

DOI 10.26886/2414-634X.2(38)2020.3

UDC 630.2:504:574 (477.41/42)

**USE OF REMOTE GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR
FOREST PATHOLOGY MONITORING
IN THE ZHYTOMYR POLISSYA**

V. Levchenko, PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor

I. Shulga, PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor

A. Romanyuk, teacher of the highest category, teacher-methodologist

L. Bezverkha, PhD of Agricultural sciences

Zhytomyr Agrotechnical College, Ukraine, Zhytomyr

waleriy07@ukr.net

Topical issues of remote assessment of the forest pathological condition of forests are substantiated, in particular, it is emphasized that today this type of decryption is the least developed link in the section of forest decoding. This is due to the unstable manifestation and diagnosis on the materials of aeronautical surveys of signs of deciphering trees and plantations of varying degrees of attenuation and drying. Forest decoding of aerospace imagery materials today is the process of recognizing aerial objects depicted on aerospace images and establishing their quantitative and qualitative characteristics. The subject of the work is the fundamental aspects of forest decoding, which in turn can be visual (eye, analytical), measuring, automatic (machine), as well as complex-analytical or automated (interactive). For all types of visual decoding of the investigated forest objects, as a rule, characterize, on the basis of decryption signs, its image on an aerial photo or space picture (on paper or computer screen) with the naked eye or by means of magnifying or stereoscopic devices. Therefore, methodological correctness and clarity in deciphering satellite images of forest arrays obtained through satellite communication channels is quite important today, using satellite and internet technologies. The purpose of the study is to study and systematize materials for deciphering geoinformation images of forests that were obtained by satellite sounding of forests in Ukraine as a whole, and in the Zhytomyr region in particular. The main methods of carrying out the works are the computational-analytical on the collection and processing of the results of space images of satellite sounding of forests located in the territory of Zhytomyr region. In addition, it should be noted that remote satellite sensing of forests enables, with the correct methodological decryption of space images, not only to monitor, but

also to make a prediction of the spread of harmful organisms in the forests of Zhytomyr region. The main methods of carrying out the works are the computational-analytical on the collection and processing of the results of space images of satellite sounding of forests located in the territory of Zhytomyr region. In addition, it should be noted that remote satellite sensing of forests enables, with the correct methodological decryption of space images, not only to monitor, but also to make a prediction of the spread of harmful organisms in the forests of Zhytomyr region. According to the results of the work, it is established that the information from the aerospace image is read and analyzed by means of visual and logical devices of the decoder. Therefore, analytical decryption, and especially with the use of certified computer software, allows not only a high-quality reading of space images of forest covered areas of Zhytomyr region, but also to make a long-term forecast for the spread and spread of pests and diseases of the forest in a certain area. The scope of the research results are forestry enterprises of the Zhytomyr Regional Forestry and Hunting Directorate, Ecological and Naturalistic Centers, State environmental inspections including in the Zhytomyr region for space monitoring of the state of forest ecosystems, as well as conducting forestry and nature activities forest of Zhytomyr Polesie. The conclusions of the research are that in Zhytomyr Polissya, when measuring decryption, all or some of the parameters and characteristics of the decrypted objects are measured in pictures using mechanical, opto-mechanical, opto-electronic and other measuring instruments, devices, devices and systems. In analytical-measuring decryption, a visual-logical analysis of the image is combined with the measurement of different parameters of the decrypted objects. Automatic decryption is based on the recognition of spectral and morphometric characteristics of decrypted objects, their quantitative and qualitative indicators. In this case, the decryption process is performed using image processing equipment. The role of the individual is to create a system, define a specific task and process the captured information with the help of appropriate programs, and to maintain the normal functioning of the system. Automated (interactive) decryption combines elements of analytic-measuring, performed by the decryptor-operator on the image on the computer screen, with automatic decryption. In this case, the collected information is analyzed and processed using technical means of image processing with the active participation of the decoder. Depending on the location, the decryption can be field, camera (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 decryption method is the simplest and most accurate, but it takes a lot of time and labor. Cameral decryption is carried out in the laboratory, while reducing the cost of engineering staff and workers, there is an acceleration of work and a significant reduction in their cost. Camera decryption is always done with the help of additional cartographic, regulatory and other stock materials. Aero-visual decryption is performed by comparing images of identified objects in aerial or space imagery with terrain when flying on planes or helicopters. The analysis of the informative content of the shooting materials shows that their practical application is possible, as a rule, on the basis of a rational combination of methods of terrestrial and remote observations.

Keywords: remote evaluation, forest pathological condition, aerial photos, aerial photos, remote satellite sounding of forests, signs of decryption, space monitoring of forests in Zhytomyr region.

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент Левченко В. Б., кандидат сільськогосподарських наук, доцент Шульга І. В., викладач вищої категорії, викладач-методист Романюк А. А., кандидат сільськогосподарських наук Безверха Л. М., Використання дистанційних геоінформаційних технологій для проведення лісопатологічного моніторингу в умовах Житомирського Полісся / Житомирський агротехнічний коледж. Україна. Житомир.

Обґрунтовано актуальні питання дистанційної оцінки лісопатологічного стану лісів, зокрема акцентовано увагу на те, що на сьогоднішній день цей вид дешифрування є найменш розробленою ланкою в розділі лісогосподарського дешифрування. Це пов'язано з нестійким проявом і діагностикою на матеріалах аерокосмічних зйомок ознак дешифрування дерев і насаджень різного ступеня ослаблення і всихання. Дешифрування матеріалів аерокосмічних знімків лісових масивів на сьогоднішній день – процес спектронального розпізнавання зображених на аерокосмічних знімках лісових об'єктів і ідентифікації їх кількісних і якісних характеристик.

Предметом роботи є фундаментальні аспекти дешифрування аерокосмічних знімків лісопокритих площ, які в свою чергу можуть бути візуальним, вимірвальними, автоматичними, а також комплексними аналітико-вимірвальним або автоматизованим (інтерактивними). При всіх видах візуального дешифрування

досліджуваних лісопокритих площ, як правило наводять їх характеристику на основі ознак електронного дешифрування, їх зображень на аерофото- або космічному знімку, неозброєним оком або за допомогою збільшувальних або стереоскопічних приладів. Тому на сьогоднішній день, використовуючи супутникові, а також інтернет-технології в лісогосподарському комплексі, досить важливим є своєчасна ідентифікація, вірність і чіткість у дешифруванні отриманих дистанційних космічних знімків лісових масивів які отримані по каналам супутикового зв'язку.

Метою роботи є детальне вивчення і систематизація матеріалів по дешифруванню геоінформаційних зображень лісопокритих площ із залученням супутникових ГІС-технологій як в Україні в цілому, так і в Житомирській області зокрема.

Основними методами проведення робіт є розрахунково-аналітичний по збору і обробці результатів ГІС-знімків лісів, що знаходяться на території Житомирської області. Крім цього, слід зазначити, що дистанційне супутникове зондування лісопокритих площ дає можливість при правильному методологічному підході щодо дешифрування космічних знімків проводити не лише моніторинг, але і складати прогноз поширення шкідників і хвороб лісопокритих територій лісів Житомирської області.

За результатами роботи було встановлено, що ГІС-інформація отриманого аерокосмічного зображення лісопокритих площ, уражених шкідниками або хворобами зчитується, дешифрується і аналізується за допомогою електронної комп'ютерної системи дешифрування ГІС-знімків. Тому аналітичне дешифрування космічних знімків лісових масивів, що потрапили під ураження шкідниками і хворобами, які були дешифровані з використанням сертифікованого комп'ютерного програмного забезпечення дають можливість не лише якісно проводити лісопатологічний моніторинг площ, що уражені певним шкідником або хворобою, але і робити довгострокові прогнози по розповсюдженню шкідників і хвороб лісу на всій лісопокритій площі.

Сферою застосування результатів досліджень є спеціалізовані лісогосподарські підприємства Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства, екологічні організації та установи, в тому числі і в Житомирській області, які могли б використовувати отримані дані для проведення космічного

моніторингу за лісопатологічним станом лісових масивів, а також проведення лісогосподарської і природоохоронної діяльності в умовах різних типів лісу Житомирського Полісся.

Висновки досліджень полягають в тому, що в Житомирському Поліссі при ефективному використанні геоінформаційних систем з метою моніторингу та прогнозування фітопатологічної обстановки лісових масивів доцільно складати фітопатологічні картограми розповсюдження збудників хвороб або шкідників. Таким чином можна забезпечити ефективний контроль та прогноз розповсюдження шкідників та хвороб лісу в зоні Полісся Житомирської області.

Ключові слова: дистанційна оцінка, лісопатологічний стан, аерофотознімки, дистанційне супутникове зондування лісів, ознаки дешифрування, космічний моніторинг лісів Житомирщини.

Вступ. Загострення екологічної ситуації вимагає від кожної держави, в тому числі і від України, у дусі співпраці з іншими країнами й відповідно до норм міжнародного права вжити заходів, щоб діяльність, яка ведеться на її території не була причиною погіршення навколишнього природного середовища інших держав чи регіонів, які знаходяться поза межами національної юрисдикції. Розвитком цього принципу діяльності держави стало прийняття Загальноєвропейською нарадою з навколишнього середовища, що відбулась у Женеві в 1979 році «Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великій відстані». В рамках участі в цій програмі у 1990 році лісове господарство України взяло на себе зобов'язання створити мережу постійних пунктів спостережень за станом лісів. Функції національного центру України по цій програмі були покладені на Український науково-дослідний інститут лісового господарства і агролісомеліорації імені В. Г. Висоцького (УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького, м. Харків. У 1991 році, Державним комітетом лісового господарства України при Українському спеціалізованому лісозахисному підприємстві «Вінницялісозахист», був створений центр лісопатологічного моніторингу. Основна функція цього центру полягає у координації ведення моніторингу стану лісів за програмою ЄЕК ООН. Пізніше, Українське спеціалізоване лісозахисне підприємство було реорганізовано в «Укрлісозахист» - Український центр захисту лісу. У більшості європейських країн за цією програмою були організовані і розгорнуті національні системи моніторингу лісів, на пунктах обліків яких регулярно збирали відповідну інформацію. В

Україні дистанційний моніторинг стану лісів, в тому числі і з використанням супутникового моніторингу, отримав досить обмежене поширення. Його ведення здійснювалось лише на території Харківської, Київської, Житомирської та Рівненської областей. На Конференції з навколишнього середовища в Ріо-де-Жанейро, що пройшла в червні 1992 року була підкреслена глобальна роль лісів для виживання і стійкого розвитку людства. Україна, підписавши основні документи цієї Конференції і взяла на себе зобов'язання на національному рівні керуватися принципами сталого розвитку лісів і збереження біологічного різноманіття. Відповідно до цих зобов'язань було підготовлено і прийнято постанову Кабінету міністрів України від 26 листопада 1993 «Про створення Єдиної державної системи екологічного моніторингу». У цьому документі була визнана необхідність розробки та впровадження системи моніторингу лісів, яка повинна стати складовою частиною загального екологічного моніторингу. Реалізація єдиної науково-технічної політики в галузі дистанційного моніторингу лісів України практично почала здійснюватися з прийняттям постанови колегії Державного комітету лісового господарства України від 21 жовтня 1993 в редакції: «Основні положення по організації дистанційного моніторингу лісів України». Згідно з постановою колегії Державного комітету лісового господарства України, впровадження лісового моніторингу було покладено на територіальні органи управління лісовим господарством, Головні управління лісового та мисливського господарства в областях, а також філії Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації імені В. Г. Висоцького. При цьому, на УкрНДІЛГА було покладено створення методичного та програмного забезпечення супутникового лісового моніторингу, координація робіт по організації лісового моніторингу і його ведення на загальнодержавному рівні. Відповідно до Лісового кодексу України, було намічено розвиток дистанційного моніторингу лісів з метою організації системи спостережень, оцінки, прогнозу стану і динаміки лісового фонду для здійснення державного управління в галузі використання, охорони, захисту та відтворення лісів, а також посилення їх екологічних функцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Проведення дистанційного лісопатологічного моніторингу на сьогоднішній день є одним з головних функціональних завдань органів управління лісовим господарством України [2, с.16-43].

Об'єктом дистанційного лісопатологічного моніторингу є весь державний лісовий фонд України [1, с.23-45]. Основна мета проведення дистанційного лісопатологічного моніторингу – інформаційне забезпечення органів управління лісового та мисливського господарства оперативною і достовірною інформацією про стан і зміни, що відбуваються в Державному лісовому фонді, які необхідні для підтримання сталого розвитку лісогосподарського сектора економіки, як суттєвої складової розвитку українського суспільства в цілому [6, с.34-78]. Відповідно до «Концепції лісовпорядкування» і «Основних положень лісопатологічного дистанційного моніторингу в Україні», дистанційний лісовий моніторинг розглядається як сучасна інформаційна технологія реєстрації поточних змін стану державного лісового фонду, що викликані природними і техногенними впливами на ліси. Він використовує новітні методи збору та аналізу інформації і реалізовується в рамках спеціалізованих структур, підвідомчих органів управління лісовим господарством [4, с.45-82]. Дистанційний лісопатологічний моніторинг забезпечує реєстрацію і оцінку поточних змін патологічного стану лісів Житомирського Полісся [3, с.35-77, 5, с.21-43]. В основі цієї оцінки лежать: дані державного обліку лісового фонду, Державного лісового кадастру та базового лісовпорядкування; дані реєстрації лісогосподарської діяльності; відомості, отримані при веденні загального спостереження за станом лісів і при проведенні їх спеціалізованих обстежень, а також спостережень за розвитком шкідників і хвороб [8, с.24-44]. З урахуванням цієї інформації та обґрунтованих на ній прогнозів, державними органами управління лісовим та мисливським господарством приймаються ефективні управлінські рішення по проведенню лісогосподарських або лісозахисних заходів [10, с.16-43]. Єдність системи дистанційного інформаційного забезпечення лісового господарства базується на тому, що дистанційний лісопатологічний моніторинг спирається на подібні з іншими інформаційними системами лісогосподарської галузі методами і способами збору, обробки і передачі дистанційної інформації про лісопатологічний стан лісів Житомирського Полісся [9, с.34-53]. Система показників і структура інформаційних потоків дистанційного лісового моніторингу будується з урахуванням вимог Єдиної державної системи екологічного моніторингу, підсистемою якої він є [7, с.57-69]. Дистанційний лісовий моніторинг відображає весь

комплекс факторів, що впливають на поточний стан лісів [2, с.45-56, 6, с.27-34]. В даному випадку мається на увазі не лише санітарний та лісопатологічний стани, а і їх ресурсна, економічна та екологічна оцінка [4, с.16-23]. Фактори, що впливають на фітосанітарний стан лісів, як правило, взаємопов'язані між собою [5, с.34-42]. Тому поділ дистанційного лісопатологічного моніторингу на окремі напрямки носить досить умовний характер [4, с.23-67, 8, с.43-77]. Однак необхідність такого поділу обумовлена відмінностями в деталях, методах і засобах спостереження за станом лісів і факторами, що впливають на цей стан [8, с.45-62]. На сьогоднішній день за сукупністю цих ознак виділяють наступні види дистанційного лісового моніторингу: лісо-пожежний, ресурсний, лісопатологічний, моніторинг лісогосподарської діяльності підприємств та ін. [3, с.18-32, 6, с.53-67].

Дистанційний лісо-пожежний моніторинг, як окремий напрямок, виділяють в зв'язку із значним впливом пожеж на стан державного лісового фонду [7, с.36-67]. Завдання і методи цього моніторингу досить специфічні. Він відрізняється від інших перш за все високим рівнем організованості і відпрацьованості системи [5, с.43-85]. Лісо-пожежний дистанційний моніторинг є частиною системи інформаційного забезпечення служби охорони лісів від пожеж, та забезпечує спостереження за виникненням пожеж, реєстрацію їх наслідків, аналіз даних і прогнозування пожежної небезпеки. Цей вид моніторингу ведеться службою охорони лісів від пожеж на території, де доцільно інтенсивне проведення боротьби з лісовими пожежами [7, с.25-43]. Практично це територія, що знаходиться в сфері дії авіаційної та наземної служби охорони лісів від пожеж [3, с.76-84]. Організація інформаційного забезпечення цієї служби покладена на Державну авіаційну охорону лісів [3, с.35-46]. Ресурсний дистанційний моніторинг проводиться органами управління лісовими і мисливським господарством по щорічних статистичних і галузевих облікових формах. Один раз в 5 років ці дані узагальнюються на загальнодержавному рівні [3, с.34-52, 8, с.78-116].

Дистанційний моніторинг лісогосподарської діяльності проводять в лісах України з інтенсивним режимом користування (господарським, рекреаційним), в лісових масивах, що мають високе природоохоронне і ресурсне значення, на особливо-охоронних природних територіях [4, с.104-118]. Цей вид дистанційного моніторингу передбачає широкий вибір методів і засобів спостереження і аналізу даних про зміни стану

лісів під впливом різноманітних факторів навколишнього природного середовища, але при цьому в будь-якому випадку забезпечується отримання певного мінімального набору показників з встановленою точністю; він також забезпечує отримання інформації про лісогосподарську діяльність, про ведення системи спеціальних дистанційних спостережень, що ведуться із застосуванням дистанційних методів, в тому числі великомасштабної аерофотозйомки, відеозйомки з малих висот, з використанням дронів і комплексу методів наземного спостереження, в які входять суцільні і вибіркові обстеження [7, с.56-124]. Даний вид дистанційного моніторингу здійснюється в основному на локальному та регіональному рівнях, шляхом збору інформації для регулярної державної звітності та окремих запитів [7, с.31-46]. Дистанційний лісопатологічний моніторинг (ЛПМ) є найбільш складною і розвинутою частиною системи лісового моніторингу України [5, с.121-145, 6, с.123-134]. Як зазначено у вищесказаному положенні «Про лісопатологічний моніторинг», метою дистанційного лісопатологічного моніторингу є отримання і аналіз дистанційної інформації про патологічні зміни в лісових насадженнях для обґрунтування і прийняття рішень про необхідність проведення лісозахисних або інших лісогосподарських заходів, забезпечення раціональної господарської політики в галузі ведення лісового та мисливського господарства [9, с.116-128]. З огляду на загальну сучасну зміну лісових біоценозів, широкого поширення лісопатологічних чинників, під дистанційним лісовим моніторингом, особливо в екологічних програмах, часто мають на увазі лісопатологічний моніторинг (ЛПМ), а тому в залежності від завдань, ЛПМ може розглядатися або як аналог загального дистанційного лісового моніторингу, або як його складова частина [5, с.45-79]. Звідси випливає, що при реалізації ЛПМ, необхідно забезпечити можливість трансформації інформаційної мережі під різні завдання [4, с.76-81]. Як і дистанційний лісовий моніторинг в цілому, ЛПМ може мати кілька рівнів: глобальний, регіональний, обласний, локальний. Прикладом глобального дистанційного моніторингу може служити спостереження за впливом на ліси трансграничних переносів атмосферних забруднювачів за методикою ЄЕК ООН, в тому числі і парникових газів [5, с.128-142]. В Україні в даний час він здійснюється на території Харківської області по мережі 4x4 км [3, с.131-142]. Для глобального дистанційного ЛПМ можуть з успіхом використовуватись і методи

дистанційного зондування за допомогою різних видів зйомок, в тому числі і з використанням безпілотних літальних апаратів, космічних супутників [3, с.45-64, 8, с.86-94, 10, с.78-82].

Формулювання мети статті та завдань досліджень. Метою наших досліджень було проведення аналізу дистанційного фітопатологічного моніторингу лісових масивів Житомирської області, а також вивчення стану ураження цих насаджень окремими шкідниками і хворобами, проведення детального дешифрування як отриманих ортофотопланів так і космічних знімків. Для досягнення поставленої мети в процесі досліджень проводилось дистанційне вивчення елементів класифікації уражень лісу основними шкідниками і збудниками хвороб з метою полегшення лісопатологічного моніторингу та дешифрування матеріалів дистанційних зйомок. Окрім цього, нами вивчались можливі способи проведення дистанційного моніторингу уражених різними шкідливими об'єктами лісових екосистем Житомирського Полісся. Завданням наших досліджень був аналіз матеріалів дистанційного моніторингу лісів Житомирського Полісся на наявність в них різноманітних факторів ураження насаджень, а також об'єктивно визначити, наскільки отримані матеріали дистанційного фітопатологічного моніторингу дають реальні дані про поточний лісопатологічний стан лісів Житомирського Полісся.

Виклад основного матеріалу статті. На сьогоднішній день, лише одними дистанційними методами не можливо безпосередньо виявити наявність певного виду шкідників і хвороб в лісах Житомирського Полісся. Однак їх присутність з великою часткою ймовірності визначається як середнє значення через ураження ними лісів Житомирського Полісся. При наземному лісопатологічному моніторингу використовується шкала, відповідно до якої на основі зовнішніх ознак розрізняють 6 категорій санітарного стану лісового насадження. В склад цих ознак входить: характеристика густоти крон дерев і стан приросту, ступінь пошкодження хвої або листя (обгризи, бактеріальні чи грибкові опіки), всихання хвої або листя, гілок уражених дерев, наявність суховершності або сухокронності, зміна кольору хвої або листя. При проведенні дистанційного лісопатологічного дешифрування матеріалів зйомок, для зручності свого використання ця шкала представлена у вигляді класифікації, в якій повністю враховано ступінь вираження лісових уражень на матеріалах дистанційних зйомок різної чутливої здатності. Загальновідомо, що однакові типи лісопатологічних

уражень можуть виникати під впливом різних факторів навколишнього середовища (біотичних, абіотичних, антропогенних), і навпаки – вплив на ліс одного і того ж фактора навколишнього середовища може сприяти появі різних типів лісових уражень. Зазвичай розрізняють 2 види ознак лісових уражень, що досить чітко ідентифікуються дистанційно: морфологічні та фізіологічні. Морфологічні ознаки пов'язані зі змінами в будові форми крони і стовбурів дерев, що ростуть. Прояв фізіологічних ознак зовні помітно по зміні забарвлення пагонів та стовбурів дерев. Зміна нормального ходу кривих спектральної яскравості хвої або листя дерев при відсутності ознак їх дехроматизації може бути ознакою ранньої стадії лісових уражень. В результаті наших досліджень нами наведемо перелік найбільш поширених та ймовірних патологічних факторів, що викликає кожен вид ураження, що в свою чергу досить ефективно фіксується і розпізнається дистанційно. Тому з врахуванням як морфологічних особливостей уражених лісових насаджень, так і загального стану дистанційно зондованих, уражених різними шкідниками і хворобами лісових насаджень, ми пропонуємо для зручності проведення дешифрування дистанційних знімків, отриманих шляхом ГІС-лісопатологічного моніторингу поділити всі наявні типи пошкоджень на окремі групи.

Так, пошкодження типу А об'єднують хвойні та листяні деревні породи свіжого і старого сухостою. Залежно від ступеня морфологічних змін крон виділено 2 групи необоротно пошкоджених лісових насаджень: сухостій без сучків і гілок і сухостій з сучками і гілками. Сухостій при проведенні дешифрування дистанційних знімків зустрічається у вигляді окремих дерев (куртин), що утворюють загиблі насадження. На дистанційних знімках великого масштабу, лісові насадження старого сухостою мають вигляд штрихів, тіні від них як правило це різкі чорні лінії. Тіні від сухостійних з прорідженою кроною лісових насаджень не щільні, як від крон здорових дерев, і мають не явно окреслені контури. Куртини і загиблі лісові насадження у вигляді сухостою явно виділяються по світлим тонам крон, наявності різних за величиною і неправильними за формою провалів в проекції загального лісового пологую насаджень, а також прозорості в стереоскоп земної поверхні. Іноді на таких дистанційних знімках помітного хмизу, особливо на аерофотознімках великого масштабу. Для загиблих на великих площах лісових насаджень, характерна різка зміна кольору

зображення. Ці ділянки розпізнаються на аерокосмічних знімках дрібного масштабу.

Дешифрування дистанційних знімків пошкоджень типу В пов'язані з частковими змінами в будові крон і стовбурів дерев хвойних і широколистяних порід. Залежно від того, яка частина крони дерева порушена ураженням, ми пропонуємо виділяти 2 групи характеру ураження: перша – сухо-вершинні і сухо-кронні дерева, друга-дерева з пошкодженням частини стовбура і окремих гілок в кронах, а також з відсутністю хвої поточного року або минулих років. Поява уражень подібного типу, зазвичай на матеріалах фітопатологічного дистанційного моніторингу супроводжується появою колірних відтінків і оптичною деформацією форм крон дерев, що перебувають у стані моніторингу. Характер і кількість уражених дерев в лісовому масиві визначають детальністю рекомендованих до використання матеріалів дистанційних зйомок. Суховершність крони є типовою ознакою сильно ослаблених або всихаючих лісових насаджень. У хвойних порід цей вид уражень викликають перш за все: коренева губка, рак-сірянка, ступінчастий рак, гриби-патогени, пилитьщики, деякі види шовкопрядів, стовбурові шкідники, а також низові пожежі, полютанти. Відмирання крон листяних лісоутворюючих порід відбувається в результаті ураження дерев голландською хворобою, чорним раком, гниллю стовбурів, а також при пошкодженні шовкопрядом, златогузкою, стовбуровими шкідниками. В іншій групі виділено 2 різновиди уражень лісових насаджень, що пов'язані із значним пошкодженням крони, як правило це сильно ослаблені і всихаючі дерева, і незначним пошкодженням крони, - це ослаблені дерева. При значному пошкодженні крони хвойних лісо утворюючих порід, при проведенні дистанційного геоінформаційного моніторингу уражених ділянок лісу додатково виділяють сильно ослаблені або всихаючі дерева. У числі основних причин, що викликають такий характер ураження, згідно наших даних за результатами дешифрування дистанційних знімків, сильне об'їдання хвої комахами-шкідниками, а саме: пильщик, совка, п'ядун, молоді жуки; фізіологічні ознаки ураження насаджень, загибель лісових насаджень від грибкових і ракових захворювань, механічних пошкоджень крон, в тому числі стихійними лихами-буреломами, віторовалами, сніголамом, ожеледдю. У листяних порід значні ураження крон викликають перш за все механічні пошкодження, а саме: сніголам, ожеледь, бурелом, і супутні їм гнилі стовбурів і гілок.

При незначному ураженні хвойних лісових насаджень (відсутність хвої поточного року), і листяних лісо утворюючих порід, їх відносять до ослаблених дерев. Основними причинами таких уражень можуть бути хвое- або листогризучі комахи або також ґрунтова посуха. Більш різноманітні причини, що викликають у хвойних порід відсутність хвої минулих років можливо встановити лише при проведенні наземного лісопатологічного моніторингу. Виявлення такого виду уражень лісових насаджень дозволяє віднести хвойні лісоутворюючі породи за матеріалами дистанційного зондування до групи сильно ослаблених. До числа найімовірніших причин, що сприяють опаді або відсутності хвої минулих років у шпилькових насаджень за матеріалами дистанційного зондування лісів Житомирського Полісся відносять грибні хвороби, об'їдання крон шовкопрядом і пильщиком, вплив на лісові масиви промислових викидів, а також нестача кормової бази для мисливської дичини і вплив посухи.

З метою правильного проведення дешифрування ураження лісових насаджень типу С, що об'єднує дерева і насадження за зовні помітними відмінностями в кольорі пошкодженої і здорової хвої необхідно мати знання спектральної відбивної здатності окремих деревних порід з різними властивостями ураження. Сучасна методика проведення дистанційного лісопатологічного моніторингу передбачає збір рослинних зразків (хвоя різних років, охоєння пагонів або гілок, листя і облистяні пагони), для подальшого їх оперативного спектрометрування в польових або лабораторних умовах. Ці ж зразки ми використовували для проведення пігментного аналізу. Тому, базуючись на результатах наших досліджень, ми даємо практичні рекомендації з організації відбору зразків, що включають за часом і місцях відбору зразків в кронах, а також визначення необхідного числа, стану і розміщення облікових дерев в залежності від їхнього віку, місця знаходження, місцевості і т.п. Із збільшенням віку хвої, а також під впливом негативних факторів навколишнього середовища в клітинних тканинах асиміляційних пагонів першого року приросту відбуваються біохімічні реакції, симптомами яких служать порушення клітинної структури мезофілу, що в свою чергу супроводжуються змінами відбивної здатності і ходу спектральних кривих яскравості (СКЯ) хвої або листя, пагонів, гілок, крон або пологів лісового насадження. На дистанційному спектральному відображенні в межах 400-700 нм, домінуючий вплив надають листові пігменти (зелений-хлорофіл і жовті-

каротини і ксантофіли). Мінімум поглинання світлової фотосинтетично-активної радіації для всіх пігментів лежить в зоні зелених променів (520-600 нм). Тому ця частина спектра часто позначається як «зелений пік» і використовується при проведенні дешифрування дистанційних знімків лісових екосистем. Поглинання пігментами світлової енергії відбувається, в основному, за рахунок радіації, що надходить у видимій частині спектру. Найбільш явно поглинання хлорофілу проявляється в червоній зоні спектру (600-700 нм), тому тут крива відбивної здатності сонячних променів здорових рослин набуває сильно увігнутої форми. Тому цю частину видимого спектра, що використовується при проведенні дистанційного зондування лісових масивів при лісопатологічному дистанційному моніторингу іноді називають «хлорофіловою ямою». Це явище пов'язане з тим, що до складу молекули хлорофілу входить магній, лінія поглинання якого розташована в червоній ділянці видимого сонячного спектра. При старінні хлорофілу або стресовому його стані деревних рослин, відбувається руйнування хлорофілу, рослини набувають жовтого забарвлення відповідно до спектра поглинання каротиноїдів і ксантофілів. Сильне відбивання світла відбувається в ближній інфрачервоній зоні спектра (приблизно в проміжку 750-800 нм). У цьому випадку вигляд кривої часто набуває плавного ламінарного характеру. Ми назвали цей стереоскопічний ефект – «Інфрачервоне плато». Ми дослідили, що відображення випромінювання в цій зоні спектра пов'язано із структурою і станом клітин хвої або листя лісоутворюючих порід, тобто падаюча світлова радіація незначно поглинається пігментами і водою, а інтенсивність його відображення залежить від довжини оптичного шляху і багатократності заломлення. Наприклад, губчаста паренхіма листяних деревних лісоутворюючих порід з наявністю великих повітряних міжклітинних порожнин і оболонки клітин забезпечує меншу довжину оптичного шляху відбиття фотосинтетично-активної радіації, ніж складчаста паренхіма шпильок хвойних порід. Іншими словами, інтенсивність відбивання фотосинтетично-активної світлової радіації листяними породами на багато вища, ніж хвойними. Аналогічно змінюється інтенсивність відбитого випромінювання у здорових дерев і дерев різного ступеня ослаблення і всихання. Перехід від хлорофілової «ями» до інфрачервоного плато (приблизно на ділянці кривої видимого спектру в 680-720 нм), характеризується різким підйомом кривої спектрального

відображення; цю частину спектра ми пропонуємо назвати «Червоний край». Для ураження лісових насаджень типу С, характерні фізіологічні ознаки, що пов'язані з зовні помітними відмінностями при дешифруванні дистанційних лісопатологічних знімків в кольорі пошкодженої і здорової хвої, або листя дерев. Залежно від кольору пошкоджених вегетуючих органів, при проведенні оптичного дешифрування лісопатологічних дистанційних знімків виділяють дерева і насадження з жовтою, блідо-зеленою, червоно-бурою або бурою хвоєю або листям. Пожовтіння листя або хвої поточного року може бути відміченим на незначній частині крони (до 1/3) у ослаблених дерев, або значну частину крони (більш 2/3) у сильно ослаблених і всихаючих дерев. Цей тип ураження у листяних порід пов'язаний з впливом грибкових захворювань, посухи, голландської хвороби, низових і підземних пожеж, промислових викидів, наприклад, двоокису сірки, або з недостатнім мінеральним живленням. Причинами появи у ослаблених шпилькових дерев жовтої або блідо-зеленої хвої можуть бути судинні захворювання, гнилі стовбурів, посуха, а також вплив комах: п'ядунів, совок, пильщиків, вусачів. Більш інтенсивний вплив перерахованих негативних факторів навколишнього середовища, а також стовбурових шкідників або кореневої губки призводить до переходу хвойних порід в категорію сильно ослаблених або всихаючих. Червоно-буре або буре листя з'являється у листяних деревних порід під впливом попелиці, голландської хвороби, посухи, пошкодження дикими тваринами. Червоно-бурий або бурий колір може бути у хвої поточного року або у хвої минулих років (хвоя поточного року при цьому залишається зеленою). За результатами дистанційного лісопатологічного моніторингу було встановлено, що найбільш чисельною є перша група лісових уражень. При відсутності хвої минулих років і побурінні хвої поточного року, дерева можна впевнено відносити до категорії всихаючих і свіжого сухостою, причинами чого часто є коренева губка, опеньок осінній, промислові викиди. Аналогічно до всихаючих лісових насаджень і свіжого сухостою слід відносити хвойні дерева, у яких бурий колір хвої минулих років, а також поточного року може бути пов'язаний з градобоєм, наслідками суворих зим, низових або підземних пожеж, тривалого затоплення, впливом промислових викидів, живленням молодих жуків-вусанів, розвитком кореневої губки. При наявності червоно-бурого або бурого забарвлення хвої поточного року і нормальної хвої минулих років

можна припускати вплив морозів або листокрутки, а такі дерева слід віднести до категорії ослаблених. При розташуванні червоно-бурої або бурої хвої поточного року на вершині дерев, їх відносять до категорії ослаблених, а основними причинами, що викликають цей вид ушкоджень, ми вважаємо вплив пагонов'юна або раку-сірянки. Поява червоно-бурого або бурого кольору у хвої минулих років і збереження зеленої хвої поточного року може бути пов'язане з впливом пильщиків, шовкопряда-монашки, стовбурових і кореневих гнилей, а також з періодичним сезонним скиданням старої хвої. Для реєстрації змін кольору хвої або листя в лісовому масиві використовували зйомку на кольорову і спектрозональну фотоплівку або багатоспектральну сканерну зйомку, що була проведена на замовлення «Вінницялісозахист» з літаків та космічного супутника землі.

При проведенні лісопатологічного дистанційного моніторингу пошкодження типу D, ми рекомендуємо провести об'єднання хвойних та листяних деревних порід, патологічні зміни яких ще не мають зовні помітних відмінностей, тому сучасний етап вивчення ураження цього типу пов'язаний переважно з оцінкою на основі різноманітних показників морфології кривих спектральних коефіцієнтів яскравості, отриманих нами також при дистанційному лісопатологічному зондуванні. Співвідношення різних спектральних характеристик, що характеризують особливості відбивної здатності хвої або листя різних деревних порід і вмісту в них хлорофілу, можуть бути індикатором ранніх стадій погіршення лісопатологічного стану дерев. В цьому випадку використовуються характерні ділянки видимого спектру, в яких зелена рослинність має різну відбивну здатність. Одна з ділянок, де застосовували поняття «зелений пік», була розташована в зоні найбільшого відображення у видимій зоні спектра, інший спектр, «хлорофілова яма» – в зоні найбільшого поглинання світла хлорофілом, «червоний край» – на ділянці переходу від видимої до інфрачервоної зони спектру. Крім того, використовуються похідні ознаки, які враховують особливості морфології в різних ділянках видимого спектру. Крім цього, ми визначили при проведенні дистанційного лісопатологічного моніторингу насаджень так званий ефект «блакитного зсуву». Встановлено, що симптоматичного зсуву схилу червоного краю видимого спектра в сторону короткохвильової частини видимого спектра при проведенні дешифрування лісопатологічних знімків, отриманих при використанні ГІС-технологій

відбувається через негативний вплив на деревну рослинність факторів навколишнього середовища. В подальшому це фіксується на матеріалах дистанційного зондування при фітопатологічному моніторингу лісів Житомирського Полісся. Технічне рішення при виявленні пошкоджень типу D пов'язано з появою спектрометрів, що володіють високою спектральною чутливістю. Прикладом такого може бути вітчизняний акустооптичний спектрометр «Кварц-4». 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. При фітопатологічному 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 лише шляхом створення і застосування відеоспектрометрів. Крім дистанційного зондування лісових екосистем Житомирського Полісся, використовується спектрозональні сканери. Але при всіх перевагах дистанційних методів зондування і вивчення лісопатологічного стану лісових масивів Житомирського Полісся, досить доцільним на сьогоднішній день є авіадесантні експедиційні лісопатологічні обстеження. Основна мета авіадесантних експедиційних лісопатологічних обстежень, це моніторинг за розвитком і поширенням найбільш небезпечних хвое - і листогризучих стовбурових шкідників в лісах зони Житомирського Полісся. Цей моніторинг включає: підготовчі роботи; лісопатологічну авіарозвідку і авіалісопатологічну таксацію насаджень; десантно-наземні вибіркові обстеження лісостану з необхідними елементами детальних лісопатологічних робіт; стаціонарний облік, аналіз і дослідження в осередках масового розмноження шкідників; полекамеральні роботи зі складанням проекту невідкладних заходів. У процесі підготовчих робіт уточнюються межі обстежень і конкретизуються завдання, вивчаються матеріали лісовпорядкування, природні умови району проведення моніторингових робіт, дані минулих лісопатологічних обстежень і авіарозвідки, виконаних місцевими органами лісового господарства і авіа базою з охорони лісів. Крім цього, проводяться колективні тренування співробітників польової лісопатологічної партії для відпрацювання техніки обстеження і уточнення загальних принципів призначення і проектування

лісозахисних заходів. При авіалісопатологічній розвідці вивчають загальний стан лісових насаджень, виявляють пошкоджені і всихаючі деревостани, а також ділянки лісу зі зміненим забарвленням лісового пологую, підбирають ділянки для наземного обстеження при посадках, встановлюють оптимальні відстані між маршрутами для проведення авіалісопатологічної таксації та намічають маршрути майбутніх польотів. Загальна протяжність польотів при проведенні цього методу лісопатологічного дистанційного зондування становить до 10 км на 3000 га, площі, що обстежується, висота польоту повинна становити 400-500 м. Авіалісопатологічну таксації проводять в період, коли найбільш помітно об'їдання хвої або листя комахами (рис. 1, 2).

Розвідувальний політ проводять, як правило, в кінці травня, перед початком наземного лісопатологічного обстеження. У діючих осередках шкідників лісу авіалісопатологічну розвідку бажано проводити і восени, щоб уточнити зміни ступеня і кордонів ураження за поточний вегетаційний період.



**Рис. 1. Вогнище соснового вусача, виявлене при авіатаксації
(за матеріалами «Вінницялісозахист»)**



**Рис. 2. Сильне об'їдання сосновим пильщиком, виявлене при
авіатаксації (за матеріалами «Вінницялісозахист»)**

Для удосконалення методики проведення авіалісопатологічної таксації ми пропонуємо на робочу топографічну карту наносити ділянки лісу, де виявлено об'їдання хвої комахами, наявність всихання, зміна забарвлення пологів лісу або зрідженість крон, а також інші негативні зміни в стані лісового фонду в зоні Житомирського Полісся. На кожній ділянці доцільно вказувати ступінь, причину і характер пошкоджень, які в процесі наземних робіт будуть уточнюватись. Ми рекомендуємо проводити авіалісопатологічну таксацію з висоти 400 - 500 м за маршрутами, наміченими при авіарозвідці і камеральних роботах. Відстань між маршрутами може бути від 4 до 10 км, в залежності від рельєфу місцевості, місцезнаходження хвойних деревостанів і лісопатологічної ситуації. Загальна протяжність польотів ми рекомендуємо проводити в межах 100-250 км на 5000 га площі, що обстежується. Ураження пологів лісових деревостанів хвоє- і листогризухами шкідниками ми пропонуємо оцінювати за розробленою нами шкалою. Ця шкала враховує ступінь втрати хвої або листя лісовими насадженнями (%), зокрема:

- слабке до - 25;
- середнє - до 50;
- сильне - до 75;
- суцільне понад - 75.

Ступінь всихання насаджень було оцінено нами за часткою всихаючих і сухостійних дерев, з точністю до 20%. Осередки розселення комах ми виявляли при авіалісопатологічній таксації. При цьому ми вважаємо, що відхиленнями вважається:

- об'їдання пологів комахами 20%;
- наявність всихаючих і свіжих сухостійних дерев 10%;
- наявність сухостою минулих років 20%;
- вітровальнікі і свіжі горільники 10 га.

За матеріалами авіалісопатологічної таксації ми рекомендуємо проводити складання робочої схематичної картограми в масштабі вихідного документа (топографічної карти або плану лісонасаджень) і оперативного плану вибіркового наземного обстеження, в яких би вказувалась потреба в літаках або дронах, льотному часі, протяжність і напрямок маршрутних ходів, тривалість роботи по проведенню лісопатологічного моніторингу. Пункти висадок і маршрути наземного лісопатологічного обстеження доцільно планувати з розрахунком можливо більшого охоплення пошкоджених лісових насаджень,

виявлених з повітря, а також найбільш цінних лісових масивів. Десантно-наземні вибіркові обстеження ми рекомендуємо проводити лісопатологічним групам по заздалегідь прокладеним маршрутним ходам. Обсяг десантно-маршрутних обстежень у розрізі наземних робіт планується з середнього розрахунку на 1000 га лісопокритої площі - не менше 25 висадок, на 5 км. маршрутного ходу – не менше 200 модельних дерев, для визначення видового складу хвоегризучих шкідників, а також не менше 30 пробних площ для визначення лісопатологічного стану насаджень. В процесі наземного лісопатологічного обстеження дається детальна характеристика санітарного та лісопатологічного стану насаджень. Роботу ми рекомендуємо проводити групами не менше 3-х чоловік під керівництвом інженера-лісопатолога лісогосподарського підприємства. Отримавши завдання, група готує викопіювання з плану лісонасаджень певного лісогосподарського підприємства яке підлягає лісопатологічному моніторингу, збирає всю відому інформацію про санітарний та лісопатологічний стан деревостанів і лісогосподарську діяльність на цій ділянці за останні 5 років, готує бланки документів із заповненням відповідних граф матеріалами з таксаційних описів і журналу авіалісопатологічної таксації. Десантні групи лісопатологів висаджують на пункти висадки наземним транспортом. Лісопатологічну таксацію і детальні роботи ми пропонуємо виконувати в пунктах обліків через 0,5-2 км, через кожен кілометр маршруту, в залежності від складу деревної рослинності і лісопатологічної обстановки. Згідно запропонованої нами методики, таксується частина насаджень, що пройдена від попереднього пункту обліку. В соснових і ялинових насадженнях таксується вся площа, яка перетинається маршрутом виділу. В журналі лісопатологічної таксації ведеться абрис з нанесенням таксаційних і лісопатологічних виділів, пунктів обліку та пробних площ. Незважаючи на те, що осередки масового розмноження фітофагів при проведенні лісопатологічної таксації зазвичай враховують за видовою приналежністю шкідника, найчастіше в осередках спостерігається збільшення чисельності і інших фітофагів. Наприклад, в осередках масового розмноження сибірського шовкопряда (коконопряда) (*Dendrolimus superans sibiricus*) часто спостерігається підвищення чисельності хвойної (*Callitera abies*) або білозубчатої (*C. albodentata*) вовнянки. В осередках соснового п'ядуна, часто спостерігається підвищена чисельність соснового вусача. У

березових насадженнях центральної частини зони Полісся України і Житомирського Полісся зокрема, часто відбуваються спалахи так званої літньо-осінньої групи листогризучих шкідників берези, до складу якої входить близько 30 видів метеликів і пильщиків. Майже завжди в осередках масового розмноження листокруток в дібровах спостерігається підвищена чисельність не тільки зеленої дубової (*Tortrix viridana*), але і декількох інших листокруток, зокрема глодової (*Cacoecia crataegana*), палевої (*Aleimma loeflingiana*), строкато-золотистої (*Archips xylosteana*), розанної (*A. rosana*), свинцевополосої (*Ptycholoma lechearia*) та інших. Крім листокруток, в осередках їх масового розмноження часто спостерігалась підвищена чисельність вогнівок-акробатів (*Acrobasis zelleri*, *A. sodalella*) і ряду видів ранніх совок. Іноді виникають вогнища таких фітофагів, особливості біології яких, в тому числі і фенологія, дуже різні. Так, наприклад, в першій половині літа крони пошкоджує непарний шовкопряд, а в другій половині-сильніше пошкодження листю наносять гусениці ряду видів літньо-осінньої групи. В силу сильного і тривалого пошкодження крон деревостани сильно послаблюються, в них кругом спостерігається розвиток епіфітотій бактеріальної водянки берези, що призводять до остаточної загибелі насадження. У хвойних насадженнях іноді спостерігаються комплексні вогнища рудого соснового пильщика, зірчастого пильщика і шовкопряда-монашки (табл. 1). В цьому випадку відмінності в фенології невеликі.

Таблиця 1

Видовий склад хвоєгризучих шкідників осередків ураження в умовах Державного підприємства «Житомирське лісове господарство»

Вид шкідника	Щільність популяції	Загроза знищення хвої, %	Термін максимального ушкодження
Рижий сосновий пильщик	до 1000 яєць/одне дерево	50-100	травень
Сосновий лубоїд	10-50 екземплярів на 1 м ²	30-100	травень-червень
Шовкопряд - монашка	100-300 яєць на дерево	30-50	червень

Подібні осередки послаблюють резистентність деревостану, так як фітофаги пошкоджують дерева в різні терміни. Визначення стану дерев і облік чисельності шкідників в кожному комплексному вогнищі має свої особливості. Без урахування цих особливостей не можливо прийняти правильне рішення про призначення заходів в даних осередках. Робота в таких осередках вимагає особливої уваги і додаткових затрат праці. За результатами проведення лісопатологічної експертизи із застосуванням рекомендованих нами методів дистанційного лісопатологічного зондування проводиться перевірка її результатів з метою визначення найбільш оптимальних заходів щодо недопущенні поширення шкідників і хвороб лісу. Для цього в обстежуваних лісових масивах проводять дистанційну лісопатологічну спектрометрію. Для цього залучають як літаки або вертольоти, так і безпілотні літальні апарати. Ми рекомендуємо проводити контрольні обльоти обстеженої шляхом лісопатологічної таксації території з використанням безпілотних літальних апаратів, що оснащені спектральними інфрачервоними або ультрафіолетовими камерами (рис. 3). Отримані таким чином матеріали дистанційного лісопатологічного зондування, дають нам змогу об'єктивного отримання інформації про лісопатологічний стан лісових шпилькових або широколистяних насаджень на момент проведення лісопатологічної експертизи. Крім цього, ми рекомендуємо використовувати ці дані при проведенні проектування та комплексу лісопатологічних заходів щодо унеможливлення подальшого розповсюдження як листо- або хвоєгризучих шкідників на обстежуваній території, так і економічній доцільності проведення заходів лісопатологічного захисту від хвороб.

Такі знімки мають набагато підвищену презентативність, що є привабливою особливістю цих матеріалів при обстеженні стану лісів на великих територіях, що особливо характерно для умов Житомирського Полісся. Додаткові можливості їм надають багатозональні радіометри з різними просторовими можливостями. Більшість з них реєструють відображення земної поверхні не лише в видимому діапазоні довжин хвиль, але й в ближньому, середньому та дальньому інфрачервоному проміжку спектру. Це дає можливість підвищити інформативність ознак далі від впливу різних чинників середовища дешифрування ділянок лісу, в тому числі постраждалих від впливу різних факторів навколишнього середовища.

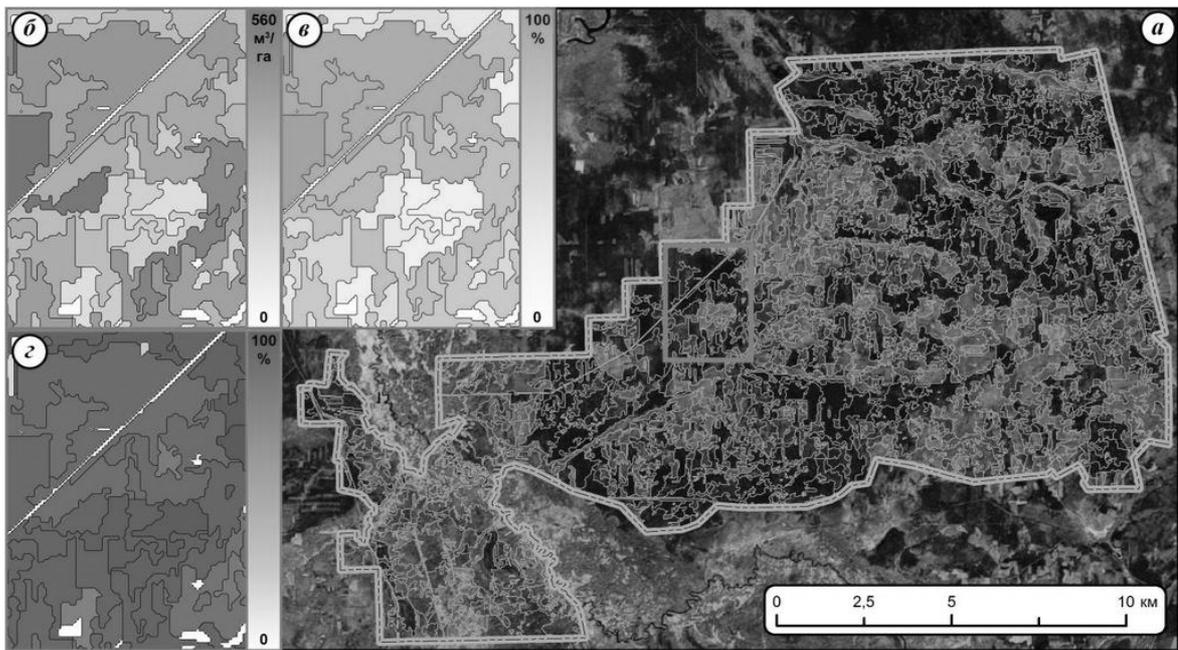


Рис. 3. Фрагмент спектрального знімку із зображенням всохлих від верхівкового короїда хвойних насаджень на території Житомирської області (за матеріалами «Вінницялісозахист»). (Всохлі насадження мають відтінки темно-сірого кольору).

Висновки та перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.

1. В результаті проведених досліджень нами було встановлено, що використання ГІС-технологій на авіаційних, безпілотних та супутникових дистанційних платформах є досить перспективним напрямом для оптимізації лісопатологічного моніторингу в лісовому господарстві Житомирського Полісся.

2. Нами було встановлено, що в Житомирському Поліссі при ефективному використанні геоінформаційних систем з метою моніторингу та прогнозування фітопатологічної обстановки лісових масивів, доцільно складати фітопатологічні картограми розповсюдження збудників хвороб або шкідників.

3. Ми встановили, що використання спектральнозональних знімків при проведенні лісопатологічної таксації дає можливість дистанційно визначати не лише площу ураження лісопокритих площ Житомирської області, але і характер ураження лісів.

4. Нами доведено, що застосування авіадесантного методу проведення лісопатологічної експертизи дає змогу більш детального місцевого аналізу лісопатологічної ситуації.

5. Встановлено, що застосування дистанційних ГІС-технологій та Інтернет-технологій із завантаженням інформаційних баз після проведення лісопатологічних обстежень, дасть можливість формувати інформаційну базу яка в подальшому може бути використана з метою ведення спостереження і прогнозів поширення збудників хвороб та шкідників лісу в умовах зони Житомирського Полісся.

6. Ми з'ясували, що при застосуванні дистанційного лісопатологічного моніторингу, можна забезпечити ефективний контроль та прогноз за розповсюдженням шкідливих об'єктів лісу в зоні Житомирського Полісся.

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, Tovarišhestvo 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].

Citation: V. Levchenko, I. Shulga, A. Romanyuk, L. Bezverkha (2020). USE OF REMOTE GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR FOREST PATHOLOGY MONITORING IN THE ZHYTOMYR POLISSYA. Innovative Solutions in Modern Science. 2(38). doi: 10.26886/2414-634X.2(38)2020.3

Copyright: V. Levchenko, I. Shulga, A. Romanyuk, L. Bezverkha ©. 2020. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.