

DOI 10.26886/2414-634X.2(29)2019.2

UDC:630.2:504:574 (477.41/42)

**PERSPECTIVES OF LISOTATHOLOGICAL MONITORING BY
MATERIALS OF RESISTANCE OF FUSION SCANNING OF FORESTS
BY THE EXAMPLE OF ZHYTOMYR REGIONAL MANAGEMENT OF
FOREST AND HORTICULTURAL HOLDING**

V. Levchenko, PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor

I. Shulga, PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor

Zhytomyr Agrotechnical College, Ukraine, Zhytomyr

The actual questions of remote space estimation of forest-pathological state of forests are substantiated, since today it is the least developed section of forest decoding. The preliminary analysis of materials of the space scanning of forests of Zhytomyr region for the purpose of drying out of pathological action of pests and diseases was carried out.

The subject of the work is the material of the geoinformation scanning of the forests of the Zhytomyr Oblast Department of Forestry and Hunting for the monitoring of the forest-pathological condition, as well as their comparison with the aerial photographs. This is due to the unstable manifestation and diagnostics on the materials of aerospace shooting of signs of decoding trees and plantations of varying degrees of weakening and drying.

The purpose of the work is to study and systematize materials of satellite scanning of forests on the subject of forest-pathological monitoring in the conditions of the Zhytomyr Regional Department of Forestry and Hunting. It has been established that satellite monitoring of forest-pathological condition on the example of Zhytomyr Regional Forestry and Hunting Management Department is the most effective

measure for monitoring and forecasting the condition of forests of Zhytomyr region.

The basic methods of carrying out works are the calculation and analytical for gathering and processing of the results of geoinformation scanning of forest ecosystems of Zhytomyr Polissya as a result of satellite scanning, as well as monitoring of forest-pathological changes in the forest areas of the Zhytomyr Regional Department of Forestry and Hunting. According to the results of the work, it has been established that satellite scanning of forests of Zhytomyr region gives fairly accurate and true information about the actual condition of forests and their forest-pathological characteristics. This is especially true for arrays affected by the disease with apical bark, six caudal bark, vascular mycosis and are in a semi-dry state. As a result of the conducted research, it was discovered that satellite monitoring of forest-pathological conditions in the Zhytomyr Oblast Department of Forestry and Hunting is the most informative and less costly compared to conducting aerial photographic monitoring with the subsequent decoding of aerial photographs. This will enable detailed forest-pathological forecasting of forest conditions in the conditions of Zhytomyr regional forestry and hunting management.

The field of application of research results is the forest enterprises of the Zhytomyr Regional Department of Forestry and Hunting for the forest-pathological forecast of the possibilities of occurrence of various kinds of pathologies in forest soils in order to preserve and protect forest plantations from pests and diseases.

The findings of the research are that forest decoding of aerospace surveys is a process of recognition of forest objects depicted on them and the establishment of their quantitative and qualitative characteristics. Forest decryption can be visual (dimensional, analytical), measuring, automatic (computer), as well as complex - analytical-measuring or

automated (interactive). In visual decoding, the object under investigation is characterized by signs of decoding its image on an aerial photograph or a space photograph (on a paper carrier or computer screen) with an unarmed eye or with magnifying or stereoscopic devices. In other words, aerospace image information is read and analyzed using the visual and logical devices of the decoder. Its objectivity depends on the experience of the decoders. In the measurement decoding, all or some of the parameters and characteristics of the decoding objects are measured on the pictures by means of mechanical, optical-mechanical, opto-electronic and other measuring instruments, devices, devices and systems. In analytical-measuring decoding combines a visual-logical analysis of the image with the measurement of various parameters of decoding objects. Automatic decryption is based on the recognition of the spectral and morphometric characteristics of the decoding objects, their quantitative and qualitative indicators. In this case, the decryption process is performed with the help of technical means of image processing. The role of the satellite monitoring operator is to create a system, define a specific task and process the captured information through the corresponding programs, as well as support the normal functioning of the satellite system. Automated (interactive) decryption combines the elements of analytical-measuring, executed by the decoder on the image on the computer screen, with automatic decryption. In this case, the information collected is analyzed and processed using technical means of image processing. Depending on the location, the decryption can be field, office (laboratory), aerial or combined. Field decryption is carried out directly on the ground by comparing the image on aerial or space images with nature. The field decoding method is the simplest and most accurate, but it requires a lot of time and effort. Cameral decoding is conducted in laboratory conditions, while the costs of labor of engineering personnel are

reduced, there is acceleration of work and a significant reduction in their value. Cameral decryption is always performed with the use of additional mapping, reference and other stock materials. Aerivisional decryption is carried out by comparing the images of the identified objects on aerial or space photographs with the terrain when flying on airplanes or helicopters. The analysis of the informativeness of the satellite and aerial photography of the forest areas of the Zhytomyr Oblast Department of Forestry and Hunting shows that their practical application is possible, as a rule, on the basis of a rational combination of methods of terrestrial and remote non-informative observations.

Key words: drying of plantations, forest-pathological monitoring, satellite scanning, survey materials, Zhytomyr Polissya.

*кандидат сільськогосподарських наук, доцент Левченко В.Б.,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент Шульга І.В.
Перспективи лісопатологічного моніторингу за матеріалами
супутникового сканування лісів в умовах Житомирського обласного
управління лісового та мисливського господарства, Україна,
Житомир*

Обґрунтовано актуальні питання дистанційної космічної оцінки лісопатологічного стану лісів, так як на сьогоднішній день це найменш розроблений розділ лісового дешифрування. Проведено попередній аналіз матеріалів космічного сканування лісів Житомирської області на предмет всихання від патологічної дії шкідників і хвороб.

Предметом роботи є матеріалі геоінформаційного сканування лісів Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства по моніторингу за лісопатологічним станом, а також їх порівняння з матеріалами аерофотозйомок. Це пов'язано з нестійким проявом і діагностикою на матеріалах

аерокосмічних зйомок ознак дешифрування дерев і насаджень різного ступеня ослаблення і всихання.

Метою роботи є вивчення і систематизація матеріалів супутникового сканування лісів на предмет лісопатологічного моніторингу в умовах Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства. Встановлено, що супутниковий моніторинг лісопатологічного стану на прикладі Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства є найбільш ефективним заходом по спостереженню та прогнозу стану лісів Житомищини.

Основними методами проведення робіт є розрахунково-аналітичний по збору і обробці результатів геоінформаційного сканування лісових екосистем Житомирського Полісся отриманих в результаті супутникового сканування, а також спостереження за лісопатологічними змінами в лісових масивах Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства. За результатами роботи встановлено, що супутникове сканування лісів Житомирської області дає досить чітку і правдиву інформацію про реальний стан лісів та їх лісопатологічну характеристику. Особливо це актуально для масивів, що постраждали від ураження верхівковим короїдом, шести зубчатим короїдом, судинним мікозом і знаходяться у напіввсихаючому стані. В результаті проведених досліджень було виявлено, що супутниковий моніторинг лісопатологічного стану в умовах Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства є найбільш інформативний та менш затратний в порівнянні з проведенням аерофотографічного моніторингу з наступним дешифруванням аерофотознімків. Це дасть можливість детального лісопатологічного прогнозування стану лісів в умовах

Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства.

Сферою застосування результатів досліджень є лісогосподарські підприємства Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства для лісопатологічного прогнозу можливостей виникнення різного роду патологій в лісових масивах з метою збереження та захисту лісових насаджень від шкідників та хвороб.

Висновки досліджень полягають в тому, що лісовим дешифруванням матеріалів аерокосмічних зйомок є процес розпізнавання зображених на них лісових об'єктів і встановлення їх кількісних і якісних характеристик. Лісове дешифрування може бути візуальним (окомірним, аналітичним), вимірювальним, автоматичним (комп'ютерним), а також комплексним - аналітико-вимірювальним або автоматизованим (інтерактивним). При візуальному дешифруванні досліджуваний об'єкт характеризують на основі ознак дешифрування його зображення на аерофото або космічному знімку (на паперовому носії або екрані комп'ютера) неозброєним оком або за допомогою збільшувальних або стереоскопічних приладів. Іншими словами, інформація з аерокосмічного зображення зчитується і аналізується за допомогою зорового і логічного апаратів дешифрувальника. Його об'єктивність залежить від досвіду дешифрувальникаів. При вимірювальному дешифруванні всі або деякі параметри і характеристики дешифрувальних об'єктів вимірюють на знімках за допомогою механічних, оптико-механічних, оптико-електронних та інших вимірювальних інструментів, приладів, пристроїв і систем. При аналітико-вимірювальному дешифруванні поєднується візуально-логічний аналіз зображення з вимірюванням різних

параметрів дешифрувальних об'єктів. Автоматичне дешифрування базується на розпізнаванні по спектральним і морфометричним характеристикам дешифрувальних об'єктів, їх кількісних і якісних показників. В цьому випадку процес дешифрування виконується за допомогою технічних засобів обробки зображень. Роль оператора супутникового моніторингу полягає в створенні системи, визначенні конкретного завдання і обробки знятої інформації за допомогою відповідних програм, а також підтримці нормального функціонування супутникової системи. Автоматизоване (інтерактивне) дешифрування поєднує в собі елементи аналітико-вимірального, виконуваного дешифрувальником по зображенню на екрані комп'ютера, з автоматичним дешифруванням. В цьому випадку зібрану інформацію аналізують і обробляють за допомогою технічних засобів обробки зображень. Залежно від місця, проведення дешифрування може бути польовим, камеральним (лабораторним), аеровізуальні або комбінованим. Польове дешифрування проводять безпосередньо на місцевості шляхом порівняння зображення на аеро-або космічних знімках з натурою. Метод польового дешифрування є найбільш простим і точним, але вимагає великих витрат часу і праці. Камеральне дешифрування проводять в лабораторних умовах, при цьому скорочуються витрати праці інженерно-технічного персоналу, відбувається прискорення робіт і значне зниження їх вартості. Камеральне дешифрування завжди виконують із залученням додаткових картографічних, нормативно-довідкових та інших фондових матеріалів. Аеровізуальное дешифрування проводять шляхом порівняння зображень ідентифікованих об'єктів на аеро - або космічних знімках з місцевістю при польотах на літаках або вертольотах. Аналіз інформативності супутникового та аерофотосканування лісових

масивів Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства показує, що їх практичне застосування можливе, як правило, на основі раціонального поєднання методів наземних і дистанційних неінформаційних спостережень.

Ключові слова: всихання насаджень, лісопатологічний моніторинг, супутникове сканування, матеріали моніторингу, Житомирське Полісся.

Вступ. До теперішнього часу в багатьох країнах світу геоінформаційні системи (ГІС) і технології отримали визнання. Вони розвиваються і використовуються як інструмент сталого управління лісами. Розвиток ГІС-технологій і впровадження їх в практику управління лісами обумовлено необхідністю оперативного використання великих обсягів даних, потребою їх точної адресації і просторового аналізу. Значення ГІС-технологій для лісозахисту, лісовпорядкування і лісового господарства в цілому загальновизнане. Геоінформаційна система і географічна інформаційна система багато в чому споріднені, але це не еквівалентні поняття. Геоінформаційна система, на відміну від географічної, в загальному випадку є інтегрованою системою, спрямованою на підтримку прийняття рішень в різних предметних галузях, а не тільки в геодезії і географії. Таким чином, геоінформаційна система (ГІС) мають на сьогоднішній день надзвичайно важливе значення для організації проведення лісопатологічного моніторингу на прикладі Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Дистанційними методами неможливо безпосередньо виявити наявність шкідників і хвороб в насадженні [2, с.18-24]. Однак їх присутність з великою часткою

ймовірності визначається опосередковано, через пошкодження ними лісового полог [6, с.29-65]. При наземному лісопатологічному обстеженні використовується шкала, відповідно до якої на основі зовнішніх ознак розрізняють 6 категорій санітарного стану дерев [4, с.10-34, 8, с.26-43]. В склад цих ознак входить характеристика густоти крон дерев і стан приросту, ступінь пошкодження хвої або листя (обгризи, опіки), всихання хвої (листя) або гілок, наявність суховершності або сухокронності, зміна кольору хвої або листя і т.п. [7, с.16-25]. При лісопатологічному дешифруванні матеріалів зйомок для зручності використання ця шкала представлена у вигляді класифікації, в якій враховано ступінь вираженості лісових пошкоджень на матеріалах зйомок різної чутливої здатності [8, с.5-16]. Відомо, що однакові типи лісових уражень можуть виникати під впливом різних факторів середовища (біотичних, абіотичних, антропогенних), і навпаки – вплив на ліс одного і того ж фактора середовища може сприяти появі різних типів лісових пошкоджень [10, с.67-82]. Прояв фізіологічних ознак зовні помітно по зміні колірного забарвлення асиміляційних пагонів дерев [6, с.343-67]. Наведемо перелік найбільш поширених та ймовірних факторів, що викликають кожен вид ураження [7, с.44-56]. Пошкодження типу (А) об'єднують хвойні та листяні дерева свіжого і старого сухостою. Залежно від ступеня морфологічних змін крон виділено 2 групи необоротно пошкоджених дерев: сухостій без сучків і гілок і сухостій з сучками і гілками [5, с.34-67]. Сухостій зустрічається в запоні у вигляді окремих дерев (куртин) або утворює загиблі насадження [9, с.26-37]. На аерофотознімки великого масштабу дерева старого сухостою мають вигляд штрихів, тіні від них - вид різких чорних ліній [8, с.78-92]. Куртини і загиблі насадження у вигляді сухостою явно виділяються по світлим тонам крон, наявності різних за величиною і неправильних за

формою провалів в проекції пологую насаджень, прозорості в стереоскоп земної поверхні, іноді помітного хмизу, особливо на аерофотознімки великого масштабу [7, с.76-84]. Для загиблих на великих площах насаджень характерна різка зміна кольору (тону) зображення, ці ділянки розпізнаються на аерокосмічних знімках дрібного масштабу [5, с.54-87]. Пошкодження типу (В) пов'язані з частковими змінами в будові крон і стовбурів у дерев хвойних і листяних порід [5, с.57-96]. Залежно від того, яка частина крони дерева порушена пошкодженням, виділяють 2 групи: одна - суховершні і сухокронні дерева, інша - дерева з пошкодженням частини стовбура і окремих гілок в кронах, а також з відсутністю хвої поточного року або минулих років [8, с.26-72]. Характер і кількість пошкоджених дерев в лісовому масиві визначають детальністю рекомендованих до використання матеріалів зйомок [3, с.34, 67-82]. Відмирання крон листяних порід відбувається, як правило, в результаті ураження дерев голландською хворобою, чорним раком, гниллю стовбурів, а також при пошкодженні шовкопрядом, златогузкою, стовбуровими шкідниками [5, с.26-43]. При значному пошкодженні крон хвойних порід виділяють сильно ослаблені або всихаючі дерева [8, с.77-82]. Фізіологічні ознаки пошкодження насаджень (вусачів), заключні стадії грибних і ракових захворювань, механічні пошкодження крон дикими тваринами, бурелом, снеголам, ожеледь стовбурів [9, с.67-84]. Основними причинами таких ушкоджень можуть бути хвоє- або листогризучі комахи, а також ґрунтова посуха. Більш різноманітні причини, викликають у хвойних порід відсутність хвої минулих років. Виявлення такого виду лісових пошкоджень дозволяє відносити хвойні дерева до групи сильно ослаблених [10, с.33-45]. Для правильного дешифрування пошкоджень типу (С), який об'єднує дерева і насадження з зовні

помітними відмінностями в кольорі пошкодженої і здорової хвої і листя, необхідне знання спектральної відбивної здатності деревних рослин з різними ушкодженнями. Сучасна методика передбачає збір рослинних зразків (хвоя різних років, охвоєння пагонів або гілок, листя і облистяні пагони) для подальшого їх оперативного спектрометрування в польових або лабораторних умовах [8, с.16-19]. Ці ж зразки часто використовують для проведення пігментного аналізу, вивчення анатомічної будови клітин та ін. Зі збільшенням віку хвої, а також під впливом негативних факторів середовища в клітинних тканинах асиміляційних пагонів відбуваються біохімічні реакції, симптомами яких служать порушення клітинної структури мезофіла, супроводжувані змінами відбивної здатності і ходу спектральних кривих яскравості (СКЯ) хвої (листя), пагонів, гілок, крон або пологів насаджень [9, с.18-47]. Мінімум поглинання радіації для всіх пігментів лежить, як відомо, в зоні зелених променів (520 - 600 нм), ця частина спектра часто позначається як "зелений пік". Поглинання пігментами світлової енергії відбувається, в основному, за рахунок радіації, що надходить у видимій частині спектру [6, с.26-78]. Найбільш явно поглинання хлорофілу проявляється в червоній зоні спектру (600 - 700 нм), тут крива відбивної здатності здорових рослин сильно увігнута, цю частину спектра іноді називають "хлорофіловою ямою". Це явище пов'язане з тим, що до складу молекули хлорофілу входить магній, лінія поглинання якого розташована в червоній ділянці спектра [5, с.12-18]. При старінні хлорофілу або стресовому стані деревних рослин відбувається руйнування хлорофілу, рослини набувають жовте забарвлення, відповідно до спектра поглинання каротиноїдів і ксантофілів [7, с.12-18, 9, с.16-21]. Сильне відображення світла відбувається в ближній інфрачервоній зоні спектра (приблизно в проміжку 750 - 800 нм).

Вважається, що відображення випромінювання в цій зоні спектра пов'язано зі структурою і станом клітин хвої (листя), тобто падаюча радіація незначно поглинається пігментами і водою, а інтенсивність його відображення залежить від довжини оптичного шляху і багатократності заломлення в мезофільних тканинах[3, с.13-18]. Інтенсивність відбиття радіації листяними породами вища, ніж хвойними [8, с.18-43]. Перехід від хлорофілової ями до ІК-плато (приблизно на ділянці кривої 680 - 720 нм) характеризується різким підйомом кривої спектрального відображення, цю частину спектра іноді називають "червоний край"[9, с.34-55]. Для ушкоджень типу С характерні фізіологічні ознаки, які пов'язані з зовні помітними відмінностями в кольорі пошкодженої і здорової хвої або листя деревних рослин [8, с.23-78]. Залежно від кольору пошкоджених вегетуючих органів виділяють дерева і насадження з жовтої, блідо-зеленої, червоно-бурої або бруї хвої (листя Причинами появи у ослаблених хвойних дерев жовтої або блідо-зеленої хвої можуть бути судинні захворювання, гнилі стовбурів, посуха, а також вплив комах: п'ядунів, совок, пильщиків, вусачів (молоді жуки) [4, с.34-67]. Більш інтенсивний вплив перерахованих факторів, а також стовбурових шкідників або кореневої губки призводить до переходу хвойних дерев в категорію сильно ослаблених або усихаючих. Червоно-буре або буре листя з'являється у листяних порід під впливом попелиці, голландської хвороби, посухи, диких тварин. Червоно-бурий або бурий колір може бути у хвої поточного року або у хвої минулих років (хвоя поточного року при цьому залишається зеленою). Найбільш численна перша група лісових уражень [7, с.12-67]. При відсутності хвої минулих років і побурінні хвої поточного року дерева можна впевнено відносити до категорії усихаючих і свіжого сухостою, причинами чого часто є корневая губка, гриб-опеньок, промислові

викиди [4, с.16-45]. Аналогічно до всихаючих дерев і свіжого сухостою слід відносити хвойні дерева, у яких бурий колір хвої минулих років а також поточного року року може бути пов'язаний з градобоем, наслідками суворих зим, низових або підземних пожеж, тривалого затоплення, впливом промислових викидів, живленням молодих жуків-вусанів, розвитком кореневої губки [2, с.12-45, 4, с.45-76]. При наявності червоно-бурого або бурого забарвлення хвої поточного року і нормальної хвої минулих років можна припускати вплив морозів або листокрутки, а дерева відносять до категорії ослаблених [10, с.34-77]. Для реєстрації зміни кольору хвої або листя в лісовому масиві використовується зйомка на кольорову і спектрально-фотоплівку або багатоспектральна сканерна зйомка з літаків та космічних апаратів [6, с.24-67]. Пошкодження типу (D) об'єднують хвойні та листяні дерева, патологічні зміни яких ще не мають зовні помітних відмінностей, тому сучасний етап вивчення пошкоджень цього типу пов'язаний переважно з оцінкою на основі різноманітних показників морфології кривих спектральних коефіцієнтів яскравості, отриманих також при дистанційному зондуванні [5, с.34-87]. Співвідношення різних спектральних характеристик, що характеризують особливості відбивної здатності хвої або листя різних древних порід і вмісту в них хлорофілу, можуть бути індикатором ранніх стадій погіршення стану дерев [7, с.45-78]. В цьому випадку використовуються характерні ділянки спектру, в яких зелена рослинність має різну відбивну здатність [5, с.44-56]. Одна з ділянок (зелений пік) розташований в зоні найбільшого відображення у видимій зоні спектра, інший (хлорофілова яма) - в зоні найбільшого поглинання світла хлорофілом, третій (червоний край) - на ділянці переходу від видимої до інфрачервоної зони спектру [8, с.36-87]. Крім того, використовуються похідні ознаки, які враховують особливості

морфології в різних ділянках спектру. Технічне рішення при виявленні пошкоджень типу D пов'язано з появою спектрометрів, що володіють високою спектральною чутливістю. Прикладом може бути відчизняний акустооптичний спектрометр "Кварц 4" [5, с.29-54]. Реалізований в приладі принцип розкладання випромінювання в спектр полягає в зміщенні оптичних променів з різними довжинами хвиль фазової гами, сформованої в кристалі кварцу під впливом ультразвукової хвилі, що забезпечує спектральну межу від 0,3 – 0,8 нм. в діапазоні довжин хвиль 415 - 850 нм. [5, с.55-87]. При дистанційному зондуванні бажано отримувати інформацію про стан лісової рослинності одночасно в 30 вузьких зонах спектру, тобто зі спектральним наближенням не нижче 25 нм. Технічна реалізація цієї умови можлива шляхом створення і застосування відео спектрометрів [10, с.43-67].

Формулювання мети статті та завдань досліджень. Оскільки застосування супутникового сканування лісових масивів на прикладі Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства передбачає застосування поєднання супутникових систем моніторингу лісів з лісопатологічними дешифруваннями характеру та ступеню ураження їх шкідниками та хворобами, постає необхідність у застосуванні спеціалізованих комп'ютерних програм, які б не лише допомагали оператору-дешифрувальнику визначати стан ураження лісових екосистем, але і надавали можливі прогнозовані дані по розповсюдженню певних хвороб або збудників в лісах Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства.

Тому актуальність дослідження полягає в комплексній оцінці супутникового моніторингу за лісопатологічним станом лісів Житомирської області в раціональному поєднанні з результатами аерофоторафічних та лісотаксаційних спостережень.

Виклад основного матеріалу статті. Наведена класифікація лісових уражень необхідна при виборі матеріалів дистанційного зондування, а також при виявленні і подальшому визначенні по ним ступеня пошкодження або всихання дерев і насаджень. Розпізнавання за матеріалами зйомок, отриманих в оптичному діапазоні електромагнітного спектра лісових уражень і визначення категорій санітарного стану дерев і насаджень проводиться на основі ознак дешифрування, які формуються в залежності від розмірів лісопатологічного обстеження об'єктів і спектральних властивостей відбитої від крон дерев або лісового пологую сонячної радіації. Найбільш інформативними є прямі ознаки, до яких відноситься тон (колір) зображення, і ознаки, що характеризують зовнішній вигляд об'єктів дешифрування, - форму, розміри, тіні, малюнок (структуру та текстуру) зображення. Використовуються також непрямі ознаки дешифрування, з допомогою яких за одними добре розпізнаваними ознаками на матеріалах зйомок об'єктів, можна впізнати і дати характеристику інших, погано або зовсім не розпізнаваних об'єктів. Згрупувавши раніше перераховані типи лісових уражень на основі розмірів структурних деталей, можна провести вибір виду і масштабу матеріалів дистанційних зйомок, які забезпечують розпізнавання найбільш характерних об'єктів лісопатологічного дешифрування (таблиця 1).

Таблиця 1

Типові розміри об'єктів лісопатологічного дешифрування

Об'єкти дешифрування	Розпізнавані структурні деталі зображень	Мінімальні розміри об'єктів на місцевості	Необхідні матеріали зйомок
Незначні ураження (до 1/3 крони) окремих дерев (ослаблені дерева) і куртини	гілки	0,1 - 0,3 м	Надкрупномаштабні (крупніші 1:1000) і крупномаштабні аерофотознімки масштабу 1:1000-1:3000

Значні ураження (до 2/3 крони и більше) окремих дерев (сильно ослаблені, всихаючі та всохлі дерева) і куртини	гілки, крони	0,3 – 0,5 м 2-4 м	Крупномаштабні аерофотознімки: масштаб 1:3000 - 1:5000; масштаб 1:5000 - 1:7000 (конверсійні знімки)
Насадження різного ступеня ураження: слабке та середньосильне (суцільне)	крони, біогрупи куртини виділ	5 - 10 м >0,25 га >10га	Середньомаштабні аерофотознімки: масштаб 1:10 000 (конверсійні знімки); масштаб 1:10 000 - 1:15 000 Космічні знімки з чіткістю 10-40 м
Нагромадження відмерлих лісових дерев незалежно від походження: в захисних лісах в експлуатаційних (резервних) лісах	виділ виділ	3 - 15 га >10 га	Середньомаштабні аерофотознімки: масштаб 1:10 000 - 1:15 000 (конверсійні знімки) Космічні знімки з чіткістю 10-40 м.

Для виявлення незначних лісових ушкоджень, а також визначення числа ослаблених дерев з використанням аерофотознімків доводиться користуватися надкрупномаштабними матеріалами аерофотозйомки (масштаб 1: 1000 і крупніше), на яких спостерігається пошкодження частини крон або окремих гілок в кронах дерев. При значному пошкодженні крон дерев (до 2/3 і більше) масштаб великомаштабних аерофотознімків зменшується до 1:5000 - 1:7000. Просторово виражені ділянки пошкодженого лісу або загиблі насадження дозволяють використовувати середньомасштабні аерофотознімки (1:10 000 - 1:15 000), а також конверсійні космічні знімки (КС) з високою роздільною здатністю (1 - 2 м) і збільшені космічні знімки з роздільною здатністю 10 - 40 м. Залежно від цих умов лісопатологічні об'єкти відображаються на матеріалах зйомки по-різному. На сучасному етапі все більшого поширення набуває автоматизований спосіб дешифрування, при якому не виключається експертна тематична інтерпретація результатів, отриманих при автоматичній класифікації матеріалів зйомок. У зв'язку з цим

професійна підготовка експертів залишається актуальним завданням. У таблиці 2 наведено приклад ознак дешифрування соснових деревостанів різного стану, схильних до впливу промислових викидів. Ці ознаки спеціально розроблені для спектрозональних аерофотознімків (СН-6М) масштабу 1:10 000 - 1:12 000.

В якості ознак використаний колір і відсоткова участь пошкоджених дерев в складі деревостанів, різноманітність розмірів крон дерев, можливість стереоскопічного спостереження пологу в глибину, особливості малюнка падаючих тіней. Ознаки, що визначають характер кордонів лісових виділів, дозволяють уточнювати їх конфігурацію за рахунок виділення пошкоджених і загиблих ділянок деревостанів.

Таблиця 2

Ознаки для дешифрування по спектрозональним аерофотознімкам масштабу 1:10 000 - 1:12 000 соснових насаджень, пошкоджених промисловими викидами в атмосферу в умовах ДП «Малинське лісове господарство»

Стан насадження	Колір уражених дерев	Різниця в розмірі крон	Прозорість пологу насадження в глибину	Характер падаючих тіней	Ознаки, що визначають характер меж лісових ділянок
Здорові	Переважаючий колір сіро-зелений, крони синьо-зеленого відтінку до 5%	Різниця в розмірах крон не значна	Не проглядається	Тіні різкі, еліпсоподібні	Таксаційно-лісовпорядні відмінності
Ослаблені	Уражені крони синьо-зеленого, синього кольору, займають у складі насадження	Те саме	Зазвичай не проглядаються	Те ж саме	Те саме

	20%, в середньому 8 - 10 %				
Сильно ослаблені	Колір пологів насадження Зеленовато – блакитний, до 40% вершин дерев мають синюватий відтінок	Помітні різниці в розмірах крон дерев	Проглядається на глибину до 1/2 - 2/3 довжини крони	Тіні від крон пошкоджених дерев не чіткі	Можуть бути виділені ділянки з різною кількістю уражених крон
Всихаючі	Колір пологів переважно Блакитний з яскраво-синіми відтінками	Різниця в розмірі крон не значна	Прозорість глибока, місцями до поверхні землі	Помітно тіні від стовбурів і не чіткі тіні від крон	Чіткі межі між пошкодженими та непошкодженими насадженнями
Повністю Загиблі насадження	Яскраво-синій колір загиблого насадження	Крони не помітні, штриховатий малюнок зображення	Прозорість до землі. Помітно підріст і підлісок	Тіні від стовбурів дерев прямі і тонкі	Межі ділянок загиблих насаджень прямі і чіткі

Процес дешифрування матеріалів зйомок включає наступні етапи: прив'язку, виявлення об'єктів, їх впізнання, інтерпретацію і екстраполяцію.

Прив'язка знімків полягає у визначенні просторового (географічного) положення території, зображеної на знімках і здійснюється за допомогою географічних, топографічних або лісових тематичних карт. Орієнтирами і опорними точками для прив'язки служать місця взаємного перетину елементів гідрографічної мережі, доріг, трас, комунікацій, просік, а також населені пункти та інші надійно розпізнавальні об'єкти. Розпізнавання об'єктів, або їх ідентифікація, включає аналіз комплексу прямих ознак дешифрування тони (кольори), форми, малюнка (структури, текстури), розмірів зображення і елементів малюнка, що визначають візуально зображуваних об'єктів, а також непрямих ознак, що вказують на спряженість розпізнаваних об'єктів з іншими об'єктами або природними та антропогенними особливостями. Інтерпретація полягає у визначенні характеристик дешифрувальних об'єктів за прямими і непрямыми ознаками в залежності від тематичної

спрямованості дешифрування. При лісопатологічному дешифруванні іноді насилу можна розрізнити здорові і ослаблені дерева або насадження, а також відрізнити сильно ослаблені від ослаблених і усихаючих дерев або насаджень. Тому при інтерпретації може бути запропонована схема, коли спочатку залучається свідомо надлишкове число ознак, з яких потім відбирають найбільш інформативні. При цьому часто виникає завдання спільного аналізу різнотипових кількісних, якісних і класифікаційних ознак.

Таким чином, процедура класифікації, ранжування і відбору ознак дешифрування складається з декількох етапів. На першому етапі виявлення інформативних ознак дешифрування проводиться на основі аналізу коефіцієнтів кореляції між ознаками. На наступному етапі - передбачається ранжування ознак по внесенню ними частки ймовірності в розпізнаванні категорії стану дерев або насаджень. На заключному етапі відбувається визначення оптимального набору ознак, які забезпечують задану точність виділення інформаційних класів.

У завдання експертів зазвичай входить оптимізація числа класів, які розпізнаються з прийнятною для практики точністю. Наприклад, при дешифруванні аерофотознімків СН-15 (масштаб 1: 4000 - 1: 5000) Поліського заповідника, процедура розпізнавання категорій стану понад 260 хвойних дерев (ялини, сосни і берези) була проведена в три етапи. На першому етапі здорові (I), ослаблені (II), сильно ослаблені (III) і всихають (IV) дерева, крім дерев поточного (V) і старого (VI) сухого насадження розпізнавалися з невисокою точністю. Для їх розпізнавання використовувався набір з дев'яти ознак дешифрування (колір, форма проекцій крон, густота крон, цілісність крон та ін.). Правильність визначення класів стану значно зросла за рахунок підвищення ймовірності розпізнавання об'єднаної групи, до

якої увійшли здорові і ослаблені дерева (79,5%). Сильно ослаблені і всихаючі дерева (III і IV категорії стану), які утворили другий клас стану, як і раніше розпізнавалися невпевнено (48,7%). Подальше об'єднання дерев проведено таким чином, що в перший клас стану увійшли сироростучі дерева I-III категорій стану, а в другій - дерева загиблої частини деревостану, тобто IV-VI категорій стану. Для остаточного розпізнавання двох класів стану дерев з допустимою для практики точністю (87,0 і 84,2%), потрібен був набір тільки з трьох ознак дешифрування: кольору зображення, цілісності і густоти крони.

У лісах особливо охоронних територій іноді необхідно проводити оцінку лісопатологічного стану окремих дерев, які можуть бути пам'ятниками природи або меморіальними об'єктами. Для виявлення морфологічних змін, які зачіпають незначну частину крон дерев, були досліджені інформативні можливості спектрозональних аерофотознімків (з плівки СН-6М), отриманих в масштабах 1:350, 1:660, 1:830. У польовий період на аерофотознімках всіх трьох масштабів було упізнано і описано понад 300 здорових, ослаблених і сильно ослаблених дерев ялини, сосни, берези. При стереоскопічному аналізі визначені дешифрувальні ознаки, що характеризують стан ослаблених і сильно ослаблених дерев: наявність сухих гілок, порушеність форми крон, колір і колірна структура зображення крон, густоту і компактність крон. При перевірці результатів дешифрування в лісі встановлено, що ймовірність розпізнавання з використанням аерофотознімків масштабу 1:350 і 1:830 ослаблених і сильно ослаблених дерев сосни і берези досягає 0,76 – 0,98 (таблиця 3). Сильно ослаблені дерева ялини орієнтуються менш впевнено (0,60 - 0,64) і переплутуються з ослабленими деревами. Характерно, що з використанням аерофотознімків масштабу 1:660 розпізнавання ослаблених і сильно ослаблених

дерев, особливо ялини, відбувається з меншою ймовірністю, ніж по знімках інших масштабів.

Таблиця 3

Ймовірність розпізнавання ослаблених і сильно ослаблених дерев по спектрозональним використанням аерофотознімків

Порода	Масштаб аерофотознімків	Ймовірність розпізнавання	
		ослаблених дерев	сильно ослаблених дерев
Сосна	1:350	0,98	0,90
	1:660	0,85	0,90
	1:830	0,98	0,95
Ялина	1:350	0,88	0,60
	1:660	0,58	0,25
	1:830	0,94	0,64
Береза	1:350	0,76	0,85
	1:660	0,70	0,76
	1:830	0,92	0,83

При розпізнаванні на спектрозональних аерофотознімках виробничого масштабу лісовпорядкування (1:12 000 - 1:15 000) дерев свіжого і старого сухостою можна визначати ступінь усихання (санітарний стан) насаджень. Поступове накопичення сухостійних дерев, насамперед хвойних порід, може бути пов'язано з проходженням швидких низових пожеж, хронічною дією промислових викидів, діяльністю стовбурових шкідників та інших повільнодіючих шкідливих факторів середовища. Схожа, але надзвичайно мінлива картина ушкоджень спостерігається при впливі хвоє- і листогризучих комах-шкідників лісу. Здорові дерева модрини зображаються на літніх спектрозональних аерофотознімках відтінками жовтого кольору, сосни і ялини - зеленого, а всохлі і всихаючі дерева - зеленувато-синім, синім кольором. Кольорові відмінності дозволяють визначати ступінь всихання насаджень подібно до того, як з використанням аерофотознімків встановлюється дешифрування складу деревостанів. В цьому випадку сухостійні дерева можуть бути

підраховані, як дерева іншої породи. При візуальному дешифруванні на аерофотознімках, дерева підраховують всередині стандартних круглих отворів палетки (діаметр 3 - 4 мм) або в групах на екрані комп'ютера, які при вимірах випадково розташовуються всередині контурів типових виділів. Аналіз результатів показує, що найбільш грубі помилки виникають через неврахування відсталих у рості дерев, які не видно під пологом деревостану на аерофотознімках. Такі дерева з'являються після низових пожеж в першу чергу.

Льотно-знімальні експерименти і польові спостереження проведені в уражених кореневою губкою соснових культурах Іршанського лісництва. При порівняльному аналізі були вивчені інформативні властивості аерофотознімків масштабу 1:10 000, отримані з двошарової плівки СН-6М, і аерофотознімків масштабу 1:5000 - з тришарової плівки СН-15. До основних дешифрувальних ознак вогнищ кореневої губки на аерофотознімках відноситься наявність "вікон" в полозі соснових культур і розпад полога деревостанів. Зовні помітні прояви хвороби, так звані вогнища, спостерігаються в культурах 6 - 8-річного віку при появі всохлих куртин дерев розміром менше 10 м. Куртини або "вікна", що перевищують за розміром цей діаметр, умовно відносяться до діючих, а згодом - до загасаючим вогнищ. Порівняння результатів камерального дешифрування з даними польової перевірки показало, що практично безпомилково розпізнаються діючі осередки кореневої губки. Імовірність їх розпізнавання склала 97%. Імовірність виявлення виникаючих осередків хвороби при використанні аерофотознімків масштабу 1:10 000 з фотоплівки СН-6М становить 57% і для аерофотознімків масштабу 1: 5000 з фотоплівки СН-15 - 96%. Наведені значення показують, що матеріали аерофотозйомок в даному випадку забезпечують результативність робіт, що перевершує

традиційні методи наземного обстеження Лісопатологічне стану насаджень.

Поява всихаючих і сухостійних дерев змінює структуру зображення пологів насаджень на аерофотознімках. Автоматизованій обробці були піддані спектрозональні аерофотознімки СН-6М виробничого масштабу 1:15 000 з зображенням типових насаджень, виділивши розміщених в насадженнях чистої сосни і в змішаних листяно-соснових насадженнях, санітарний стан яких пов'язано в основному з наслідками низових лісових пожеж (Північна частина Житомирської, Рівненської, Київської областей). Ці насадження ростуть в умовах помірного рельєфу ю. Мірою оцінки санітарного стану є різниця між загальним Моб. і продукують Мпр запасами деревостанів, визначення яких проводилося при автоматизованому дешифруванні аерофотознімків. Фактичні значення були обчислені в натурі за даними перерахунку всіх дерев на кругових площадках, а Мпр - за даними перерахунку дерев I-III категорій стану. Для чистих насаджень сосни звичайної помилка обчислення загального запасу виявилася рівною $\pm 23,0\%$, а для змішаних деревостанів - $\pm 2,0\%$; продуктивність і запаси чистих і змішаних насаджень були визначені з однаковою помилкою $\pm 23,5\%$. Отриманий рівень помилок дозволив рекомендувати для практичного використання описаний спосіб оцінки санітарного стану насаджень з використанням аерофотознімків в резервних лісах. При дотриманні співвідношення:

$$[(\text{Моб} - \text{Мпр}) \times 100] / \text{Моб} < 51-10 \%$$

Такі насадження увійдуть до групи з нормальним рівнем природного відпаду, а перевищення цих значень рівня відпаду, означатиме накопичення сухостійної деревини та погіршення санітарного стану насаджень.

Автоматизоване дешифрування категорій стану соснових насаджень, пошкоджених промисловими викидами, можна проводити по чорно-білим знімкам з використанням аерофотознімків масштабу 1:10 000 з інфрахроматичної плівки І-840. Цей тип чорно-білої аерофотоплівки здатний реєструвати відбиту радіацію в інфрачервоній зоні спектра. Основою формування фотометричних ознак, служать оптична щільність і текстура зображення верхнього пологу лісу із залученням додаткових відомостей про особливості зростання і умовах розвитку насаджень. Наприклад, топографічні ознаки враховують розташування насаджень щодо джерела промислових викидів. Підвищує достовірність результатів дешифрування і використання кліматичних параметрів, наприклад, значення повторюваності вітрів від джерела промислових викидів в сторону обстежуваних лісових ділянок. Достовірність дешифрування істотно зростає після залучення з бази таксаційних даних таких показників, як висота, зімкнутість пологу і ін. Ознаки корелюють один з одним, тому роль кожного з них при визначенні категорій стану насаджень різна. Оцінку інформативності ознак проводять по їх ваговим коефіцієнтами. До найбільш інформативних ознак умовно відносять ті з них, які відрізняються високою повторюваністю при достовірності 0,8. У групі додаткових похідних ознак виділено співвідношення P / P_1 , яке об'єднує повторюваність вітру в бік лісових ділянок (P) і їх видалення (P_1) по прямій лінії від джерела промислових викидів. З таксаційних показників найінформативнішою є повнота. Інформативні властивості аерофотознімків, отриманих з чорно-білої інфрачервоної плівки І-840, можуть бути охарактеризовані величиною середньоквадратичної помилки автоматичного визначення категорій стану пошкоджених сосняков на основі комбінації інформативних фотометричних, похідних і таксаційних

ознак. Її значення при порівнянні з наземними даними одно $\pm 15 - 17\%$ (при ймовірності 0,68).

При сильному або тривалому впливі шкідливих факторів середовища відбувається загибель насаджень на великих площах. Одним з найбільш небезпечних видів хвоегризущих комах, спалахи масового розмноження якого приводили до загибелі насаджень на значних площах, є сосновий верхівковий короїд. Основним дешифровочним ознакою усихаючих або всохлі дерев на спектрзональних аерофотознімках, як і в інших випадках, описаних вище, є синій або синьо-зелений колір зображення крон на аерофотознімках (рисунк 1).

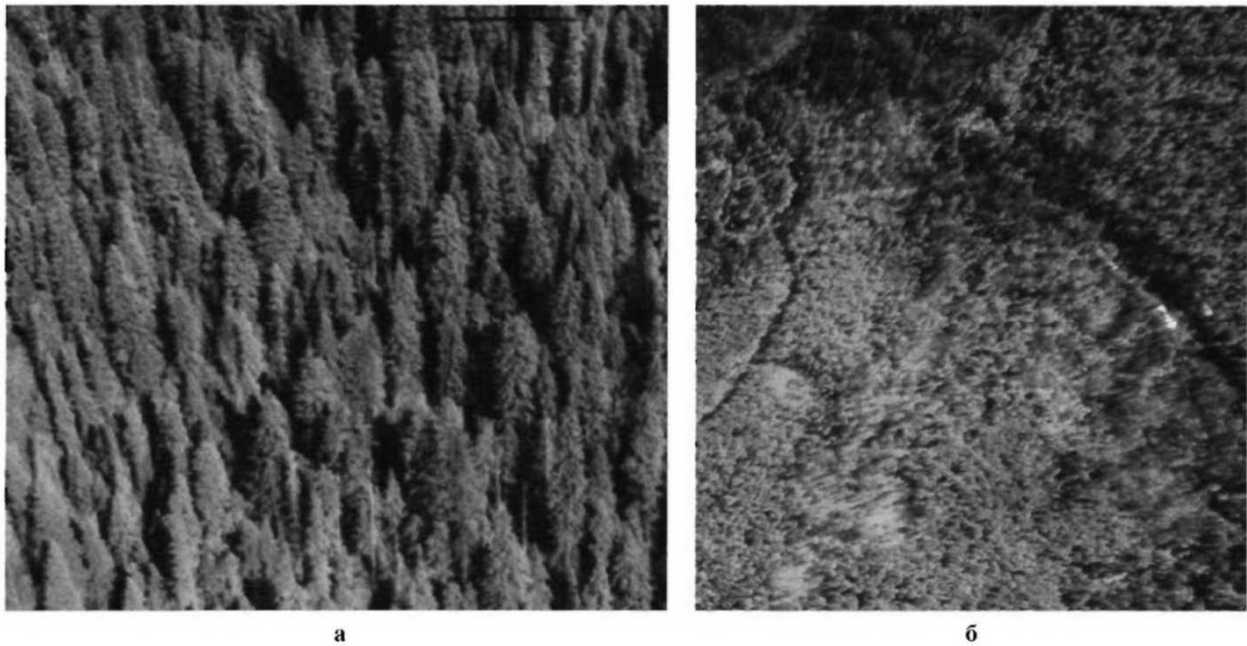


Рис. 1. Перспективний (а) і плановий (б) спектрзональні аерофотознімки з зображенням крон ялини і сосни, уражених верхівковим короїдом.

Ступінь всихання визначається підрахунком відношення усихаючих і сухостійних дерев до загальної кількості крон на кожному виділі. Результати дешифрування порівнюються з даними наземного обстеження закладених в типових виділах кругових майданчиків. Під впливом промислових газів в хвойних насадженнях відбувається

передчасне побуріння і опадання хвої, зниження приросту і подальше усихання дерев. При обстеженні лісів, постраждалих від ураганних вітрів, за космічними знімками за допомогою ознак дешифрування визначають, наприклад, вид вітровалу (суцільний, частковий) і відсоток вивалу дерев (таблиця 4).

Таблиця 4

Візуальні ознаки для дешифрування ділянок з різним ступенем ураження насаджень вітровалом за чорно-білими космічними знімками

Ступінь ураження	Вивал насаджень, %	Колір Зображення	Структура зображення	Форма ділянок вітровалу	Виразеність меж ділянок вітровалу	Місце ділянки на рельєфі
Суцільний вітровал						
Суцільний вивал дерев	70 - 100	Переважає світло-сірий (хвойні ліси), білуватий (листяні ліси)	Однорідна	Контури чітко вираженої форми, витягнуті за напрямом дії вітру	Чіткі серед стиглих та перестійних насаджень	Вододіли, пологі схили
Частковий вітровал						
Сильна	50 - 70	Проміжки між куртинами білого кольору, вцілілі насадження темно-сірого (хвойні) і сірого (листяні) кольору	Стрічкова рідше плямиста	Проміжки між куртинами мають вигляд плям різної форми або смуг, витягнутих вздовж дії вітру, що розходяться веєроподібно	Чіткі серед лісопокритої площі та молодняків	Вододіли, пологі схили
Середня	30 - 50	Темновато-сірий колір насаджень з білуватим і смугами вивалів	Смугаста	Вивал в насадженнях у вигляді смуг різної ширини та довжини, що розходяться	Чіткі серед лісопокритої площі та молодняків	Вододільні і та понижені ділянки

				ся за напрямом дії вітру		
Слабка	0,5 - 30	Переважає сірий тон насаджень з окремими полосами	Смугаста	Вивал в насадженнях у вигляді коротких смуг які розходяться	Чіткі серед лісопокритої площі та молодняків	Пониження і низинні рфвнини рік

Методичні рекомендації дистанційної оцінки лісопатологічного стану окремих дерев і насаджень містять пропозиції з розпізнавання за матеріалами зйомок різних типів лісових уражень. Оцінка лісопатологічного стану насаджень за допомогою матеріалів зйомок дозволяє визначати ступінь пошкодження або всихання насаджень з достатньою для практики точністю і з меншими, в порівнянні з наземними методами, затратами праці.

Проведення робіт в лісах різного господарського призначення. В Інструкції по проведенню лісопатологічного обстеження лісів (1993 р.) визначено умови, при дотриманні яких можна проводити лісопатологічне дешифрування матеріалів зйомок в поєднанні з елементами наземних робіт. Цей вид збору даних рекомендують для застосування в лісах, що підлягають тривалому впливу несприятливих факторів або впливу разового чинника, що спричинило за собою загибель деревостанів на великих площах (лісові пожежі, буреломи і вітровали, підтоплення лісів, посуха, масове розмноження комах-шкідників та інші аналогічні випадки). У зв'язку з цим виділено 2 групи насаджень, які розрізняються за характером впливу шкідливих факторів середовища і при оцінці яких в сучасних умовах допустимо використання матеріалів аерокосмічних зйомок. В першу групу включені насадження, пошкодження яких буває швидкоплинним, протягом одного вегетаційного сезону, і воно залежить, перш за все, від біологічних особливостей розвитку хвое- і

листогризучих комах. В цьому випадку для виявлення площ постраждалих лісів рекомендується використовувати оперативну космічну інформацію (Ресурс-О, SPOT, Landsat, ASTER, IRS і ін.). В іншу групу входять ті насадження, в яких відбувається погіршення санітарного стану при тривалому за часом дії несприятливих чинників середовища. Обстежити за допомогою аерофотозйомки можна насадження з переважанням хвойних порід старше 40 років і листяних - старше 30 років. У лісах, що належать до високих категорій захисності (перший і другий пояси зон санітарної охорони джерел водопостачання, першої і другої зон санітарної охорони курортів, особливо цінні лісові масиви, національні та природні парки, лісові ділянки, мають наукове або історичне значення, природні пам'ятки), рекомендується оцінювати з використанням аерофотознімків шляхом виявлення дерев I, II, III, IV-V і VI категорій стану. При проведенні такого обстеження можна використовувати спектрозональні аерофотознімки масштабу 1: 1000 і крупніше. У лісах інших категорій захисності, до яких відносяться ліси третьої зони округів санітарної охорони курортів, зелених зон навколо міст, інших населених пунктів і промислових підприємств, рекомендується оцінювати з використанням аерофотознімків ступінь ушкодження або послаблення насаджень шляхом визначення числа дерев III, III, IV-V і VI категорій стану. Фрагмент карти лісового масиву з об'ємним зображенням (рисунок 2) ареалів дефоліації крон дерев вибірково, в лісах третьої групи з інтенсивним веденням господарства рекомендується проводити оцінку ступеня всихання насаджень шляхом визначення по спектрозональних знімках з використанням аерофотознімків масштабу 1:10 000 співвідношення числа груп дерев I-III, IV-VI категорій стану.

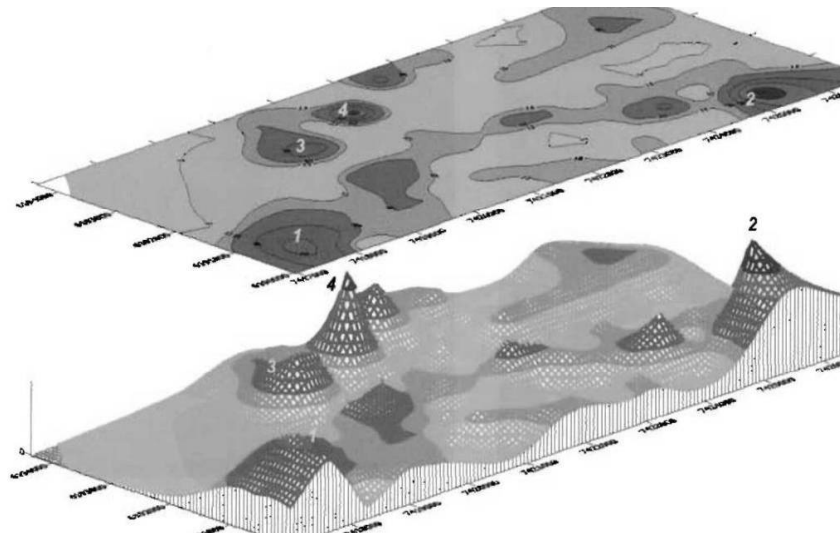


Рис. 2. Фрагмент карти лісового масиву з об'ємним зображенням ареалів дефоліації крон дерев (за матеріалами «Укрлісозахист»).

Для підвищення достовірності робіт по оцінці стану насаджень необхідно застосовувати аерофотознімки, отримані в липні-серпні, тобто в період появи в деревостані свіжого сухостою поточного року. Однак ці спостереження є необхідною складовою частиною робіт, так як багато особливостей діагностики лісових уражень недоступні для методів дистанційного зондування.

Висновки.

1. Для проведення лісопатологічного моніторингу в умовах Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства доцільно застосовувати системи супутникового зондування, що дозволяють досить чітко визначати стан лісів та оцінювати перспективи лісопатологічної ситуації.

2. Проведення достовірного лісопатологічного моніторингу не можливе без детального геоінформаційного аналізу який може дати лише супутниковий моніторинг.

3. Застосування аерофотознімків для лісопатологічного моніторингу доцільне лише у порівнянні з наземними результатами

лісопатологічної експертизи і таксації лісу. Саме таке поєднання дасть найбільш об'єктивний результат обстежень лісових площ.

Література:

1. Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль И.Г. (1988). *Микроорганизмы - возбудители болезней растений*. Киев, Наукова думка, 552.
2. Бондарцев А.С. (1953). *Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа*. Москва, Знания, 106.
3. Бугиевский Л.М., Цветков В.Я. (2000). *Геоинформационные системы*. Москва, Златоуст, 222.
4. Бусыгин Б.С., Гаркуша И.Н., Середини Е.С., Гаевенко А.Ю. *Инструментарий геоинформационных систем. Справочное пособие*. Киев, ИРГ "ВБ", 172.
5. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьев В.А. *Пороки древесины. - 2-е изд., перераб. и доп.* Москва, Лесная промышленность, 112.
6. Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н. *Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов*. Москва, Товарищество научных изданий КМК, 220 с.
7. Гойчук А.Ф., Решетник Л.Л. *Лісова фітопатологія у визначеннях, рисунках, схемах. Вид. 2-е, перероб. і доповн.* Житомир, Полісся, 186.
8. Гойчук А.Ф., Решетник Л.Л. *Довідник-визначник базидіом головних дереворуйнівних грибів*. Житомир, Полісся, 48.
9. Іванюк Д.П., Шульга І.В. *Управління природоохоронною діяльністю*. Житомир, І. Франка, 414.
10. Чумакова А.Е., Минкевич И.И., Власов Ю.И., Гаврилова Е.А. *Основные методы фитопатологических исследований*. Москва, Колос, 190.

References:

1. Bilaj V.I., Gvozdjak R.I., Skripal' I.G. (1988). Mikroorganizmy - vzbuditeli boleznej rastenij. Kiev, Naukova dumka, 552. [in Russian].
2. Bondarcev A.S. (1953). Trutovye griby Evropejskoj chasti SSSR i Kavkaza. Moskva, Znanija, 106. [in Russian].
3. Bugievskij L.M., Cvetkov V.Ja. (2000). Geoinformacionnye sistemy. Moskva, Zlatoust, 222. [in Russian].
4. Busygin B.S., Garkusha I.N., Seredinii E.S., Gaevenko A.Ju. Instrumentarij geoinformacionnyh sistem. Spravochnoe posobie. Kiev, IRG "VB", 172. [in Russian].
5. Vakin A.T., Polubojarinov O.I., Solov'ev V.A. Poroki drevesini. -2-e izd., pererab. i dop. Moskva, Lesnaja promyshlennost', 112. [in Russian].
6. Garibova L.V., Lekomceva S.N. Osnovy mikologii: Morfologija i sistematika gribov i gribopodobnyh organizmov. Moskva, Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 220. [in Russian].
7. Hoichuk A.F., Reshetnyk L.L. Lisova fitopatolohiia u vyznachenniakh, rysunkakh, skhemakh. Vyd. 2-e, pererob. i dopovn. Zhytomyr, Polissia, 186.). [in Ukrainian].
8. Hoichuk A.F., Reshetnyk L.L. Dovidnyk-vyznachnyk bazydiom holovnykh derevoruivnykh hrybiv. Zhytomyr, Polissia, 48. [in Ukrainian].
9. Ivaniuk D.P., Shulha I.V. Upravlinnia pryrodookhoronnoiu diialnistiu. Zhytomyr, I. Franka, 414. [in Ukrainian].
10. Chumakova A.E., Minkevich I.I., Vlasov Ju.I., Gavrilova E.A. Osnovnye metody fitopatologicheskikh issledovanij. Moskva, Kolos, 190. [in Russian].