

JÓZEF ZWOLIŃSKI, ŚWIETŁANA WIDERA

Wpływ niektórych metali nieżelaznych na drzewostany sosnowe

Влияние некоторых цветных металлов на сосновые насаждения

Influence of some non-ferrous metals upon pine stands

Polska jest czołowym producentem i eksporterem metali nieżelaznych takich jak: cynk, ołów i miedź, stąd też udział zakładów przemysłowych związanych z produkcją i przeróbką tych metali w zanieczyszczeniu środowiska naturalnego jest ogromny. Niekorzystne zmiany środowiska spowodowane emisją tych zakładów obserwuje się głównie na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, gdzie zlokalizowana jest większość zakładów przemysłu cynkowo-ołowiowego. Duże niebezpieczeństwo dla środowiska naturalnego stwarza również coraz intensywniej rozwijający się przemysł miedziowy na terenie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego.

Zakłady przemysłu metali nieżelaznych emitują wiele toksycznych związków chemicznych w postaci gazów i pyłów, z których najważniejsze to SO_2 i metale ciężkie (Zn, Pb, Cu, Cd). Związki te oddziałują bezpośrednio i pośrednio na środowisko leśne, prowadząc do postępującej jego degradacji. Nie umniejszając roli innych związków emitowanych przez przemysł metali nieżelaznych, najbardziej toksycznie na drzewostany sosnowe oddziałują SO_2 . Dwutlenek siarki działa bezpośrednio na roślinę wnikać do jej aparatu asymilacyjnego przez szparki oddechowe, zakłóca szereg procesów fizjologicznych, powoduje zaburzenia w fotosyntezie, oddychaniu i transpiracji. To zachowanie równowagi najważniejszych procesów życiowych rośliny, zależne od stężenia i czasu oddziaływania SO_2 , objawia się w sposób widoczny chlorozami i nekrozami igieł, zahamowaniem wzrostu sosny na wysokość i grubość, usychaniem pędów, drzew, czy całych drzewostanów. Niewidoczne gołym okiem, ale znaczące, są zmiany w wyglądzie chloroplastów, a w dalszej kolejności całkowity ich rozpad. Drugim niezwy-

kle ważnym składnikiem emisji zakładów przemysłu metali nieżelaznych są metale ciężkie. Mechanizm ich oddziaływania na rośliny nie jest jeszcze dokładnie poznany, jednak dotychczasowe obserwacje wskazują, że jest on inny niż w przypadku SO_2 . Przede wszystkim mamy tu do czynienia z oddziaływaniem pośrednim. Emitowane przez przemysł metale ciężkie wprowadzane do gleby i kumulowane w niej są przyczyną niekorzystnych zmian właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleby (3, 5). Metale ciężkie oddziałują na drobnostrój glebowy redukując ich liczebność i inhibując szereg istotnych procesów mikrobiologicznych związanych z mineralizacją substancji organicznej oraz przemianą związków chemicznych w formy przyswajalne dla roślin wyższych, czyli po prostu powodują obniżenie żyzności gleby. Poza tym metale ciężkie pobierane z gleby przez roślinę zakłócają jej równowagę fizjologiczną przez inaktywację niektórych enzymów. Mogą także wypierać Mg z chlorofilu i tym samym ograniczać intensywność fotosyntezy (1). Emitowany SO_2 wzmacnia toksyczne działanie metali ciężkich na drzewostany; wprowadzany do gleby kwas siarkowy powstały w wyniku utlenienia i uwodnienia SO_2 powoduje jej zakwaszenie, przez co zwiększa ilość przyswajalnych przez roślinę form metali ciężkich skumulowanych w glebie. Ponadto osłabienie czynności fizjologicznych drzew spowodowane działaniem SO_2 jest przyczyną zakłócenia mechanizmu wybiórczości błon cytoplazmatycznych, stąd metale ciężkie są łatwiej przyswajane z gleby przez roślinę. Zarówno więc SO_2 jak i metale ciężkie, mimo różnych mechanizmów oddziaływania na drzewostany sosnowe, są przyczyną zachwiania równowagi fizjologicznej drzew, co przejawia się obniżeniem produktywności drzewostanów, a w przypadkach ekstermalnych — ich wyginieciem. Osłabione toksycznym działaniem SO_2 i metali ciężkich drzewostany stają się również wrażliwsze na szkodliwą entomofaunę (4).

Wyniki przeprowadzonych kompleksowych badań środowisk leśnych znajdujących się w rejonie oddziaływania zakładów przemysłu metali nieżelaznych przedstawiono na rycinach 1—3. Badaniami objęto drzewostany sosnowe znajdujące się w różnych odległościach od dwóch emitorów: 1. Zakład Górniczo-Hutniczy Cynku i Ołowiu „Bolesław” w nadl. Olkusz, 2. Zakład Przeróbki Mechanicznej rud miedzi przy kopalni Polkowice w nadl. Lublin (LGOM). W przypadku pierwszym mamy do czynienia z długotrwałym oddziaływaniem przemysłu metali nieżelaznych na środowisko leśne (od 1950 r.), w drugim okresie ten jest stosunkowo krótki (ok. 10 lat). Założone powierzchnie badawcze charakteryzowały się zbliżonym typem siedliskowym (Bśw) oraz wiekiem drzewostanów (IV kl.).

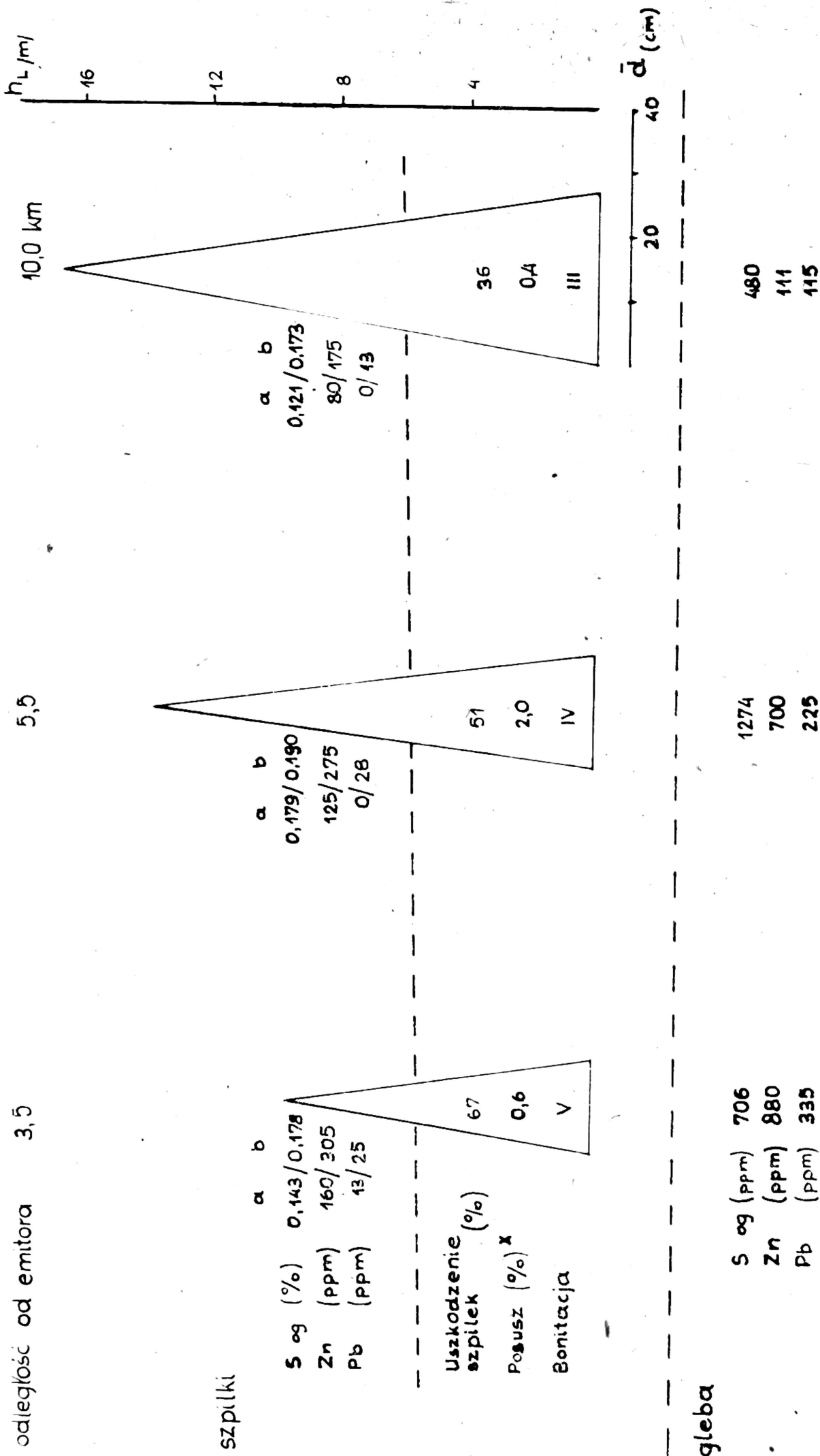
Ryc. 1 przedstawia charakterystykę drzewostanów sosnowych znajdujących się w rejonie oddziaływania ZGH „Bolesław”. Wysokość i pierśnica drzew maleje tu wraz z przybliżeniem się do emitora. Zawartość siarki w igłach i próchniczej części gleb jest wysoka na wszystkich badanych powierzchniach, co świadczy o dużym rozprzestrzenianiu się emitowanego SO_2 . Zasięg emitowanych pyłów zawierających metale ciężkie jest mniejszy, stąd też zawartość metali ciężkich (Zn, Pb) w igłach i glebie spada ze wzrostem odległości od zakładu przemysłowego. Ilość skumulowanej siarki ogólnej i metali ciężkich w igłach

dwuletnich jest wyraźnie wyższa, w porównaniu z ilością tych pierwiastków w igłach jednorocznych. Poza wyraźnymi różnicami w wysokości i pierśnicy drzew stwierdzono, że wraz ze wzrostem przemysłowego skażenia środowiska zwiększa się ilość uszkodzonych igieł (nekrozy, uszkodzenia spowodowane przez owady), natomiast wydzielanie się posuszu jest niewielkie na wszystkich objętych obserwacją powierzchniach. W miarę zwiększania się szkodliwego oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych bonitacja siedliska maleje z III do V.

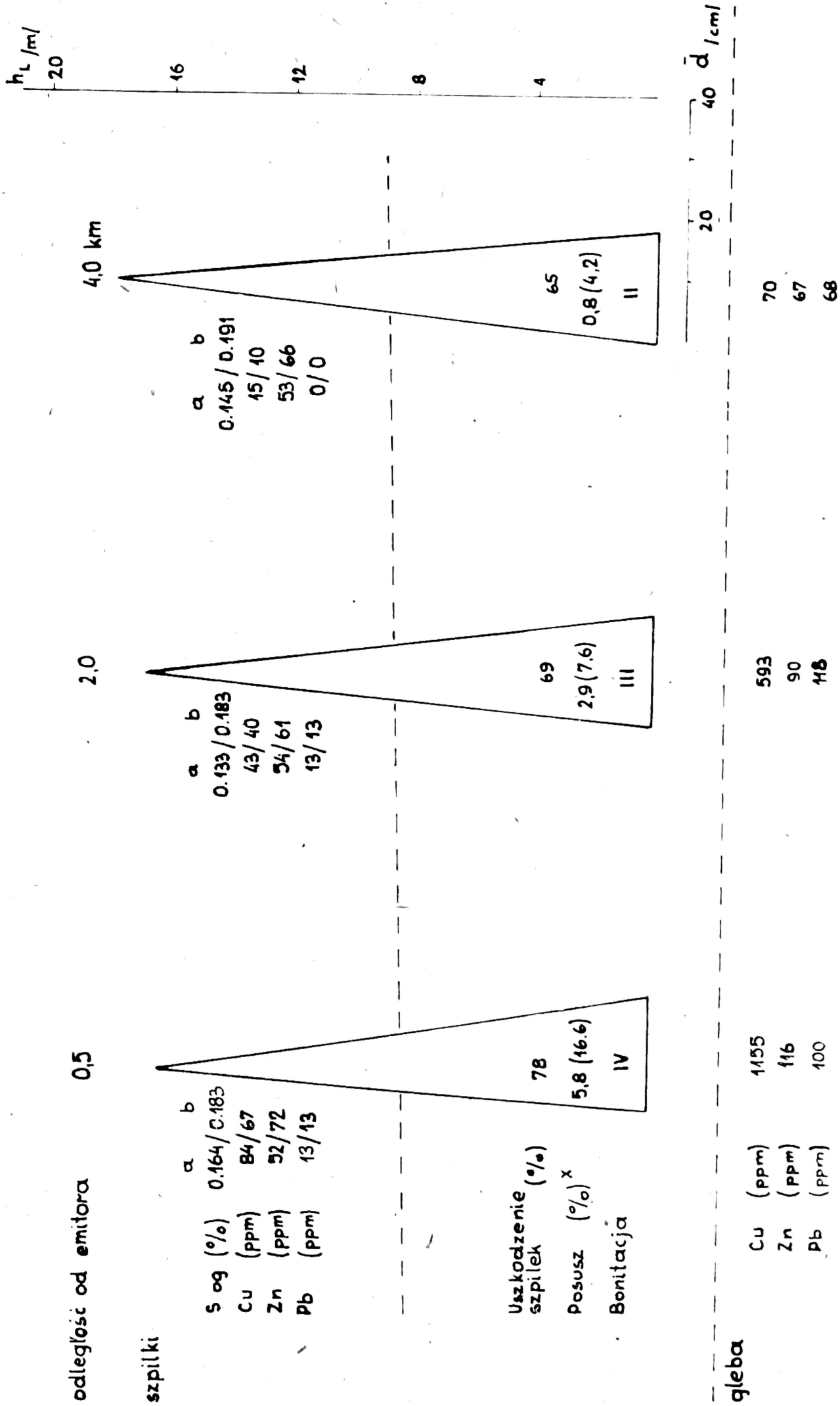
W odróżnieniu od tych omawianych tutaj powierzchni, nie zaobserwowano istotnych różnic w wysokości i pierśnicy w drzewostanach sosnowych zlokalizowanych w rejonie wpływu przemysłu miedziowego, gdzie czas oddziaływania przemysłu jest stosunkowo krótki (ryc. 2). Stwierdzono natomiast wyraźne zmiany w chemizmie materiału roślinnego i gleby. Igły sosny zawierają duże ilości siarki i metali ciężkich (głównie Cu i Zn), przy czym koncentracja tych metali wzrasta wraz z przybliżaniem się do emitora. Zawartość siarki og. i cynku skumulowanych w igłach dwuletnich jest wyższa od ich ilości w igłach jednorocznych, natomiast w przypadku miedzi stwierdzono zależność odwrotną. Dotychczasowe obserwacje nie pozwalają na wytłumaczenie tego zjawiska. W próchniczej części gleb koncentracja metali ciężkich (Cu, Zn, Pb) jest wysoka i spada wraz z odległością od zakładu przemysłowego. Największą ilość uszkodzonych igieł obserwowano na powierzchni znajdującej się w pobliżu emitora, nieco niższą — na powierzchniach bardziej oddalonych. Ilość wydzielanego posuszu była skorelowana z odległością od emitora i była najwyższa na powierzchni najbardziej zanieczyszczonej emisjami przemysłowymi. Z porównania uzyskanych danych z przebiegu tego procesu w latach 1976—79 oraz 1978—79 wynika, że tempo wydzielania się posuszu spadało wraz z upływem czasu. Bonitacja siedliska malała wraz ze wzrostem przemysłowego zanieczyszczenia środowiska.

Badania dotyczące aktywności biologicznej gleb wykazały ujemną korelację między stopniem skażenia gleby a intensywnością jej oddychania (ryc. 3). Zarówno ilość wydzielanego CO₂, jak i przyswajanego O₂ spadała wraz ze wzrostem stopnia zanieczyszczenia gleby, co świadczy m. in. o mniej intensywnych procesach mikrobiologicznego rozkładu substancji organicznej. Wskazuje na to również obniżanie się współczynnika oddechowego (Q) wraz ze wzrostem skażenia gleby. Konsekwencją tego zjawiska jest obserwowane gromadzenie się nie rozłożonej ściółki na powierzchniach silnie zanieczyszczonych emisjami przemysłowymi. Słabszy rozkład substancji organicznej gleby, a także zahamowanie procesów związanych z transformacją związków chemicznych w formy przyswajalne przez rośliny, potwierdzają również badania mikrobiologiczne. Przemysłowe skażenie gleby powoduje bowiem wyraźny spadek aktywności ważnych procesów mikrobiologicznych takich jak rozkład błonnika, czy nitryfikacja (ryc. 3).

Wobec postępującej w LGOM-ie degradacji gleb oraz stwierdzonych wysokich zawartości siarki i metali ciężkich w organach asymilacyjnych sosny, prognozy dotyczące zdrowotności i produktywności występujących tam drzewostanów sosnowych wydają się być pesymistyczne, mimo że w chwili obecnej niekorzystny wpływ przemysłu miedziowego

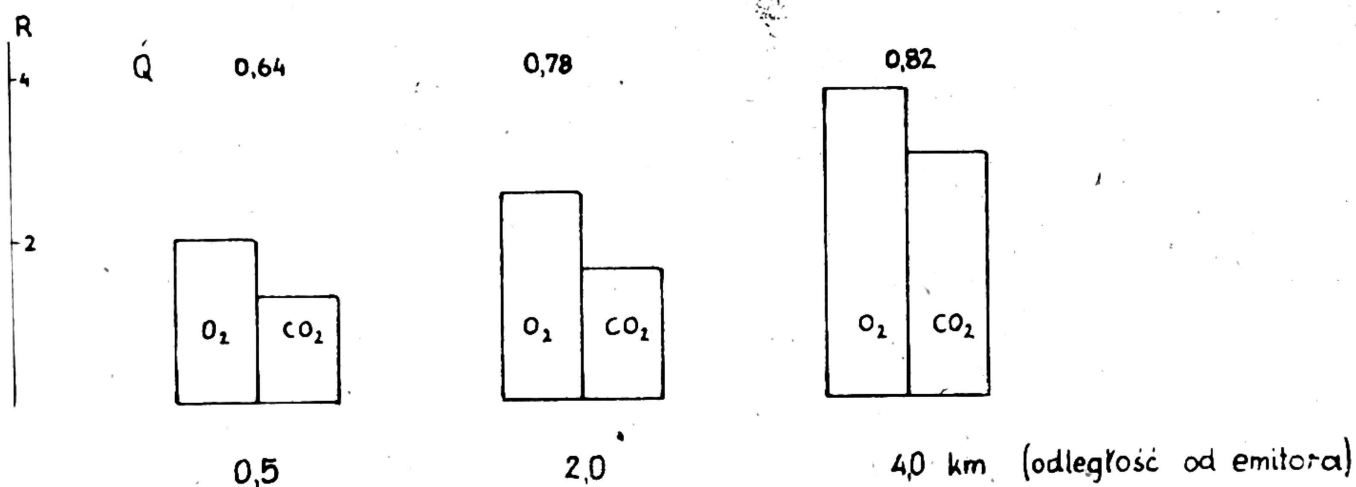


Ryc. 1. Charakterystyka drzewostanów sosnowych w rejonie oddziaływania ZGH Cynku i Ołowiu (x z lat 1978-79): a — szpilki jednoroczne, b — szpilki dwuletnie, h_L — przeciętna wysokość drzew, d — przeciętna pierśnica, x — % wydziałonego posuszu w okresie dwuletnim (1978-79)

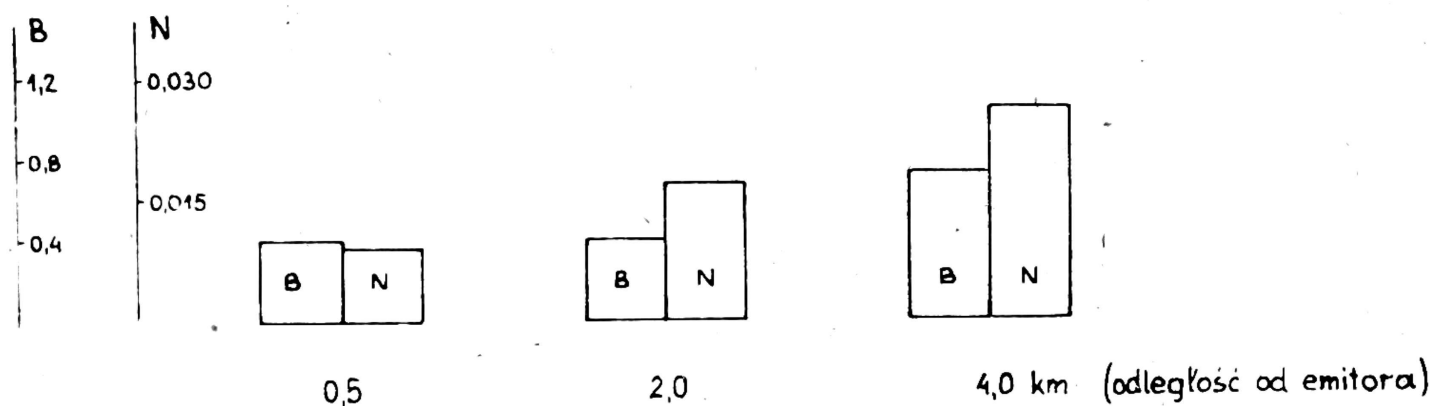


Ryc. 2. Charakterystyka drzewostanów sosnowych w rejonie oddziaływania ZPM rud miedzi (x z lat 1978-79); x — % wydzielonego posuszu w okresie dwuletnim (1978-79); w nawiasie % w okresie czteroletnim (1976-79), pozostate objaśnienia jak na ryc. 1

Oddychanie gleb



Aktywność mikrobiologiczna gleb



Ryc. 3. Aktywność biologiczna gleb leśnych w rejonie oddziaływania ZPM rud miedzi (\bar{x} z lat 1978—79): R — oddychanie gleby, $\mu\text{l O}_2$ i CO_2/g suchej masy gleby/h, Q — współczynnik oddechowy = CO_2/O_2 , B — rozkład błonnika g błonnika/g s.m. gleby/30 dni, N — Nitryfikacja mg $\text{N-NO}_3/\text{g}$ s.m. gleby/15 dni

na drzewostany nie jest jeszcze tak wyraźny, jak np. na poprzednio omawianych powierzchniach w nadl. Olkusz. Duże znaczenie w tym przypadku, poza stopniem skażenia przemysłowego, ma czynnik czasu.

Oddziaływanie SO_2 i metali ciężkich na drzewostany sosnowe wydaje się przebiegać, sądząc z dotychczasowych obserwacji, wg następującego schematu: w pierwszym okresie, tzn. tuż po uruchomieniu zakładu przemysłowego, ujawnia się w zasadzie tylko wpływ SO_2 — przejawia się to m. in. wzmożonym wydzielaniem się posuszu (eliminacja najsłabszych egzemplarzy drzew), w okresie późniejszym tempo wydzielania się posuszu słabnie, a zaczynają się pojawiać symptomy skójarzonego oddziaływania SO_2 i metali ciężkich. Związki te są przyswa-

jane przez roślinę i prowadzą do zakłócenia równowagi jej podstawowych procesów życiowych. Zachodzi również postępująca degradacja siedliska spowodowana głównie przez kumulowane w glebie metale ciężkie, przy czym zahamowanie mikrobiologicznego rozkładu substancji organicznej zuboża w glebie pulę niezbędnych dla sosny substratów odżywczych. Rezultatem skojarzonego wpływu SO_2 i metali ciężkich jest więc zmniejszająca się wraz z upływem czasu zdrowotność i produktywność drzewostanów sosnowych. Można sądzić, że dalsze zanieczyszczanie środowisk leśnych przez zakłady przemysłu metali nieżelaznych, co niestety będzie miało miejsce, doprowadzi je do stopnia skażenia przy którym produkcja pierwotna zostanie całkowicie zahamowana, czego przykładem jest chociażby „pustynia przemysłowa” powstała w wyniku oddziaływania huty cynku w Szopienicach.

Z Zakładu Gospodarki Leśnej
Rejonów Przemysłowych IBL

LITERATURA

1. Buchauer M.J.: Effect of zinc and cadmium pollution on vegetation and soils. Ph. D. Thesis, Rutgers-The State University, New Brunswick 1971.
 2. Jordan M.J., Lechevalier M.P.: Effects of zinc-smelter emissions on forest microflora. Can. J. Microbiol. 1975 Vol. 21 No. 11.
 3. Godzik S.: Szkodliwy wpływ nadmiaru związków siarki na rośliny wyższe, Siarka w biosferze. Warszawa: PWRiL 1980.
 4. Schnaider Z., Sierpiński Z.: Stan zagrożenia przez owady niektórych gatunków drzew leśnych w oollicach przemysłowych Śląska. Pr. IBL 1967 nr 316.
 5. Tyler G.: Effects of heavy metal pollution on decomposition in forest soils. National Swedish Environment Protection Board. Lund 1975.
- Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 31 marca 1981 r.

Краткое содержание

Проводились комплексные исследования относительно влияния двух промышленных предприятий цветных металлов на лесную среду. Полученные результаты исследований и наблюдений дают возможность судить что влияние SO_2 и тяжелых металлов на сосновые насаждения протекает следующим образом в первый период (сразу же после введения в действие промышленного предприятия) наблюдается усиленное выделение сухостоя, как результат воздействия SO_2 ; в позднейший период совместное воздействие SO_2 и тяжелых металлов ведет к нарушению основных жизненных процессов растения. Имеет место также прогрессивная деградация условий местопрорастания вызванная главным образом накоплением в почве тяжелых металлов. Результатом совместного влияния SO_2 и тяжелых металлов является уменьшающиеся с течением времени здоровосостояние и производительность сосновых насаждений.

Summary

There were carried out comprehensive studies concerning the impact of two industrial plants of non-ferrous metals upon forest environment. Results of studies and observations indicate the following course of the impact of SO₂ and heavy metals upon pine stands: during the preliminary period of time (immediately after the industrial plant was set working) one can note increased mortality due to the SO₂ impact; during the following period the combined influence of SO₂ and heavy metals leads to the disturbance of fundamental life functions of plants. Due to heavy metals accumulated in soil there proceeds also the degradation of site. Declining with time health status and productivity of pine stands is thus the result of a combined effect of SO₂ and heavy metals.

Z LITERATURY

Książki Państwowego Wydawnictwa Rolniczego i Leśnego można kupić w księgarniach miejskich i Wojewódzkich Księgarniach Rolniczych „Domu Książki”, w zorganizowanych przez nie punktach sprzedaży i u kolporterów, w kioskach i klubach „Ruch”, w Klubach Gminnych Spółdzielni „Samopomoc Chłopska” oraz w Centralnej Księgarni Rolniczej w Warszawie, Pl. Dąbrowskiego 8.

Adresy Wojewódzkich Księgarni Rolniczych:

15-420 Białystok, ul. Edwarda Próchniaka 5,
85-009 Bydgoszcz, ul. Dworcowa 73,
40-012 Katowice, ul. 15 Grudnia 16,
80-835 Gdańsk, ul. II Grobla 12/14,
25-367 Kielce, ul. Obrońców Stalina 11,

75-035 Koszalin, ul. Zwycięstwa 20,
31-013 Kraków, Rynek Główny 36,
20-115 Lublin, ul. Kowalska 11,
90-440 Łódź, ul. Piotrowska 147,
10-538 Olsztyn, ul. Dąbrowszczaków 7,
45-706 Opole, ul. Hanki Sawickiej 15/17,
61-808 Poznań, ul. Armii Czerwonej 77,
35-074 Rzeszów, ul. Gałęzowskiego 6,
70-427 Szczecin, Pl. Grunwaldzki 1,
50-147 Wrocław, ul. Wita Stwosza 44,
65-068 Zielona Góra, ul. Karola Marksa 4.

W przypadku, gdy nakład jakiejś książki jest kompletnie wyczerpany — niestety pozostaje tylko możliwość skorzystania z niej w bibliotece.