

MARIA IRACKA

Ocena procesu degradacji lasów w okolicach Bełchatowa na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych

Z a r y s t r e ś c i. W artykule przedstawiono wyniki oceny zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu fragmentów kompleksów leśnych w Bełchatowskim Okręgu Przemysłowym, przeprowadzonej w dwóch terminach – w 1981 r. i 1985 r. Podstawą tej oceny jest metoda opracowana w OPOLiS-IGiK oparta na analizie spektrostrefowych zdjęć lotniczych. Miarą jakości lasu, według tej metody, jest procentowy udział martwych i zamierających drzew w drzewostanie, oceniany na fotointerpretacyjnych powierzchniach testowych. Porównanie stanu lasu na obszarze około 1200 ha z obydwu terminów na podstawie 220 powierzchni testowych świadczy o pogorszeniu się jakości tych drzewostanów na prawie całym badanym obszarze.

Metoda oceny zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu opracowana w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych IGiK oparta jest na analizie barwy i struktury obrazu lasu na spektrostrefowych zdjęciach lotniczych w skalach od 1:5 000 do 1:10 000.

Zwiększanie się powierzchni obszarów leśnych zagrożonych przez rosnące skażenie środowiska, spowodowane ekspansją przemysłu i brakiem troski o zachowanie czystości technologii produkcji, wymaga bardziej wnikliwej obserwacji i oceny stanu drzew. Znaczne obszary leśne, w których nie obserwuje się jeszcze ewidentnych zniszczeń, podlegają nękającemu działaniu słabych stężeń szkodliwych związków chemicznych emitowanych do atmosfery i wód, ulegając tym samym powolnej degradacji. Po przekroczeniu pewnego progu odporności uruchamia się łańcuch przyczynowo-skutkowy sprawiający, że takie drzewostany stają się przedmiotem inwazji szkodników wtórnych, są nieodporne na ekstremalne warunki klimatyczne i w końcu ulegają gwałtownej degradacji do katastrofy ekologicznej włącznie.

Teledetekcyjna metoda oceny zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu zrodziła się zatem z potrzeby i udowodnionej możliwości wyrażenia stanu lasu, obserwowanego na zdjęciu lotniczym. Zróżnicowaną kondycję lasu określają takie elementy, jak: różny udział drzew o obniżonej żywotności, a także drzew zamierających i martwych, rozluźnienie zwarcia drzewostanu, pojawianie się obszarów, które utraciły typową dla lasu strukturę, jak halizny, płazowiny, obszary wywrotów i złomów itp., zakłócenia w ciągłości kompleksu leśnego, które to elementy są wyraźnie widoczne na zdjęciach lotniczych.

Obraz lasu na zdjęciu lotniczym daje możliwość ogarnięcia wzrokiem dziesiątek i setek hektarów lasu jednocześnie, a więc i możliwość szybkiej wstępnej oceny zróżnicowania jakości tworzących go drzewostanów, jak również przestrzennego rozkładu zjawisk widocznych szczególnie wyraźnie na spektrostrefowych zdjęciach lotniczych.

Zasadniczą sprawą, decydującą o wykorzystaniu informacji jakich dostarczają zdjęcia lotnicze, jest nadanie przyrodniczego znaczenia obrazowi lasu przedstawionemu na zdjęciu. Wymaga to opracowania sformalizowanego i zobiektywizowanego sposobu charakteryzowania takiego obrazu oraz jednoznacznego określenia związku między cechami fotointerpretacyjnymi i przyrodniczymi drzewostanów, będących przedmiotem zainteresowania.

Prowadzone dotychczas w OPOLiS szczegółowe badania nad sposobami oceny uszkodzeń drzewostanów spowodowanych określonym czynnikiem np. emisjami SO_2 , zmianą poziomu wód gruntowych, czy też gradacją pierwotnych szkodników owadzych lub określonego patogenu, stały się przyczynkami do poznania mechanizmów tworzenia się obrazu lasu na spektrostrefowych zdjęciach lotniczych oraz deformacji tego obrazu pod wpływem różnych czynników naruszających normalne warunki wzrostu i rozwoju drzewostanów.

Próbą syntetycznego przedstawienia zjawisk mówiących o jakości lasu, na podstawie analizy spektrostrefowych zdjęć lotniczych, jest metoda oceny zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu, której obecny kształt jest wynikiem połączenia możliwości w zakresie interpretacji uszkodzeń drzew i drzewostanów zgodnie z dotychczas zdobytą wiedzą oraz zapotrzebowania leśników zajmujących się ochroną, hodowlą czy urządzeniem lasu, na tego rodzaju informacje.

Opracowana metoda jest zatem odpowiedzią na potrzebę charakteryzowania i waloryzacji stanu lasu znajdującego się pod wpływem wielu, trudnych do oddzielenia, czynników sprawczych. Metoda ta daje możliwość inwentaryzacji zjawisk, które przejawiają się zaburzeniami struktury drzewostanów, jak również pozwala na waloryzację drzewostanów w różnych kategoriach jakości na podstawie barwy i struktury koron drzew budujących te drzewostany. Została ona już wykorzystana do oceny inwentaryzacji stanu lasów w Sudetach Zachodnich, które w ciągu ostatnich kilku lat uległy gwałtownej degradacji, a także do oceny stanu zdrowotnego i sanitarnego kompleksów leśnych w Nadleśnictwie Piotrków Trybunalski, gdzie można się spodziewać skutków oddziaływania kopalni węgla brunatnego i elektrowni w Bełchatowie.

Ocena jakości drzewostanów na podstawie ich obrazów na zdjęciach lotniczych

Prezentowane w niniejszym artykule wyniki oceny stanu lasu uzyskane za pomocą wspomnianej metody dotyczą również kompleksów leśnych należących do Nadleśnictwa Bełchatów znajdujących się w zasięgu działania Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego. W tym przypadku jednak zaistniała po raz pierwszy w kraju możliwość porównania wyników oceny tych samych obszarów leśnych, dokonanej na podstawie zdjęć wykonanych w dwóch terminach, które dzieli okres czterech lat.

Głęboki wykop kopalni odkrywkowej węgla brunatnego spowodował gwałtowną zmianę warunków wodnych, szczególnie w jego bliskim sąsiedztwie. Uruchomienie elektrowni w 1981 r. również nie może pozostać bez wpływu na

stan lasów bytujących w warunkach już zachwianej równowagi ekologicznej. Zatem ocena stanu lasów w kilkuletnich odstępach czasu powinna dać odpowiedź na pytanie, czy występuje tutaj stały proces degradacji. Jeżeli tak, to jakimi zmianami on się przejawia i w jakim tempie postępuje?

Zainteresowanie wynikiem badań wykazały Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki „Energopomiar” w Gliwicach, które były sponsorem prac badawczych prowadzonych w wybranych kompleksach leśnych.

Pierwszym terminem, w którym wykonano zdjęcia był rok 1981. Na zdjęciach tych został zarejestrowany stan lasu tuż przed uruchomieniem elektrowni. Stan ten przyjęto za stan wyjściowy, w stosunku do którego będą porównywane kolejne wyniki oceny dokonywanej w następnych terminach. Po raz drugi zdjęcia wykonano w 1985 roku. Tym razem pokryły one już znacznie większy obszar (około 8,5 tys. ha), w którym mieściły się obszary sfotografowane w poprzednim terminie. Umożliwiło to przeprowadzenie analizy porównawczej stanu lasu na obszarach dwukrotnie pokrytych zdjęciami. Stanowi je pięć pasów o szerokości 500 m i o łącznej powierzchni około 1200 ha, reprezentujących wszystkie kompleksy leśne otaczające kopalnię i elektrownię (patrz rys. 1 na końcu artykułu).

W zastosowanej tu metodzie oceny stanu lasu, przyjęto, że jakość drzewostanów iglastych jest dobrze charakteryzowana po pierwsze przez analizę jakości koron poszczególnych drzew stanowiących reprezentację danego drzewostanu i po drugie przez inwentaryzację zjawisk widocznych na zdjęciu, których obecność oraz zajmowany przez nie obszar świadczą o naruszeniu równowagi biologicznej i są miarą degradacji obszarów leśnych.

Zróżnicowanie jakości koron, które generalnie przejawia się zmiennością zasobności koron w zdrowe, zielone igliwie (ilość zielonej masy) na spektrostrefowym zdjęciu lotniczym widoczne jest w zróżnicowaniu barwy obrazu koron.

Analizując spektrostrefowe zdjęcia lotnicze z obszaru Bełchatowa stwierdzono, że w obrazie drzewostanów w wieku powyżej 20 lat można wyróżnić cztery różne barwy. Każda z nich wskazuje na zasobność w igliwie korony o danej barwie. Zasobność tę określa się w procentach w stosunku do pełnego garnituru aparatu asymilacyjnego. Przyjęto, że pełnym garniturem są trzy całkowicie zachowane roczniki igieł. Zatem wypadkowa barwa określona dla próby drzew reprezentującej dany drzewostan daje modelowy obraz drzewostanu, jak gdyby złożonego z drzew o jednakowej zasobności igliwia i określony średnim dla tego drzewostanu wskaźnikiem.

Takim wskaźnikiem mówiącym o ilości aparatu asymilacyjnego w koronie jest wskaźnik U wyrażający w procentach ubytek igliwia w stosunku do trzech pełnych roczników.

Na podstawie trzyletnich dobrze udokumentowanych badań terenowych, prowadzonych na poligonach doświadczalnych, została określona zależność między barwą korony na zdjęciu (wyrażoną dla ułatwienia numerami od 1 do 4) a wskaźnikiem U , która przedstawia się następująco:

- 1 – barwa ciemnopurpurowa – drzewa zdrowe i lekko osłabione
 $0\% \leq U \leq 30\%$
(I kategoria zdrowotności)
- 2 – barwa jasnopurpurowa – drzewa osłabione i silnie osłabione
 $30\% < U \leq 85\%$
(II kategoria zdrowotności)
- 3 – barwa różowoszara i szara – drzewa zamierające
 $85\% < U \leq 95\%$
(III kategoria zdrowotności)
- 4 – barwa niebieskozielona – drzewa martwe (posusz czynny i jałowy)
 $U > 95\%$
(IV kategoria zdrowotności).

Można więc powiedzieć, że wskaźnik U jest wskaźnikiem mówiącym o obniżeniu zdrowotnego stanu lasu, którego miarą jest ubytek zdrowego aparatu asymilacyjnego w koronie. Należy sobie jednak uświadomić, że drzewostan określony wskaźnikiem U może składać się z różnych kombinacji poszczególnych kategorii drzew w różnych proporcjach, które dają taką samą średnią wartość U .

Jak widać z powyższego zestawienia, podział na kategorie zdrowotne drzew, oparty na wyróżnianych barwach, nie przebiega schematycznie i nie powstają w jego wyniku równe przedziały procentowego ubytku igliwia. Podział taki jest zdeterminowany możliwością wiarygodnego rozróżniania barw obrazów koron na zdjęciach spektrostrefowych i do tej możliwości został on dostosowany.

W przedstawionym podziale wyróżnia się kategoria druga, która obejmuje najszerszy przedział ubytku igliwia. Znajdują się w niej drzewa określane jako osłabione i silnie osłabione, których korony wykazują 30%–85% utraty aparatu asymilacyjnego.

Z licznych doświadczeń wynikających z obserwacji i interpretacji obrazu lasu wynika, że jakkolwiek widoczne są subtelne różnice barwy wewnątrz tej kategorii, nie udało się wiarygodnie dokonać jej dalszych podziałów.

Wiarygodną granicę można przeprowadzić dopiero między drzewami, które utraciły już znaczną część igliwia i wyraźnie tracą barwę charakterystyczną dla drzew żyjących, a pozostałymi drzewami żywymi. Badania terenowe wykazują, że w tej kategorii znajdują się drzewa, które nie rokują już dalszego wzrostu i rozwoju i z przyrodniczego punktu widzenia określane są jako drzewa zamierające.

Możliwość przeprowadzenia wiarygodnej granicy między drzewami w różnym stopniu osłabionymi, ale jeszcze dość dobrze bytującymi a drzewami źle rokującymi i wskazującymi na osłabienie drzewostanu, jest zasadniczą sprawą w ocenie stanu sanitarnego lasu. Bowiem możliwość wyróżnienia drzew obumierających stała się podstawą oceny stopnia degradacji lasów, którego miarą jest nie tylko liczba martwych drzew (powinny być one zresztą usuwane w trakcie zwykłych zabiegów pielęgnacyjnych), ale także udział drzew żyjących, lecz nie rokujących wzrostu i rozwoju.

Przeprowadzenie granicy między drzewami martwymi a żyjącymi (czyli IV kategorią i pozostałymi) nie przedstawia na zdjęciu większych trudności i dlatego sprawa ta nie wymaga szerszego komentarza, choć informacja o udziale martwych drzew w drzewostanie jest, dla oceny jego stanu sanitarnego, tak samo ważna jak w przypadku drzew zamierających. Także jest miarą jego degradacji.

Przeprowadzenie granicy między I i II kategorią jakości drzew pozwala na ocenę proporcji w udziale drzew o różnej kondycji zdrowotnej budujących drzewostan. Nie jest to zatem tak ważne dla oceny drzewostanów, z punktu widzenia zagrożenia ich bytu jak identyfikacja drzew III i IV kategorii. Niemniej, zjawisko masowego przechodzenia drzew z I kategorii do II, obserwowane w kilkuletnich odstępach czasu, świadczy o pogorszeniu się warunków jego bytowania i jest sygnałem do określenia przyczyn tego zjawiska i do podjęcia przeciwdziałania.

W przyjętej metodzie oceny stanu sanitarnego lasu, proporcje udziału I i II kategorii zdrowotności drzew nie mają znaczenia dla oceny stanu sanitarnego i nie są brane pod uwagę przy tworzeniu mapy. Są one w sumie tłem, do którego odnoszony jest udział dwóch pozostałych kategorii decydujących o stopniu degradacji lasu.

Jednakże jakość tego tła też może być różna i może wahać się w szerokich granicach. Jeśli chcemy mieć bliższe informacje o kondycji drzew budujących drzewostan, dla którego został określony stan sanitarny, należy przeanalizować proporcje, w jakiej występują drzewa I i II kategorii. Jeśli występują w nim drzewa wyłącznie II kategorii, to mimo że jakość drzew tej kategorii zawiera się w szerokim przedziale, należy sądzić, że są to drzewa słabsze niż w przypadku, kiedy drzewa II kategorii występują w przemieszaniu z drzewami I kategorii.

Zatem pewnym wskaźnikiem jakości drzew budujących dany drzewostan jest występująca w nim proporcja drzew I i II kategorii. Bowiem obecność drzew zdrowych, o pełnych jeszcze koronach świadczy o lepszych warunkach bytowania, brak takich drzew natomiast wskazuje na trudne warunki i należy sądzić, że bytujące tu drzewa są w słabej kondycji, a ich wzrost i rozwój jest w znacznym stopniu zahamowany.

Taka właśnie sytuacja występuje w lasach z okolic Bełchatowa. W drzewostanach poddawanych ocenie drzewa I kategorii praktycznie nie występują, a drzewa należące do II kategorii wykazują znaczny procent utraty aparatu asymilacyjnego (60–70%), co potwierdziła wizja terenowa. Należy zatem mieć na uwadze fakt, że nawet drzewostany pokazane na mapie jako najlepsze pod względem stanu sanitarnego, choć charakteryzują się bardzo niewielkim udziałem drzew martwych i zamierających, są także w słabej kondycji.

Ostatnie dwie z czterech zdrowotnych kategorii drzew, a więc drzewa zamierające i martwe, charakteryzują stan sanitarny lasu. Jego miarą jest wskaźnik *W* wyrażający procentowy udział drzew zamierających i martwych w stosunku do wszystkich drzew tworzących drzewostan. Jest zatem wskaźnik ten miarą degradacji drzewostanu. Zwiększająca się wartość wskaźnika *W*

wskazuje na zwiększający się udział drzew źle bytujących, a więc na pogorszenie się warunków życia drzewostanów.

Najbardziej przemawiający obraz stanu sanitarnego lasu i jego zmienności daje mapa z wykreślonymi izoliniami łączącymi jednakowe wartości wskaźnika W . Izolinie te wyznaczają strefy drzewostanów o różnym stopniu degradacji w zależności od przyjętych jako graniczne, wartości wskaźnika W . Zależnie od zmienności zjawisk i potrzeb konkretnego opracowania można dla ocenianych drzewostanów przyjąć dowolnie szerokie przedziały wskaźnika W , nie mniejsze jednak niż 10%, aby nie utracić wiarygodności obrazu zmienności.

W niniejszym opracowaniu przyjęto podział na strefy w 20% przedziale wskaźnika W (patrz: szkice stanu sanitarnego na końcu artykułu), a zatem zakresy dość wąskie, dające możliwość szczegółowego prześledzenia zmienności jakości ocenianych lasów. Przy takim zróżnicowaniu stref można stwierdzić i zlokalizować obszary o skrajnie wysokich lub niskich wartościach W . Takie obszary pokazują tendencję, którą przejawiają drzewostany znajdujące się w dominujących powierzchniowo strefach, a miejsca ich występowania mogą wskazywać na przyczyny i przebieg zjawisk, mówiących o degradacji lasu.

Gwarancją wiarygodności tak szczegółowo pokazanej zmienności wskaźników W i U , charakteryzujących jakość drzewostanów jest, przyjęty dla opracowania, obowiązek pobierania w trakcie interpretacji zdjęć lotniczych co najmniej jednej próby w każdym wydzieleniu taksacyjnym. Wielkość takiej próby wynosiła najczęściej 100–200 drzew.

Występowanie zjawisk wskazujących na zakłócenie równowagi biologicznej drzewostanów jest potwierdzeniem zachodzących tam procesów degradacyjnych stwierdzonych na podstawie jakości koron. Inwentaryzacja niektórych takich zjawisk jest możliwa na zdjęciach przez proste kartowanie na podstawie wizualnej oceny interpretatora, po uprzednim ich zdefiniowaniu na użytek konkretnego opracowania. Taka inwentaryzacja uzupełnia obraz zaawansowania procesu degradacji badanych lasów. Do zjawisk mówiących o degradacji lasu i możliwych do zinwentaryzowania w procesie interpretacji zdjęć należą:

- rozluźnienie i nieregularne zwarcie,
- wylesienia i luki,
- fragmeny martwych drzewostanów,
- wywroty i złomy.

Dokładne definiowanie tych zjawisk z punktu widzenia ich interpretacji na zdjęciach oraz zajmowanej przez nie powierzchni powinno być ustalone indywidualnie dla każdego opracowanego obiektu, zależnie od występujących tam zjawisk określających stan drzewostanów.

Analiza porównawcza jakości drzewostanów na wybranych fragmentach

Mapa zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu przedstawia obraz jakości lasu utworzony na podstawie wyżej opisanych charakterystyk. Zmiany, jakie będą zachodziły w tym obrazie oraz ich kierunek i rozmiar można będzie określić na

podstawie porównania takich map (a także danych z obserwacji na podstawie których te mapy powstają), wykonywanych w kilkuletnich odstępach czasu.

Inną nie mniej ważną sprawą jest określenie czasu, w jakim zachodzą w drzewostanach przeobrażenia powodujące zmianę obrazu jakości kompleksów leśnych.

Generalny obraz zmian, jakie zaszły w drzewostanach w okresie 1981–1985 można uzyskać porównując mapę stanu sanitarnego tych samych drzewostanów z roku 1981 i 1985. Przypomnijmy, że miarą jakości drzewostanu na takiej mapie jest wskaźnik stanu sanitarnego W , a izolinie wyznaczone przez jednakowe wartości wskaźnika W różnicują drzewostany na klasy o wartościach granicznych 10%, 30%, 50% i 70%. Zatem zmiany jakości drzewostanów określone wskaźnikiem W można prześledzić na podstawie zmian granic i obszarów zajmowanych przez różne klasy jakości w obydwu rozpatrywanych terminach.

Na podstawie takiego porównania przeprowadzonego na pięciu fragmentach (szeregach) rozmieszczonych w kompleksach leśnych znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie kopalni i elektrowni wynika:

a) prawie zupełnie – poza niewielkimi fragmentami – zniknięcie najlepszej klasy drzewostanów o wskaźniku $W \leq 10\%$, która w 1981 roku zajmowała największy obszar 1981 r. – 75%, 1985 r. – 13%;

b) przejście drzewostanów z klasy $W \leq 10\%$ do klasy $10\% < W \leq 30\%$, w której w 1985 roku znajduje się znaczna większość drzewostanów 1981 r. – 25%, 1985 r. – 80%;

c) pojawienie się klasy $30\% < W \leq 50\%$ (8%), a nawet sporadycznie klasy $50\% < W \leq 70\%$.

Generalnym spostrzeżeniem jest więc przejście większości drzewostanów do niższej klasy jakości o wartości wskaźnika $10\% < W \leq 30\%$, co dowodzi postępującej degradacji drzewostanów w tych kompleksach leśnych. Fakt ten potwierdza ponadto pojawienie się niższych klas jakości, które jeszcze w 1981 roku na tych fragmentach nie występowały.

Zważywszy, że analizowane drzewostany już w 1981 r. nie były najlepszej jakości (wprawdzie niski wskaźnik W wskazywał na niewielką ilość drzew zamierających i martwych, ale wskaźnik U , mówiący o jakości koron pozostałych drzew wskazywał na ubytek igliwia w przedziale 60%–75% dla ponad 80% drzew), dalsza ich degradacja może postawić ich egzystencję jako ekosystemu leśnego pod znakiem zapytania.

Dla przeprowadzenia bardziej wnikliwej analizy zmian, którymi przejawia się proces pogarszania się jakości drzewostanów, wykonano zestawienie wyników obserwacji powierzchni próbnych, charakteryzujących te same drzewostany w 1981 i 1985 roku.

Po odrzuceniu powierzchni, dla których wyniki obserwacji nasuwały wątpliwości, ostatecznie do porównania przyjęto 220 powierzchni. Przedmiotem analizy były następujące elementy charakteryzujące drzewostan:

- liczba drzew na 1 hektar - L ,
- wskaźnik stanu sanitarnego - $W\%$,
- wskaźnik ubytku aparatu asymilacyjnego - $U\%$.

Porównanie zmian liczby drzew przypadających na hektar w latach 1981-1985

W 1981 roku 90% badanych drzewostanów znajdowało się w przedziale $500 < L \leq 2000$. W 1985 roku obserwuje się w znacznej części drzewostanów (ponad połowa) ubytek liczby na 1 ha, który obrazuje tabela 1.

Tabela 1

Ubytek liczby drzew na 1 ha (L) w %	Powierzchnie testowe	
	w liczbach	w %
0	107	49
1-20	23	10
21-30	36	17
31-40	29	13
41-50	13	6
> 50	12	5
Razem:	220	100

Jak wynika z analizy tabeli nie zaobserwowano spadku liczby drzew przypadających na 1 ha na 107 z 220 powierzchni testowych. Na pozostałych powierzchniach testowych obserwuje się ubytek drzew, który na 12 powierzchniach przekroczył wartość 50%.

W pewnym stopniu zjawisko to jest naturalne z tytułu rozrzedzenia się drzewostanów wraz z przechodzeniem do starszych klas wieku. Jednak krótki okres, jaki dzieli porównywane obserwacje nie usprawiedliwia tak dużego ubytku drzew, jaki jest widoczny w tabeli. Należy zatem sądzić, że drzewostany, w których notuje się ubytek pow. 20% drzew, utraciły je z powodu niekorzystnych warunków bytowania. Takie drzewostany są reprezentowane przez ponad 40% powierzchni rozpoznawczych.

Zmiana stanu sanitarnego drzewostanów w latach 1981-1985

Obraz zmian jakości drzewostanów opisywanych wskaźnikiem stanu sanitarnego W i przedstawiony na mapach, uzupełnia szczegółowa analiza wartości tego wskaźnika (tabela 2). W zakresie wartości wskaźnika W występujących w 1981 roku, jego wzrost w roku 1985 uклада się odwrotnie proporcjonalnie do

wartości, a przebieg tego wzrostu można prześledzić w bardzo wąskich, bo już dwuprocentowych przedziałach wartości W .

Tabela 2

W_{81}	$W = W_{85} - W_{81}$	m (średni błąd)
0	16	± 3
2	14	± 2
4	12	± 2
6	10	± 2
8	8	± 1
10	6	± 1
12	4	± 2
14	2	± 2
16	0	± 2

Wynika z tego, że drzewostany lepsze jakościowo, o niższym wskaźniku W pogorszyły się znacznie, a im większy był wskaźnik W w 1981 r., tym mniejszy wykazał wzrost w roku 1985, a więc istotnemu pogorszeniu uległy drzewostany najlepsze. Średnio, wszystkie drzewostany pogorszyły się około 10%, co, wobec faktu, że większość drzewostanów w 1981 roku zawierała się w klasie $W \leq 10\%$, spowodowało znalezienie się tych drzewostanów w klasie $10\% < W \leq 30\%$, co zresztą ilustruje także mapa, jak również tabela 3.

Tabela 3

Wartość wskaźnika W	Powierzchnie testowe			
	w liczbach		w %	
	81	85	81	85
0- 5	80	4	36	2
6-10	78	40	35	18
11-15	37	64	17	29
16-20	16	57	8	26
21-25	6	27	3	12
26-30	2	12	1	6
31-35	1	6	0	3
36-40	0	5	0	2
41-45	0	2	0	1
46-50	0	2	0	1
> 50	0	1	0	0
Razem:	220	220	100	100

Pokazuje ona, że z 71% drzewostanów, które w 1981 roku znajdowały się w klasie $0\% \leq W \leq 10\%$, w 1985 roku zostało ich tylko 20% i to aż 18% w gorszej połowie tej klasy, podczas gdy w 1981 roku były one rozłożone równomiernie. Największa grupa drzewostanów, bo aż 55% znalazła się w 1985 roku w przedziale $10\% < W \leq 20\%$ wartości wskaźnika W , podczas gdy w 1981 roku było ich tam 25% i to w 2/3 w lepszej połowie tego przedziału. Ponadto, wprawdzie o niewielkim zasięgu, pojawiły się drzewostany, w których wskaźnik W przekracza 40%, a nawet 50%, a które w 1981 roku w ogóle nie występowały.

Zmiany ubytku aparatu asymilacyjnego w latach 1981–1985

Wskaźnik U mówiący o procentowym ubytku aparatu asymilacyjnego świadczy o kondycji drzewostanów, dla których określony jest stan sanitarny. Jest więc on istotną informacją o badanym drzewostanie, która nie jest uwidocznioma na mapie stanu sanitarnego. Trzeba więc pamiętać o tym, że względnie dobry wskaźnik stanu sanitarnego nie oznacza, że drzewostan przezeń opisywany jest w dobrej kondycji. Może on się składać z drzew osłabionych o znacznym ubytku igliwia, co zresztą występuje w opisanym przypadku.

Tabela 4

Wartość wskaźnika U	Powierzchnie testowe			
	w liczbach		w %	
	81	85	81	85
45–50	4	0	2	0
51–55	11	0	5	0
56–60	27	0	12	0
61–65	59	3	27	1
66–70	76	77	34	35
71–75	37	97	17	44
76–80	4	34	2	16
> 80	2	9	1	4
Razem:	220	220	100	100

Tabela 4 ilustruje zmiany jakościowe, które wystąpiły w badanym okresie we wszystkich drzewostanach, a więc również w tych, dla których wskaźnik stanu sanitarnego jest niski. Zestawienie drzewostanów według zmian wskaźnika U , w tak wąskim przedziale zmienności, pozwala wnikliwie prześledzić zmiany w strukturze jakości tych drzewostanów w porównywanych latach. Zestawione tutaj wartości U wskazują na zwiększenie się w 1985 roku udziału drzewostanów o słabszej kondycji (wyższa wartość U) w stosunku do roku 1981, a więc na dalsze ich osłabienie.

Znamienny jest fakt, że w 1985 roku znikły prawie zupełnie drzewostany w przedziale $45\% < U \leq 65\%$, w którym w 1981 roku grupowało się 46% drzewostanów. Jednocześnie w przedziale $66\% \leq U \leq 75\%$ znalazło się prawie 80% drzewostanów, podczas gdy w 1981 roku było ich 51%, co świadczy o przejściu drzewostanów z klas lepszej jakości do klas grupujących drzewostany o znacznym stopniu osłabienia.

Powyższa analiza zmian w strukturze jakości drzewostanów i wynikające z niej wartości pozwalają stwierdzić, że czteroletni okres dzielący oceny stanu sanitarnego badanych kompleksów leśnych był dostatecznie długim okresem dla przedstawienia dowodnego obrazu postępującego procesu degradacji tych lasów. Widoczny jest on zarówno na mapie obrazującej ich stan sanitarny, jak i w przeprowadzonej analizie wskaźników jakości drzewostanów.

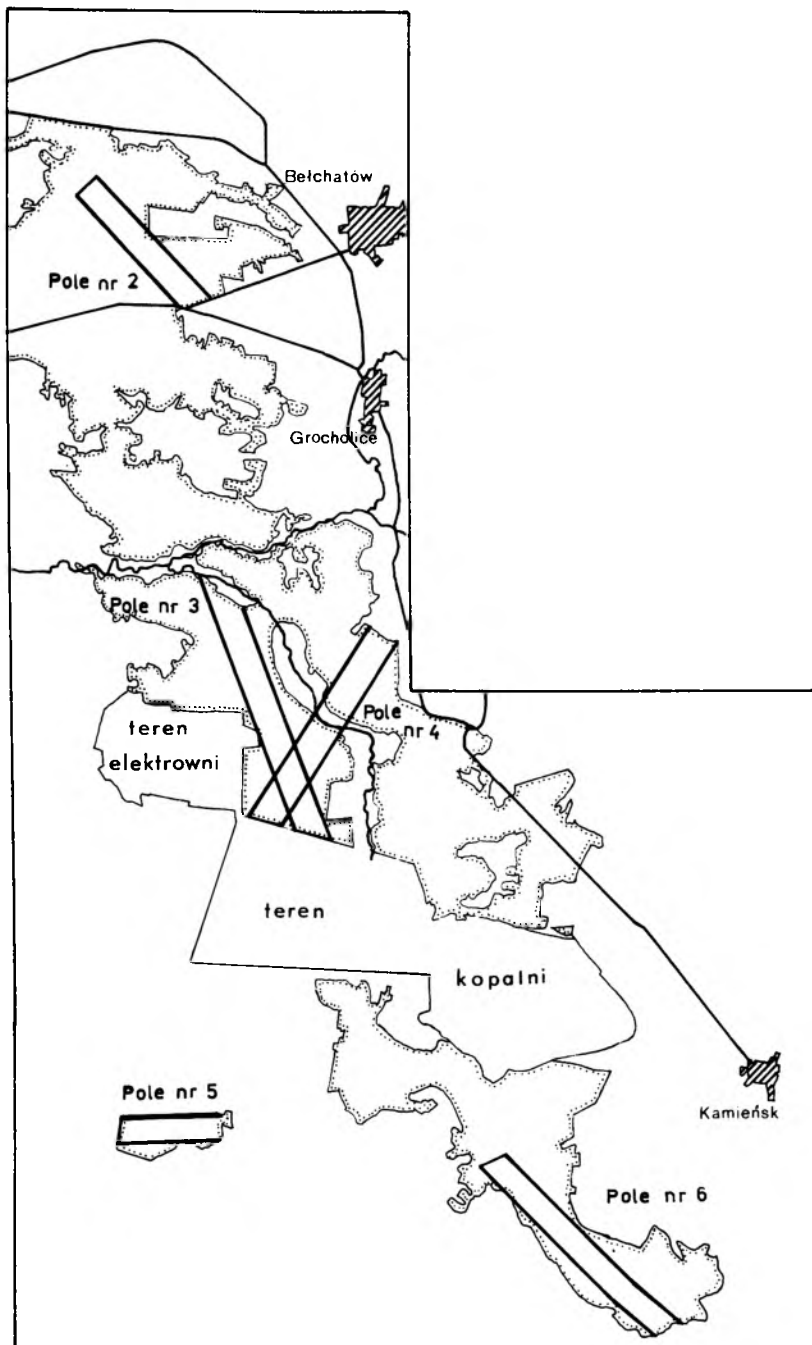
Należy przypuszczać, że zmiany takie następują dość szybko w okresie pierwszej, drastycznej ingerencji w środowisko poprzez zmiany stosunków wodnych oraz fizyczne niszczenie środowiska związane z budową obiektów przemysłowych. Trudno przewidzieć, czy skutki działalności powstałych tu zakładów przemysłowych będą się przejawiać podobnym tempem zmian. Należy się jednak spodziewać, że stan sanitarny i zdrowotny lasu w ciągu kilku najbliższych lat ulegnie dalszemu pogorszeniu. Celowe byłoby więc wykonanie kolejnych opracowań w kilkuletnich odstępach czasu.

Analiza drzewostanów w okolicach Bełchatowa na podstawie spektrostrewnych zdjęć lotniczych stanowi jednocześnie test dla samej metody – sprawdzenie jej wiarygodności i dokładności wyznaczania cech analizowanych zjawisk.

Należy bowiem zaznaczyć, że seria zdjęć z 1981 roku była wykonana na amerykańskim filmie Kodak Aerochrome IR 2443 (trójwarstwowy), a interpretacja i opracowanie było wykonane przez pracowników OPOLiS, natomiast zdjęcia z roku 1985 wykonano na radzieckim filmie SN – 6M (dwuwarstwowy), a opracowano je w Okręgowym Przedsiębiorstwie Geodezyjno-Kartograficznym w Szczecinie, gdzie omawiana metoda została wdrożona.

Wyniki przeprowadzonej analizy porównawczej stanu lasu świadczą, że sprawdzil się zastosowany tu sposób podziału na opisane wyżej kategorie jakości drzew, co jest podstawą kwalifikacji kondycji drzewostanów. Dowodem tego jest logiczny, konsekwentny obraz układu klas stanu sanitarnego pokazany na mapie jak również konsekwentny obraz zmian tego stanu w drugim terminie przeprowadzenia oceny. Nie jest on zakłócony występowaniem zaskakujących i niewytłumaczalnych zmian w jakości, nie zawiera również zmian, których kierunek byłby trudny do wyjaśnienia.

Osiągnięcie powtarzalności klasyfikacji potwierdza użyteczność metody i stawia ją jako wartościowe i bogate źródło informacji o jakości lasów.

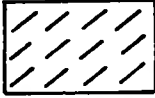
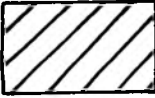
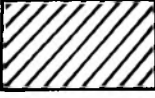

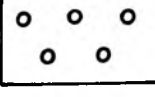



Rys. 1. Szkic sytuacyjny pól testowych w lasach Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego

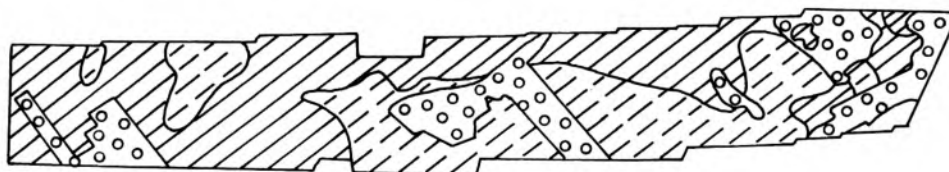
Stan sanitarny drzewostanów na polach testowych

w latach 1981 i 1985

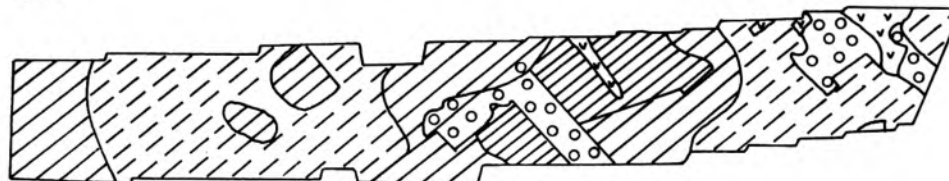
Objaśnienia znaków

	0% - 10%	drzew martwych i zamierających
	10% - 30%	" "
	30% - 50%	" "
	50% - 70%	" "
	obszary leśne nie podlegające ocenie /uprawy, młodniki, drzewostany liściaste/	
	obszary nieleśne	

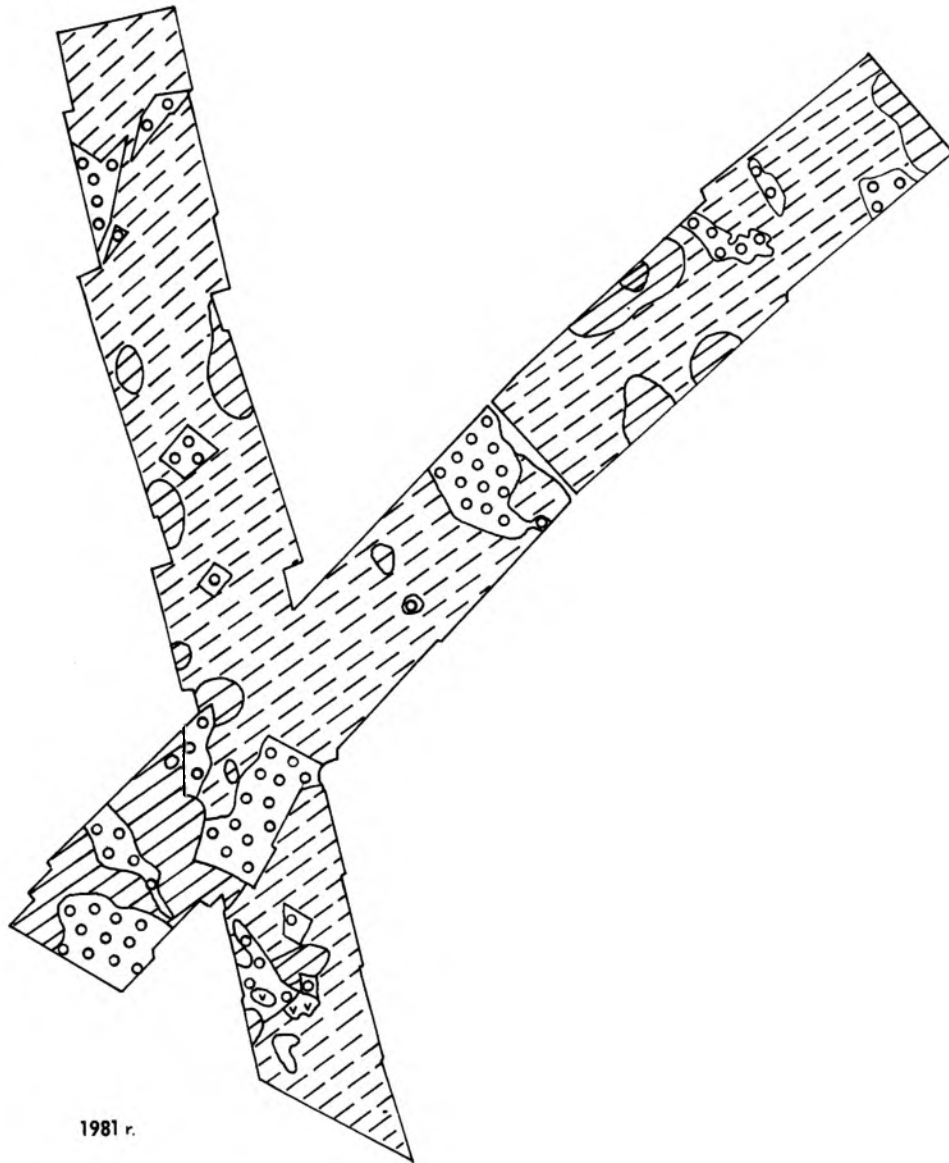
POLE TESTOWE NR 2



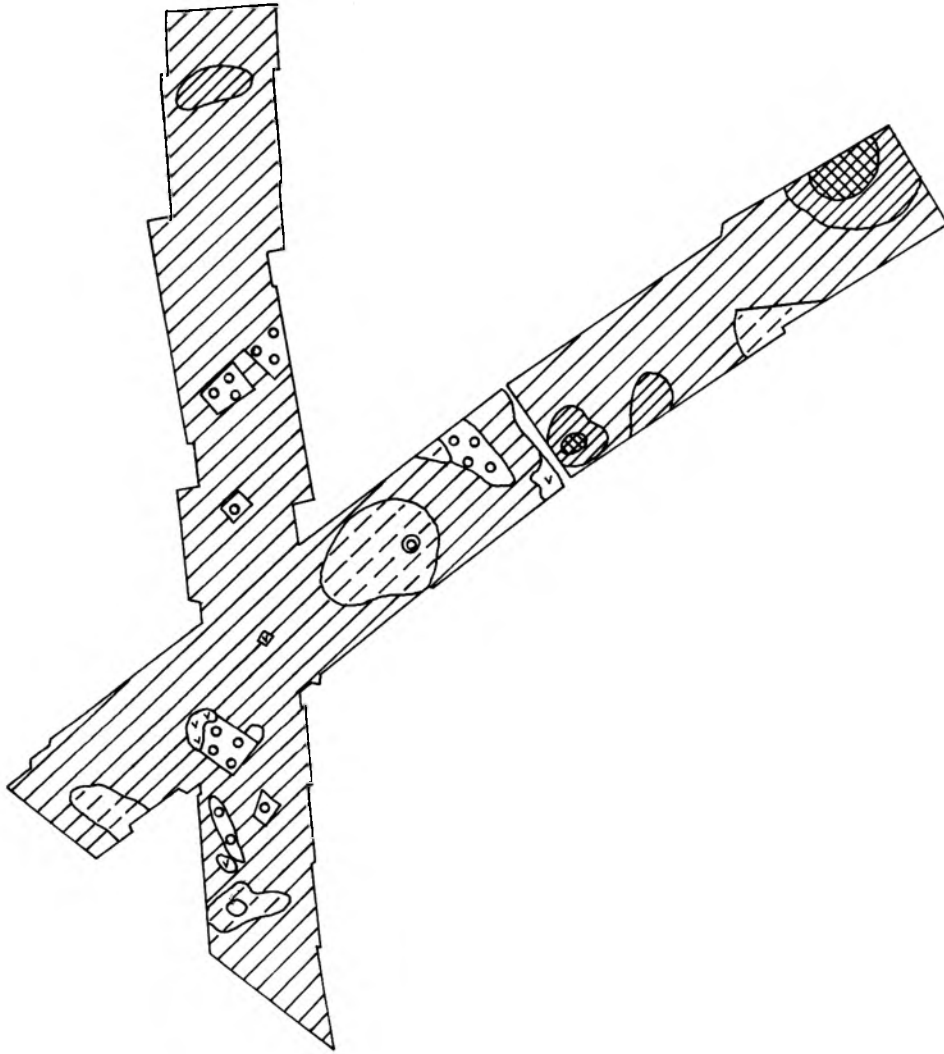
1981 r.



1985 r.

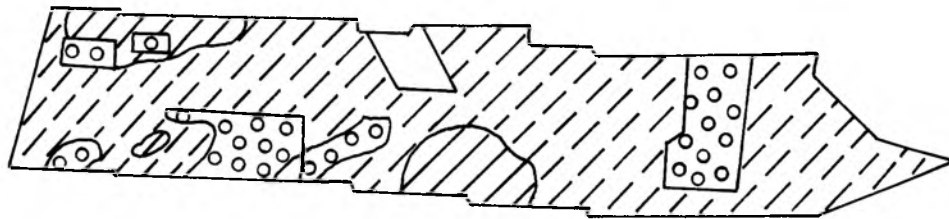


1981 r.

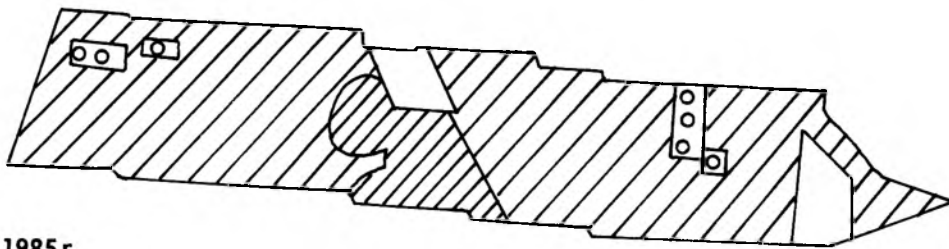


1985 r.

POLE TESTOWE NR 5

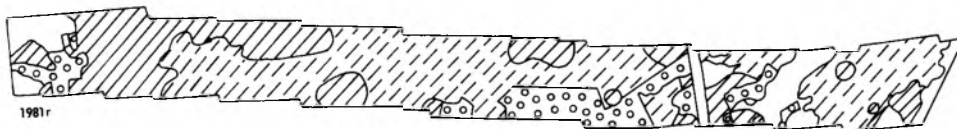


1981r

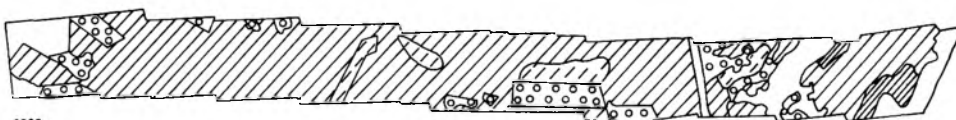


1985r

POLE TESTOWE NR 6



1981r



1985r

LITERATURA

1. B y c h a w s k i W. i i n n i: 1984, „Metoda określenia zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych.” Maszynopis, IGIK-OPOLIS, Warszawa.
 2. H i l d e b r a n d t G.: 1984, „Aspects of countrywide inventory and monitoring of actual forest damages in Germany.” XV Międzynarodowy Kongres Fotogrametrii i Teledetekcji. Rio de Janeiro.
 3. C i e s l a W. M. i i n n i: 1983, „Mapping effectiveness of insecticide treatments against ponderosa moth with color-IR photos.” Photogrammetric Engineering, vol.50, nr 1.
 4. M u r t h a P. A.: 1983 „Some air-photo scale effects on Douglas for damage type interpretation”. Photogrammetric Engineering, vol.49, nr 3.
 5. M y e r s B. J. i i n n i: 1983, „Shadowless or sunlit photos for forest disease detection?” Photogrammetric Engineering, vol.50, nr 1.
- Recenzował: dr inż. Jerzy Mozgawa

Przyjęto do opublikowania w dniu 9 czerwca 1987 r.

MARIA IRACKA

EVALUATION OF THE PROCESS OF FOREST DECLINE IN THE BEŁCHATÓW REGION ON THE BASIS OF COLOUR-INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS

S u m m a r y

In the presented paper we find the analysis of the results obtained from interpretation of photographed forests located in neighbourhood of the industrial plants. The interpretation has been carried out on the colour-infrared aerial photographs at a scale 1:8000 taken in 1981 and in 1985. It was based on the method of the assessment of sanitary state of forest, prepared at the Polish Remote Sensing Centre.

Such an assessment refers to the superficial phenomena, characterizing process of forest decline, as for instance loose and irregular canopy closure of stands, deforestations, fall places, windfalls and windbreaks, as well as occurrence of dying and dead trees in the stands. Number of dying and dead trees in the given stand, expressed in per cent, can be a measure of its sanitary state. That measure, called *W* index, is determined by the man interpreting photographs of the selected test areas. Also loss of needles in the crowns of trees characterizes the impairment of the stands. Such a loss, expressed in per cent in regard to the model crown with full assimilatory apparatus, has been determined on the test areas; it is called *U* index.

Comparison of *W* and *U* indices obtained from 220 test areas selected for the examined object, reveals distinct deterioration of the quality of stands in 1985 in relation to that in 1981.

Shift of the majority of stands to the lower quality, characterized by the change of *W* index, is the general conclusion from these works. While in 1981 75% of stands was in class $W \leq 10\%$, in 1985 only 13% of that class remained, whereas up to 80% was included into class $10\% < W \leq 30\%$. Moreover, the occurrence of lower classes of quality can be observed; they did not appear in 1985 at all.

Deterioration of the quality of stands can be also determined on the basis of analysis of U index, which characterizes quality of the living trees creating the stand. This is significant, that the stands within U range 45% – 65%, grouping in 1981 46% of stands, 4 years later almost completely disappeared. Simultaneously, U range 66% – 75% contained almost 80% of stands, while in 1981 it was represented by 51% of the area. As it can be seen from the analysis of U index, the examined stands were not already in 1981 of the best quality. Therefore their further decline, advancing in such a rate, as in the considered four years period, can bring their existence – as the forest ecosystem – under question.

Translation: *Zbigniew Bochenek*

МАРИЯ ИРАЦКА

ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ ЛЕСА В ОКРЕСТНОСТИ БЕЛХАТОВА НА ОСНОВЕ СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫХ АЭРОСНИМКОВ

Резюме

В статье описан анализ результатов, полученных при интерпретации изображения лесов, находящихся в соседстве промышленных предприятий. Дешифровались спектрально-зональные аэроснимки масштаба 1:8000 с 1981 и 1985 годов согласно методике оценки санитарного состояния леса разработанной в ОПОЛиС-ИГиК.

Эта оценка касается поверхностных явлений, указывающих на деградацию лесных пространств, как например: разреженная и нерегулярная сомкнутость полога древостоя, обезлесения и просветы, ветровалы и буреломы, а также явления выступления отмирающих и мертвых деревьев в древостоях. Процентное соотношение мертвых и отмирающих деревьев в данном древостое является мерой его санитарного состояния и выражается показателем W , определяемым дешифровщиком снимков для выбранных тестовых участков. Также потеря хвои в кронах деревьев говорит об ослаблении состояния древостоев. Такая потеря, выраженная в процентах относительно модельной кроны с полной хвоей, была определена на тестовых участках и обозначена показателем U .

Сравнение показателей W и U , полученных в результате оценки деревьев на 220 избранных тестовых участках на исследуемом объекте, указывает на явное ухудшение качества древостоев в 1985 г. по сравнению с 1981 годом.

На основе полученных результатов был сделан вывод о переходе большинства древостоев к низшему классу качества, описываемому показателем W . В то время, как в 1981 г. 75% древостоев находилось в классе $W \leq 10\%$, то в 1985 г. осталось их только 13%, а зато 80% древостоев нашлось в классе $10\% < W \leq 30\%$. Кроме того появились низшие классы качества, которые в 1981 г. вообще не существовали.

Наблюдается также ухудшение качества древостоев на основе анализа показателя U , который говорит о качестве живых деревьев составляющих древостой. Знаменательным является факт, что в 1985 г. пропали почти совсем древостои в пределе $45\% < U \leq 65\%$, в котором в 1981 г. группировалось 46% древостоев. Одновременно в пределе $66\% \leq U \leq 75\%$ нашлось почти 80% древостоев, в то время как в 1981 г. было их 51%. Из анализа показателя U следует, что древостои эти уже в 1981 г. не были наилучшего качества, поэтому их дальнейшая деградация, поступающая с такой скоростью, как в рассматриваемом четырехлетнем периоде, может поставить их существование, как лесной экосистемы, в трудном положении.

Перевод: *Róża Tolstikowa*