

ANDRZEJ GRACZYK

Prognoza zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery w roku 2000*

Prognosis of Threats to Polish Forests by air Pollution in 2000

Wstęp

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego uważa się za główną przyczynę pogarszania stanu zdrowotnego lasów w Polsce. W latach osiemdziesiątych emisja głównych zanieczyszczeń utrzymywała się na względnie stałym poziomie. Mimo to zagrożenie lasów nie ustabilizowało się. Przeciwnie, większość obserwacji wskazuje na pogarszający się stan lasów. Na przykład, w okresie 1980–1988 w lasach państwowych podwoiła się powierzchnia drzewostanów zaliczonych do stref zagrożonych oddziaływaniem gazów i pyłów.

Celem niniejszego artykułu jest określenie powierzchni lasów polskich zagrożonych zanieczyszczeniem atmosfery w roku 2000. Zadanie to wymagało na wstępie przyjęcia założeń o wielkości ogólnej powierzchni leśnej w roku 2000 oraz o przewidywanym zanieczyszczeniu powietrza atmosferycznego.

Prognoza zagrożenia i jej warianty

Istniejące prognozy rozwoju zasobów leśnych przewidują wzrost powierzchni leśnej do około 88 800 km² w roku 2000 (1, 8). Opracowywano je na podstawie danych o postulowanej lesistości oraz o przeszłym przyroście powierzchni leśnej, który w latach siedemdziesiątych wynosił około 100 km² średnio rocznie. Aby osiągnąć w roku 2000 przewidywaną w prognozach powierzchnię leśną, należałoby od 1980 roku zwiększyć tempo zalesienia o 50%, a przynajmniej go nie obniżać. Tymczasem średni roczny

*Pracę wykonano w ramach tematu "Ekonomiczne skutki zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery i ich prognoza", będącego częścią podprogramu CPBP 04.10.13.02.

przyrost powierzchni leśnej w Polsce wynosił w latach 1980–1987 – 73 km², a więc był o ponad połowę niższy od zakładanego.

Większość przyrostu powierzchni leśnej przewidziano w rejonach, gdzie obecnie i w przyszłości poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego jest relatywnie niski. Natomiast w rejonach bardziej zagrożonych zakładano niższy przyrost powierzchni leśnej. Ponadto w okresie 1980–1987 osiągnięto na tych obszarach jedynie 7,2% przyrostu powierzchni przewidywanego na lata 1980–2000. Wskazuje to, że na terenach o silnym zagrożeniu drzewostanów przez zanieczyszczenia powietrza gospodarka leśna skupia się na utrzymaniu istniejących zasobów, a nie na ich powiększaniu.

Opóźnienie w zalesianiu, szczególnie na terenach o większym stopniu zanieczyszczenia powietrza uzasadnia przyjęcie dla potrzeb prognozy założenia, że powierzchnia leśna w roku 2000 będzie zbliżona do powierzchni z roku 1985, to jest 86 538 km².

Dwutlenek siarki jest zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego mającym prawdopodobnie największy destrukcyjny wpływ na drzewostany. W znacznej części pochodzi z dużych źródeł emisji, przede wszystkim elektrowni węglowych. Może przemieszczać się na duże odległości, co sprawia, że może zagrażać lasom nawet na terenach odległych od źródeł emisji. Razem z dwutlenkiem siarki emitowane są przez elektrownie, choć w mniejszych ilościach, tlenki azotu, które również mogą zagrażać lasom. Zanieczyszczenie powietrza dwutlenkiem siarki może również wskazywać na obecność tlenków azotu. Ze względu na te okoliczności związane z występowaniem dwutlenku siarki, prognoza jego emisji oraz przewidywania dotyczące napływu z zagranicy mogą być wystarczające do celów prognozowania skutków zagrożenia lasów przybliżeniem stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w roku 2000.

Prognozowanie emisji dwutlenku siarki w warunkach, gdy nie został jeszcze wybrany scenariusz rozwoju gospodarczego, nie jest zadaniem łatwym. Określenie energochłonności gospodarki w przyszłości ma duże znaczenie dla określenia ilości spalonych paliw stałych, a to z kolei decyduje o ilości dwutlenku siarki uwalnianego w procesach spalania. Nie został także przyjęty proponowany wariant programu ochrony środowiska, w którym określone były przedsięwzięcia służące ograniczeniu emisji dwutlenku siarki.

W programie tym, przy założeniu jego realizacji, przewidywano emisję 2,9 mln ton dwutlenku siarki w roku 2000, a bez jego realizacji – około 5,5 mln ton (9). Wydaje się, że nawet przy podjęciu realizacji programu, emisja będzie wyższa od 2,9 mln ton. Zakładając, że zawartość siarki w węglu będzie zbliżona do górnej granicy przewidywanej w programie oraz że powstające już opóźnienia w realizacji przedsięwzięć służących ograniczeniu emisji sięgną 5 lat, emisję w roku 2000 można szacować na 4,36 mln ton. Należy także uwzględnić fakt, że w okresie tym można oczekiwać niewielkiego zwiększenia emisji tlenków azotu, z około 1,5 mln ton w roku 1986 do 1,8 mln ton w roku 1995. Może to być przyczyną utrzymywania się zagrożenia drzewostanów nawet w przypadku częściowego zmniejszenia emisji dwutlenku siarki.

Istniejące tendencje rozwoju gospodarczego w NRD, CSRS i na Węgrzech wskazują na możliwość utrzymywania się obecnego poziomu emisji dwutlenku siarki w tych krajach. Na terenach południowo-wschodnich byłej NRD oraz na obszarze północnych i zachod-

nich Czech niewykluczony jest nawet wzrost emisji. Z kolei RFN i Austria podjęły energiczny program ograniczania emisji, dzięki czemu wielkość "importu" zanieczyszczeń z tych krajów na teren Polski ulegnie zmniejszeniu. Łączny napływ zanieczyszczeń z południa i zachodu powinien więc do 2000 roku utrzymywać się na obecnym poziomie, a napływ z północy i wschodu ma w bilansie wymiany emisji niewielkie znaczenie.

Uwzględniając zatem tendencje zmian emisji dwutlenku siarki w Polsce i jego napływ z zagranicy, można przyjąć założenie, że zagrażające lasom polskim zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego będzie prawdopodobnie zbliżone do istniejącego w połowie lat osiemdziesiątych.

Prognoza wyjściowa

Wstępna prognoza zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery w roku 2000 została opracowana przez doc. Eryka Latochę (6). Podstawą opracowania prognozy były mapy stężeń średniorocznych dwutlenku siarki pochodzącego ze źródeł polskich i napływającego z zagranicy (2). Fakt, że zakładana emisja dwutlenku siarki i jego napływ będą prawdopodobnie względnie stałe do roku 2000, uzasadnia przyjęcie mapy rozkładu przestrzennego dwutlenku siarki według stanu na rok 1985 do prognozowania zagrożenia lasów w roku 2000.

Autor wstępnej prognozy ustalił graniczne wielkości stężeń dwutlenku siarki odpowiadające poszczególnym strefom zagrożenia lasów i uwzględniające zróżnicowanie występowania gatunków iglastych oraz położenie drzewostanów w warunkach niżowych lub górskich. Pozwoliło to oszacować powierzchnie lasów w poszczególnych strefach zagrożenia przez planimetrowanie powierzchni leśnych w poszczególnych obszarach zamkniętych izoliniami wyznaczonych stężeń dwutlenku siarki. Wstępna prognoza opisywała przyszłe zagrożenie lasów z dokładnością określoną na $\pm 30\%$ (6).

Wyniki wstępnej prognozy zagrożenia dotyczyły lasów przedsiębiorstw lasów państwowych oraz lasów niepaństwowych. Wyniki te autor niniejszego artykułu uzupełnił o obliczenia powierzchni leśnej na obszarach parków narodowych. W ten sposób powstała prognoza wyjściowa uwzględniająca 97% powierzchni leśnej kraju. Nieuwzględnienie pozostałych 3% powierzchni leśnej wynikało z braku danych o składzie gatunkowym drzewostanów w tych lasach.

Zgodnie z prognozą wyjściową można przewidywać, że w roku 2000 zagrożone będą drzewostany na powierzchni 58 218 km², to jest na 69,2% powierzchni leśnej kraju. Powierzchnia pierwszej strefy zagrożenia może objąć 24 147 km², drugiej 23 748 km², a trzeciej 10 323 km². Zagrożenie lasów może wystąpić na prawie całym obszarze Polski, z wyjątkiem województw: białostockiego, elbląskiego, gdańskiego i suwalskiego. Na terenie województwa olsztyńskiego może objąć mniej niż 1% powierzchni leśnej, a na terenie śląskiego — blisko 2%. W czterech województwach: bydgoskim, koszalińskim, krośnieńskim i łomżyńskim zagrożonych może być od 20 do 50% drzewostanów, w trzech: bialsko-podlaskim, chełmskim i zamojskim od 50 do 70%, a w dalszych czterech: ciechanowskim, lubelskim, siedleckim i szczecińskim od 70 do 90%. W pięciu woje-

wództwach: nowosądeckim, plockim, przemyskim, toruńskim i wrocławskim zagrożenie może dotyczyć ponad 90% lasów. W pozostałych 27 województwach zagrożone mogą być wszystkie drzewostany znajdujące się na ich terenie.

Najbardziej mogą być zagrożone lasy Polski południowej i południowo-zachodniej. W III strefie zagrożenia mogą się znaleźć wszystkie lasy w województwach: jeleniogórskim, katowickim i wałbrzyskim, a w bielskim, konińskim, krakowskim, opolskim, tarnowskim i warszawskim – więcej niż połowa lasów zagrożonych w tych województwach. Duże obszary lasów mogą się znaleźć w II strefie zagrożenia w województwach: bydgoskim, częstochowskim, gorzowskim, legnickim, nowosądeckim, ostrołęckim, piotrkowskim, poznańskim, wrocławskim i zielonogórskim. Na północy i wschodzie kraju zagrożenie może być stosunkowo niewielkie. Udział lasów zaliczanych do II i III strefy zagrożenia będzie przypuszczalnie zdecydowanie niższy od przeciętnego w kraju. Wyjątek może stanowić województwo ostrołęckie. W środkowej części kraju w większym stopniu mogą być zagrożone lasy położone na zachód od Wisły.

Weryfikacja prognozy wyjściowej

Wyniki wyjściowej prognozy zagrożenia lasów polskich zostaną naturalną kolejną rzeczą zweryfikowane po upływie 12 lat od jej opracowania. Obecnie istnieje jednak możliwość zweryfikowania dokładności prognozowanej skali zagrożenia na podstawie wyników oceny stanu uszkodzenia lasów oraz ekstrapolacji dotychczasowej tendencji wzrostu powierzchni lasów zagrożonych.

W 1988 roku przeprowadzono ocenę stanu uszkodzenia lasów polskich metodą bioindykacyjną (7; 11). Udział drzewostanów, w których stwierdzono objawy uszkodzeń w wyniku oddziaływania emisji przemysłowych wyniósł 63,2%. Jest on zbliżony do udziału lasów zagrożonych, który według prognozy wyjściowej może wynieść 69,2%. Zastosowanie bardziej "czułych" kryteriów oceny bioindykacyjnej pozwoliło na zasygnalizowanie stanu uszkodzeń, który przy użyciu "surowszych" kryteriów zaliczania do stref zagrożenia można będzie stwierdzić dopiero około roku 2000.

Możliwa jest także weryfikacja prognozy wyjściowej z uwzględnieniem podziału na poszczególne strefy zagrożenia. Zakładając, że w wyniku długotrwałego przebywania w zanieczyszczonym powietrzu objawy uszkodzeń będą się nasilać, można przyjąć, że drzewostany zaliczone na podstawie oceny metodą bioindykacyjną do poziomu uszkodzeń Ia, spełnią w roku 2000 kryteria zaliczania do I strefy zagrożenia. Natomiast drzewostany zaliczone do poziomów Ib i IIa zostaną zaklasyfikowane do II strefy zagrożenia, a zaliczone do poziomów IIb i III – znajdą się w III strefie zagrożenia. Przy takich założeniach udziały porównywanych powierzchni drzewostanów uszkodzonych i drzewostanów zagrożonych zestawiono w tabeli 1.

Jak wynika z tabeli 1, udział powierzchni zaliczonej do poziomu Ia jest bardzo zbliżony do udziału prognozowanej powierzchni strefy I w ogólnej powierzchni leśnej, a udział powierzchni zaliczonych do poziomów Ib i IIa jest niemal identyczny jak udział prognozowanej strefy II. Natomiast udział drzewostanów zaklasyfikowanych do poziomów IIb

TABELA

Porównanie udziału drzewostanów zaliczonych do poszczególnych poziomów uszkodzenia w ocenie metodą bioindykacyjną z udziałem drzewostanów zaliczonych do poszczególnych stref zagrożenia według prognozy wyjściowej

| Ocena metodą bioindykacyjną | | Prognoza wyjściowa | |
|-------------------------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| Poziomy uszkodzenia drzewost. | % pow. leśn. | Strefy zagrożenia drzewost. | % pow. leśnej |
| Ia | 27,6 | I | 28,7 |
| Ib i IIa | 28,6 | II | 28,2 |
| IIa i III | 7,0 | III | 12,3 |
| ----- | | ----- | |
| Razem Ia–III | 63,2 | Razem I–III | 69,2 |

Źródło: [7], [11], obliczenia własne

i III jest wyraźnie niższy w porównaniu do udziału drzewostanów w III prognozowanej strefie zagrożenia. Różnicę częściowo wyjaśnia to, że ocena metodą bioindykacyjną oparta była na "spisie z natury", natomiast w metodzie prognozowania do stref zagrożenia zaliczono wszystkie drzewostany, jakie znalazły się na obszarach między wyznaczonymi izoliniami. W dużej części dotyczyło to terenów już od dawna zagrożonych, na których pewna część drzewostanów została przebudowana. Jako odporniejsze na zanieczyszczenia mogły nie okazywać objawów ocenianych metodą bioindykacyjną.

Wyjściową prognozę powierzchni zagrożenia lasów zweryfikowano także przez ekstrapolację dotychczasowych tendencji przyrostu udziału lasów zagrożonych. Jest ona możliwa dzięki temu, że główny czynnik zagrażający lasom, to jest emisja SO₂ ze źródeł krajowych, miał względnie stały poziom już od roku 1970. Wynosił on 4,0–4,3 mln ton rocznie. Podobna będzie przypuszczalnie emisja w roku 2000. Przy takim założeniu, na podstawie danych charakteryzujących udział powierzchni drzewostanów zagrożonych w powierzchni lasów państwowych do roku 1988, określono funkcję tego udziału w zależności od czasu. Uwzględniono przy ekstrapolacji, że w rejestrowaniu przez dane statystyczne stanu faktycznego powierzchni drzewostanów zagrożonych zachodzi opóźnienie, zwiększane dodatkowo przez okres potrzebny do opublikowania danych. Przyjmując, że wynosi ono średnio 7 lat oraz, że w stopniu podobnym jak lasy państwowe mogą być zagrożone wszystkie lasy w Polsce, udział lasów zagrożonych w powierzchni leśnej w 2000 r. można szacować na około 48,4%. Jest to wielkość niższa od określonej w prognozie wyjściowej opartej na rozkładzie przestrzennym stężeń SO₂. Mieści się ona w dolnej granicy jej przedziału dokładności o rozpiętości 30%. Przy takim udziale powierzchnia lasów zagrożonych w Polsce w roku 2000 wynosiłaby około 41 884 km².

Podsumowanie

Weryfikacja wyjściowej prognozy powierzchni leśnej w strefach zagrożenia w roku 2000 pozwoliła wyróżnić dwa warianty tej prognozy. Za podstawowy można uznać wariant

prognozy wyjściowej zbudowanej na rozkładzie przestrzennym stężeń dwutlenku siarki. Został on pozytywnie zweryfikowany przez wyniki oceny uszkodzeń drzewostanów metodą bioindykacyjną. Dotyczyło to także udziału prognozowanych powierzchni poszczególnych stref zagrożenia. Wariantowi wyjściowemu prognozy przypisano dokładność $\pm 30\%$. Jak wykazała weryfikacja na podstawie ekstrapolacji dotychczasowych tendencji, możliwe jest wystąpienie zagrożenia lasów na powierzchni o 30% mniejszej niż w wariancie podstawowym.

Ostatecznym rezultatem jest więc prognoza zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery określona przedziałowo. W roku 2000 zanieczyszczenie atmosfery może spowodować wystąpienie objawów charakterystycznych dla stref zagrożenia na powierzchni wynoszącej od około 41,9 tys. km² do około 58,2 tys. km². Może to być od 48,4% do 69,2% powierzchni lasów polskich. Zagrożenie to może wystąpić, jeżeli do 2000 roku utrzyma się poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego występujący w połowie lat osiemdziesiątych.

Literatura

1. **Bosiak A., Łonkiewicz B., Klubińska T.:** Prognoza rozwoju gospodarki leśnej w Polsce do 2010 roku. Warszawa: IBL 1986.
2. **Chróściel S., Juda J.:** Mapy zagrożenia środowiska w Polsce wywołanego emisją SO₂. W: Synteza prac nauk.-badaw. w kier. 7 – Ochr. Środ. Rząd. Progr. Badaw.-Rozw. PR8. Kompleksowy Rozwój Energetyki Warszawa: PW: 1986 s. 209–223.
3. **Graczyk A.:** Ekonomiczne skutki zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery. Sprawozdanie etapowe. Etap I (maszynopis). Wrocław: PETEX 1987.
4. **Graczyk A.:** Ekonomiczne skutki zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery. Sprawozdanie etapowe. Etap III. Metoda szacowania ekonomicznych skutków zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery oraz oszacowanie takich skutków powstałych w 1985 roku (maszynopis). Wrocław: PETEX 1988.
5. **Graczyk A.:** Ekonomiczne skutki zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery i ich prognoza. Etap IV. Prognoza zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery w 2000 r. oraz ekonomicznych skutków tego zagrożenia (maszynopis). Wrocław: PETEX 1989.
6. **Latocha E.:** Wstępna prognoza zagrożenia lasów Polski zanieczyszczeniem atmosfery w 2000 r. W: Graczyk A.: Ekonomiczne skutki zagrożenia lasów polskich zanieczyszczeniem atmosfery. Spraw. etap. Etap VI (maszyn.). Wrocław: PETEX 1988.
7. **Leśnictwo w 1988 r.** Warszawa: GUS 1989.
8. **Łonkiewicz B.:** Prognoza struktury powierzchniowej lasów w Polsce. Sylwan 1983 nr 2 s. 1–8.

9. Narodowy program ochrony środowiska przyrodniczego do roku 2010 (projekt). Warszawa: Min. Ochr. Środ. i Z. Nat. 1988.
10. Ochrona przyrody w Polsce (mapa 1:750 000). Warszawa: PPWK 1981.
11. **Trampler T., Dmyterko E.:** Ocena metodą bioindykacyjną (defoliacji) stanu uszkodzenia lasów w Polsce na podstawie wyników wielkoobszarowej inwentaryzacji 1988 (maszynopis). Warszawa: IBL 1988.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 20 grudnia 1989 r.

Summary

On the basis of an analysis of spatial distribution of sulphur dioxide, the author stated that in 2000 forests stands on an area of 58,218 km², i. R. on about 69.2% of forest area, will be lying in zones of threat. This possibility has been confirmed by an evaluation of the condition of forests made by the bioindicator method in 1988. The lower level the prognosis of area of Polish forests which can lie in 2000 in the zone if threat by air pollution has been determined at 41,884 km². This can make 48.4% of the area of Polish forests.