

3. Метеорологические методы и приборы наблюдений: Учебное пособие. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. – 189 с

4. Хромов С.П. Метеорология и климатология: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 012500 "География" и 013700 "Картография"/ С.П. Хромов. – Москва: Изд-во Московского университета, 2013. – 581 с.

5. Косарев В.П., Андриющенко Т.Т. Лесная метеорология с основами климатологии: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Лесное хозяйство и ландшафтное строительство"/ под ред. проф. Б. В. Бабикова. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар: Лань, 2009. – 287 с.

УДК:504.54. 630.631.4.

А.Р. Понтус, вед. науч. сотр., канд. биол. наук
(ГНУ Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, г. Минск)

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Стремительное развитие аэрокосмических средств зондирования поверхности Земли, а также доступность этих данных оказывает огромное влияние на необходимость совершенствования методов изучения лесов и, в частности, ранней диагностики их эколого-функционального состояния. Пользователям требуются не только исходные дистанционные данные, но и сезонные композитные изображения (весна, лето, осень) на большие территории, а также необходимо постоянно совершенствовать методы их тематической обработки. В исследованиях биоразнообразия и устойчивости лесов к неблагоприятным факторам среды все более широко используются материалы съемок с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), наземные выборочные геоботанические и таксационные описания, выполненные в квазисинхронном режиме. Вопросы комплексной обработки разновременных и разносезонных спутниковых данных, аэрофотосъемки и наземной информации являются актуальной задачей для поиска информативных индикаторов для оценки экосистемных функций лесов, картографирования биотопов, выявления редких видов сообществ на разных пространственных уровнях и, главное, выполнять в оперативном режиме эколого-функциональную диагностику лесных экосистем.

В последнее время активно разрабатываются такие исследования на базе веб-приложений, геоинформационных платформ и информационно-аналитических систем, а также облачных сервисов хранения и обработки информации. Появляются автоматизированные

сервисы мониторинга изменений и текущего состояния лесной растительности по космическим снимкам высокого и сверхвысокого разрешения. Одной из главных задач управления развитием лесного хозяйства страны является обеспечение интенсивного комплексного использования лесных ресурсов с сохранением их экологического и генетического потенциалов, с учетом результатов ранней диагностики эколого-функционального состояния лесных экосистем. В настоящее время дистанционные методы в лесном хозяйстве и охране окружающей среды развиваются по следующим направлениям:

- современные и перспективные средства и методы дистанционного зондирования лесов;
- методы комплексной обработки данных ДЗЗ различного пространственного, спектрального и временного разрешения для изучения лесов;
- дистанционные и геоинформационные технологии и методы для оценки ресурсного потенциала, нарушений (пожары, вырубки, усыхания и другие) и лесовосстановления, биологического разнообразия и экосистемных функций леса;
- web-технологии и геопорталы для изучения лесов;
- современные методы и технологии дистанционного лесного мониторинга (обработка данных ДЗЗ и использование ГИС в интересах лесного хозяйства и экологии).

Выявление на ранних стадиях повреждений хвойных насаждений различными видами вредителей (короед-типограф, сибирский шелкопряд и др.) является актуальной задачей современного лесного хозяйства. Перспективным является определение усыханий методами дистанционного зондирования, обеспечивающими как оперативность, так и широту охвата территории. Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных изображений». На основе комбинации значений яркости в определенных каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов. В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности древесных расте-

ний. На красную зону спектра (0,62–0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75–1,3 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Т. е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной зоне спектра.

Дистанционная оценка лесопатологического состояния лесов – наименее разработанный раздел лесного дешифрирования. Это связано с неустойчивым проявлением и диагностикой на материалах аэрокосмических съемок признаков дешифрирования деревьев и насаждений различной степени ослабления и усыхания древостоев.

Основной целью дистанционных наблюдений является своевременное обнаружение опасных отклонений в санитарном состоянии лесов, а также предварительная оценка размеров повреждений. Дистанционные наблюдения за санитарным состоянием лесов предусматривают космическую и авиационную съемку, аэровизуальное обследование лесов. Дистанционные наблюдения могут представлять собой регулярные выборочные наблюдения, либо специальные обследования в случае возникновения массовых повреждений лесов.

В зависимости от объекта и задач лесопатологического мониторинга (ЛПМ) при планировании дистанционных исследований определяются масштаб (пространственное разрешение) авиационной и (или) космической съемки, вид изображений, спектральное разрешение, время и периодичность съемки, необходимые технические и программные средства для их обработки и анализа.

Ранняя лесопатологическая диагностика эколого-функционального состояния лесных экосистем является самостоятельным элементом ЛПМ, который проводится в комбинации с дешифрированием материалов ДЗЗ (гл. образом мульти- или гиперспектральных), для верификации данных наземных лесопатологических обследований и оценки эффективности проводимых лесозащитных мероприятий. Эколого-функциональная диагностика лесов с использованием данных гипер- и мультиспектральных данных осуществляется путем тематического дешифрирования ортофотопланов, с идентификацией на них признаков повреждения и гибели лесных насаждений. Тематическое дешифрирование ортофотопланов проводится с обязательным привлечением результатов наземных наблюдений за состоянием объектов лесопатологического мониторинга на тестовых участках и лабораторных данных физиолого-биохимических анализов отобранных растительных образцов. Тестовым может быть любой участок леса, по которому имеется характеристика текущего состояния древостоя на момент выполнения гиперспектральной аэрофотосъемки. Предпочте-

ние отдаётся тестовым участкам леса, на которых имеются ППН. Если в результате массовой гибели лесов на территории объявлен режим чрезвычайной ситуации, в соответствии с решением руководства лесохозяйственного учреждения допускается планирование и осуществление сплошных санитарных рубок (ССР) по результатам тематического дешифрирования крупномасштабной гипер- или мультиспектральной аэрофотосъемки высокого разрешения и материалам наземного выборочного лесопатологического обследования. Лесопатологическое дешифрирование может быть визуальным (глазомерным или аналитическим – на начальном этапе), затем автоматическим, с составлением тематического аппроксиматора-классификатора изображений (ТКИ), соответствующего разной степени угнетения (усыхания) насаждений. В отдельных случаях может использоваться комплексное – аналитико-измерительное дешифрирование или автоматизированное (интерактивное). При лесопатологическом дешифрировании аэроснимков, полученных с помощью БПЛА, нами предлагается руководствоваться нижеследующими рекомендациями. Детальность оценки состояния насаждений по аэрофотоснимкам в сочетании с элементами наземных работ зависит от категорий защитности и группы леса. В лесах первого и второго поясов зон санитарной охраны источников водоснабжения, первой и второй зон округов санитарной охраны курортов, особо ценных лесных массивах, национальных и природных парках, лесных участках, имеющих научное или историческое значение, природных памятниках, рекомендуется оценивать по аэрофотоснимкам их лесопатологическое состояние путем выявления деревьев I, II, III, IV и V–VI категорий состояния. При проведении такого обследования можно использовать мультиспектральные аэрофотоснимки масштаба 1:1000 и крупнее. При проведении такого обследования можно использовать спектральные аэрофотоснимки масштаба 1:1000–1:5000. Нами предложено различать 2 вида признаков лесных повреждений: **морфологические (внешние)** и **физиологические (биологические)**, играющие ключевую роль в ранней эколого-функциональной диагностике усыхания лесных насаждений. С 2010 года в древостоях Беларуси зафиксировано новое патологическое явление – *«короедное усыхание сосны»*. География и площадь очагов этой патологии увеличиваются. Из-за новизны данного явления и «маскировки» его симптомов под другие патологии леса в республике нет точных сведений о масштабах проблемы. *Накопление короедного запаса в сосняках может достичь критического уровня в ближайшее время, поэтому существует угроза реализации массового усыхания сосновых древостоев по сценарию ельников.* Это подтверждается данными о повышении активности вершинного короеда в европейских странах. Поскольку формация сосновых лесов занимает половину

площади всех лесов Беларуси, усыхание даже незначительной части из них обернется не только большим ущербом для лесного хозяйства, но и окажет негативное влияние на экономику страны в целом. Учитывая это обстоятельство, необходимость ранней и оперативной диагностики ослабления древостоев на обширных территориях – актуальная задача.

УДК 630*232; 630*551.52

А.М. Потапенко, зав. лабораторией, канд. с.-х. наук;
Н.В. Толкачева, ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук;
И.А. Машков, ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук;
В.А. Серенкова, мл. науч. сотр.
(ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», г. Гомель);

М.В. Кудин, зам. директора по научной работе, канд. с.-х. наук
(ГПНИУ «Полесский государственный
радиационно-экологический заповедник», г. Хойники)

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО- ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Леса, в отличие от других типов растительности (луга, болота, степи), обладают особыми радиоэкологическими свойствами, благодаря которым радиоактивные выпадения в результате аварии на ЧАЭС задерживаются и сохраняются во много раз больше, чем иные растительные сообщества. Например, сосновые насаждения в 30-км зоне ЧАЭС, расположенной в пределах Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее – Полесский заповедник), задержали в 7-10 раз больше радиоактивных аэрозолей, чем другие типы растительности. Следует отметить, что леса на восстановительной стадии аварии включают выпавшие долгоживущие радионуклиды в биологический круговорот веществ, предотвращая их вертикальную и горизонтальную миграцию [1]. В связи с этим загрязненные леса заповедника, выполняя защитные функции, многие десятилетия остаются природными объектами радиационной опасности.

Загрязненный радионуклидами лесной фонд Полесского заповедника является источником радиационной опасности при его неконтролируемом использовании. Специфика радиоактивного загрязнения территории Полесского заповедника по отношению к другим лесофондодержателям обусловлена присутствием радионуклидов топлив-