые слова: естественное возобновление, подрост, сосняки, фитомасса.

I.A. Platonova, G.A. Ivanova

THE NATURAL RENEWAL ASSESSMENT AFTER THE GROUND FIRES IN THE PINE FORESTS OF SELENGINSKY MIDDLE MOUNTAINS

The natural renewal qualitative and quantitative assessment after the different intensity ground fires in the pine forests of the Buryatia Republic Selenginsky Middle Mountains is given. It is revealed that the amount of reliable self-seeding and undergrowth after the pyrogenic impact is greater compared with the control and it is sufficient to regenerate the population number. The close dependence between the amount of undergrowth and the unburned underlayer is revealed.

Key words: natural renewal, undergrowth, pine forests, phytomass.

Введение. Процесс естественного возобновления и роста древостоев является главным фактором нормального функционирования насаждений, а его нарушение влечет за собой преобразование всего фитоценоза, типологическую смену сообщества [26]. Растительное сообщество является жизнестойким, если оно способно восстановить численность популяций, заменить погибшие экземпляры новыми [19]. В сосновых насаждениях пожары различной интенсивности и вида являются фактором, определяющим процесс возобновления и его развития [10, 27, 28].