

Grigorij V. ČIRKOV, Nikolaj A. PIROGOV

Sankt-Peterburgskij naučno-issledovatel'skij  
institut lesnogo chozjajstva  
Rossija, 194021, St. Peterburg,  
Institutskij pr., 21

## WSKAŹNIKI I ZNACZENIE WYPADU DRZEW W DRZEWOSTANACH

INDICATORS AND IMPORTANCE OF TREE MORTALITY IN STANDS

***Abstract.** The dynamic of the spruce stands of Leningrad region was studied by addressing the following questions: (1) How does mortality rate vary according to the stem size? (2) How long can the snags stand before they fall down?*

*The observation was carried out on the 8 permanent sample plots that were established in the unmanaged spruce stands about 40 years ago. The significance of tree mortality for forest management is showed.*

*Annual mortality rate decreases consistently with the stem size in all sample plots. The lowest rate (1% per year and less) is in the dead trees with diameter at breast height (DBH) 20 cm and more. The average period of snags standing is 9.6 years and their number decreases with the stem size.*

***Keywords:** mortality rate, snags, logs, period of snag standing, permanent sample plots*

## I. WPROWADZENIE\*

Wypadem określamy drzewa, które zamierają i łamią się w wyniku naturalnego procesu starzenia się, choroby, lub innych czynników abiotycznych (GOST 184866-87. Lesovodstvo. Terminy i opredelenija). Naturalne wypadanie drzew odgrywa znaczną rolę w rozwoju biogeocoenozy. Znajomość dynamiki procesu wypadania drzew jest konieczna dla zrozumienia praw rządzących wzrostem, określenia produktywności potencjalnej, a pośrednio – miąższości drewna użytkowego. Dane dotyczące wypadów są interesujące także dla sporządzenia bilansu węgla, gdyż pochłanianie węgla w trakcie fotosyntezy i jego uwalnianie w trakcie rozkładu materii organicznej stanowią największą część wymiany węgla w atmosferze (KOBAK 1988).

Przy ocenie wpływu ekosystemów leśnych na biosferę należy uznać, że zasoby węgla organicznego zgromadzone są głównie w masie drzewnej pni. Ponadto należy pamiętać, że ekosystemy leśne podlegają bezustannym zmianom. W wyniku walki o istnienie część drzew umiera, tworząc leżaninę, która wymaga ściśle określonego czasu do osiągnięcia stadium próchna. A zatem, przy określaniu zasobów węgla, konieczna jest znajomość miąższości drzew wypadających w trakcie procesu wzrostu lasu.

Znajomość normalnego tempa wypadania drzew jest konieczna dla organizacji monitoringu. Informacje na temat wypadu zawarte w tablicach przyrostu drzewostanów nie wydają się dostatecznie obiecujące z powodów metodologicznych. Wiarygodną informację na temat dynamiki wypadów można uzyskać w drodze długoterminowych obserwacji stałych powierzchni próbnych (SENNOV 1995).

## 2. PRZEDMIOT BADAŃ I METODYKA

Dynamika wypadów w drzewostanach nie objętych działaniami gospodarczymi najlepiej odzwierciedla naturalny przebieg rozwoju drzewostanu, dlatego w takich drzewostanach wybrano 8 stałych powierzchni próbnych. Główne charakterystyki taksacyjne powierzchni próbnych zawarte są w tabeli 1.

Wszystkie powierzchnie próbne zostały założone w doświadczalnym gospodarstwie leśnym Siverskoe w okresie 1958–1970 w modelowych (typowych dla danych warunków) drzewostanach o jednakowym typie lasu, ale różniących się składem gatunkowym i wiekiem.

---

\* Zagadnienia przedstawione w pracy były prezentowane podczas II Międzynarodowej konferencji młodych uczonych „Las Eurazji w XXI wieku: wschód–zachód”, 1–5.10.2002, Kamieniuki–Białowieża.

Tabela 1

Table 1

## Podstawowe charakterystyki badanych obiektów

Basic stand characteristics of sample plots

Numer stałej pow. próbnej No of sample plot	Daty pierwszego i ostatniego pomiaru Years of the first and the last measurement	Skład gatunkowy Stand composition	Wiek Age	Zwarcie Relative density	Zapas Growing stock
		%	lata years		m <sup>3</sup> /ha
1	1963	77Św 3So 14Brz 5Os 1Ol	50	0,95	198,9
	2002	69Św 3So 13Brz 15Os	89	0,95	463,0
2	1963	70Św+So 18Brz 12Os	63	1,06	320,4
	2002	66Św+So 21Brz 13Os	102	0,87	425,4
3	1963	62Św 3So 15Brz 19Os 1Ol	80	0,85	353,9
	1997	66Św 3So 13Brz 18Os	114	0,98	541,4
5	1963	56Św 3So 28Brz 13Os	75	1,00	377,9
	1997	57Św 2So 28Brz 13Os	109	1,06	544,0
7	1963	71Św 6So 22Brz 1Os	65	0,98	333,8
	1996	76Św 6So 16Brz 2Os	98	0,98	466,7
8	1963	54Św 5So 41Brz	85	0,94	383,7
	1996	56Św 5So 39Brz	118	0,97	485,5
2 1	1970	87Św 7So 3Brz 3Os	66	0,87	308,0
	1998	85Św 7So 3Brz 5Os	94	0,88	491,1
2 d	1958	92Św 8Brz	70	0,73	276,6
	1996	91Św 9Brz	108	0,79	477,3

Św – spruce, So – pine, Brz – birch, Os – aspen, Ol – alder

Stałe powierzchnie próbne miały z zasady kształt prostokątny i były rozmieszczone w centralnych, charakterystycznych częściach wydzielen taksacyjnych. Na obwodzie tych powierzchni wydzielono otulinę ochronną szerokości 20 m. Powierzchnie te zostały pomierzone geodezyjnie i powiązane z siecią przestrzennego podziału lasu.

Wszystkie drzewa na powierzchniach próbnych zostały ponumerowane. Pomiary były wykonywane okresowo, w odstępie 5–9 lat. Przy każdym nawrocie pomiarów mierzono wysokość i pierśnicę drzew, określano kategorię ich jakości technicznej i stan zdrowotny. W przypadku wypadu drzewa określano jego kategorię (posusz, wiatrował, wiatrołom, śniegołom), a w przypadku drzew uschłych na pniu dodatkowo rejestrowano datę ich upadku na ziemię (FILIPPOV i PIROGOV 2001).

Dla większości powierzchni próbnych wykonano mapę rozmieszczenia pni i koron, co daje możliwość uzupełnienia danych o aktualnych zmianach parametrów taksacyjnych i hodowlanych poszczególnych drzew i ustalenia przyczyn ich dobrego rozwoju czy wypadu. Całkowita liczba stałych powierzchni próbnych wynosiła 47. W okresie obserwacji wykonano na nich ponad 200 pomiarów.

Celem założenia i prowadzenia obserwacji na stałych powierzchniach próbnych było stworzenie bazy dla rozpoznania całego zakresu problemów związanych

z gospodarką leśną, w tym głównie badanie przebiegu wzrostu upraw o różnym składzie gatunkowym na różnych siedliskach leśnych, pomiar przyrostu i wypadu całych drzewostanów, jak i poszczególnych drzew, poznanie przebiegu naturalnego odnowienia w różnych stadiach rozwoju, ocena ilości węgla i tempa jego wiązania w drzewostanach. Oddzielnie miała być oceniana wartość otrzymywanych materiałów z obserwacji powierzchni próbnych, jako kontrola dla badań porównawczych przebiegu wzrostu lasów naturalnych i lasów zagospodarowanych.

Matematyczne opracowanie zebranych danych zrealizowano z zastosowaniem programów MS Excel 2000 i Statistica 6.0. oraz wykorzystując współczesne metody statystyczne (ZHUIGUNOV i in. 2002). Otrzymane charakterystyki drzewostanów na wszystkich powierzchniach próbnych, uszeregowanych wg wieku, odzwierciedlają naturalny ciąg rozwoju konkretnego drzewostanu (przebieg wzrostu). Ponadto, drzewostany te należą do tego samego typu lasu – boru świerkowego czerniowego świeżego (bór mieszany świeży – BMśw). Dlatego z wysokim stopniem prawdopodobieństwa można uznać, że wyniki tych badań ujawniają dynamikę rozwoju drzewostanów tego typu lasu.

Po obliczeniu ilości uschłych i wypadłych drzew różnych gatunków w drzewostanie ustalono udział naturalnego wypadu dla każdej klasy grubości drzew. W celu określenia wielkości wypadu rocznego użyto wzoru (RUNKLE 2000):

$$T = \left[ 1 - \left( \frac{N}{N_0} \right)^{\frac{1}{u}} \right] \times 100\%$$

gdzie:

- $T$  – średnio roczne tempo wypadów (%),
- $N$  – liczba drzew żywych na koniec okresu obserwacji,
- $N_0$  – początkowa liczba drzew żywych,
- $u$  – liczba lat między pomiarami.

Tempo wypadów było ustalone w ramach stopni grubości drzew podczas każdej inwentaryzacji. Wielkość wypadu rocznego w całym okresie badań ustalono jako średnią z kolejnych okresów obserwacyjnych.

Dla ustalenia liczby lat stojącego martwego drewna na pniu przyjęto następującą procedurę (metodykę). Jeśli drzewo w roku pomiarów należało do kategorii „posusz”, a przy następnym pomiarze przeszło do kategorii „leżanina”, to okres pozostawania suchego drzewa na pniu przyjęto za równy połowie długości okresu między pomiarami.

Na wszystkich powierzchniach próbnych pomiary były przeprowadzane w odstępach 5–9 lat, dlatego maksymalny możliwy błąd w określeniu tego wskaźnika nie powinien przewyższać 4,5 lat. W rzeczywistości maksymalna wartość błędu w określaniu momentu upadku drzewa na ziemię jest mniejsza, ponieważ znaczna część pomiarów była wykonywana nie rzadziej niż co 5 lat, a liczba wziętych pod uwagę suchych drzew na wszystkich powierzchniach próbnych jest znaczna i wynosi 1680.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

#### Naturalne tempo wypadania drzew

Bez znajomości naturalnego tempa wypadania drzew z drzewostanu nie jest możliwe oszacowanie procesów zachodzących w biogeocenozie. Przez tempo wypadania autorzy rozumieją prędkość zamierania i wywracania się drzew pod wpływem różnych czynników w poszczególnych stadiach rozwoju drzewostanów.

Pierwszym krokiem przy określeniu tempa rocznego wypadu jest ustalenie udziału leżaniny w stopniach grubości (tab. 2). W momencie wyboru powierzchni próbnych drzewostan nr 1 był najmłodszy (jego wiek w chwili pierwszych pomiarów wynosił 50 lat) i dlatego liczba drzew wypadłych jest większa, zwłaszcza w stopniu grubości 8 cm, niż na pozostałych powierzchniach. Udział drewna martwego w stopniach grubości na wszystkich powierzchniach odzwierciedla krzywa hiperboliczna, natomiast dla miąższości żywych drzew charakterystyczny jest rozkład normalny

Należy zwrócić uwagę, że przy ustalaniu tempa corocznego wypadu, liczba drzew, które przeżyły ( $N$ ), jest określana jako różnica pomiędzy liczbą drzew

Tabela 2

Table 2

#### Rozkład liczby martwych drzew w całym okresie obserwacji

Distribution of the total number of dead trees for the all observation period

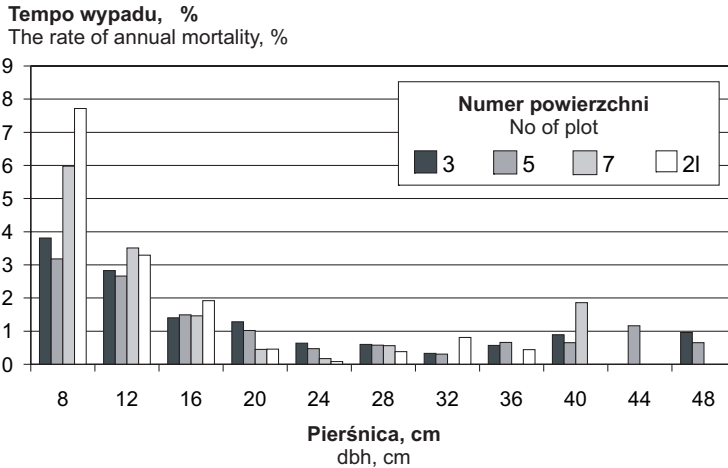
Pierśnica dbh	Całkowita liczba drzew martwych na powierzchniach próbnych								Ogółem Sum	%
	Total number of dead trees on sample plots									
cm	1	2	3	5	7	8	2l	2d		
8	159	74	83	83	91	37	81	17	625	37,2
12	54	63	66	98	101	76	40	15	513	30,5
16	22	26	34	54	41	38	18	16	249	14,8
20	7	17	29	29	9	19	5	7	122	7,3
24	1	16	11	12	2	13	1	9	65	3,9
28	1	12	9	12	3	9	2	6	54	3,2
32		9	3	5	0	6	2	4	29	1,7
36		2	3	3	0		1	1	10	0,6
40		0	4	1	1			2	8	0,5
44		0	0	1					1	0,1
48		1	2	1					4	0,2
<b>Ogółem Sum</b>	244	220	244	299	248	198	150	77	1680	100
%	14,5	13,1	14,5	17,8	14,8	11,8	8,9	4,6	100	×
$D_{\text{such}}$	10,1	14,7	14,6	14,4	11,9	14,9	11,3	17,4	×	×
$D_{\text{zyw.}}$	14,7	18,6	20,7	20,1	17,5	20,8	17,4	23,6	×	×
$k=D_{\text{such}}/D_{\text{zyw.}}$	0,69	0,79	0,71	0,72	0,68	0,72	0,65	0,74	×	×

$D_{\text{such}}$  – pierśnica drzew suchych

dbh of dead trees

$D_{\text{zyw.}}$  – pierśnica drzew żywych

dbh of living trees



**Ryc. 1. Roczne tempo wypadu drzew na stałych powierzchniach próbnych**

Fig. 1. The rate of annual mortality rates on permanent sample plots

żywych w danym stopniu grubości w minionym okresie badań a liczbą wypadłych w poprzednim okresie

Coroczne tempo wypadów w poszczególnych stopniach grubości zmniejsza się wraz ze wzrostem grubości drzew martwych (ryc. 1). Na rycinie 1 przedstawiono tempo wypadów tylko dla 4 powierzchni próbnych (nr 3, 5, 7 i 21). Na pozostałych powierzchniach (nr 1, 2, 8 i 2d) tempo wypadów miało analogiczny przebieg. Najniższe tempo wypadów (poniżej 1% rocznie) jest wśród drzew ze stopni grubości 20 cm i więcej. Na wszystkich powierzchniach próbnych największe tempo wypadu rocznego jest w stopniu grubości 8 cm, co wskazuje, że najszybciej wypadają drzewa przygłuszone, o wolniejszym tempie wzrostu. Rozrzut danych w stopniach grubości, od 8 do 40 cm, okazał się nieistotny, co potwierdza analiza minimalnych i maksymalnych wartości tempa wypadu. Test Wilcoxon pokazał, że przy 5% progu ufności ( $p=0,066$ ) różnica między krytycznymi wartościami tempa wypadów jest nieistotna.

Na podstawie badań dotyczących zależności rocznego tempa wypadów od stopnia grubości drzew wyprowadzono równanie charakteryzujące dynamikę tempa wypadu w drzewostanach świerkowych w obwodzie leningradzkim. Zgodnie z wynikami analizy równanie regresji ma następującą postać.

$$Y = 117,669 \times X^{-1,52846}$$

gdzie:

$Y$  – tempo rocznego wypadu drzew  $T$  (%),

$X$  – średnica wypadłych drzew (cm).

Współczynnik determinacji wynosi 74,355%, co oznacza, że równanie dobrze opisuje badaną zależność.

## Czas pozostawania suchych drzew na pniu

Niezależnie od wieku i składu drzewostanów część drzew przechodzi do kategorii “posusz”, która w określonym czasie staje się “leżaniną”. Okres ten wg niektórych autorów (Sokolov, Bakhtin, 2001) wynosi 40–45 lat. Na badanych obiektach zostały zarejestrowane suche okazy świerka pozostające na pniu 28 lat. Średni czas pozostawania suchego drzewa na pniu ( $p_{sr.}$ ) wynosi 9,6 lat. W tabeli 3 przedstawiono liczbę drzew leżaniny powstającej z posuszu w zależności od długości czasu pozostawania suchych drzew na pniu i w zależności od ich grubości.

Łącznie do kategorii leżaniny przeszło ponad 1377 suchych drzew, tzn. 82% całkowitej ich liczby. Z nich 85% stanowiło leżaninę cienką o grubości 8–16 cm. Analiza siły związku między grubością drzew suchych i czasem pozostawania na pniu ujawniła korelację ujemną ( $r = -0,752033 \pm 0,233$ ;  $p = 0,012109$ ;  $n = 10$ ). Ponadto, jeśli założyć, że suche drzewo o piersnicy 36 cm pozostające na pniu do 25 lat zdarza się tylko wyjątkowo i pominąć tę wartość, współczynnik korelacji wzrośnie i będzie wynosił:  $r = -0,905405 \pm 0,15$ . Przytoczone wielkości pozwalają upewnić się, że wraz ze wzrostem piersnicy suchych drzew skraca się okres pozostawania ich na pniu. Średnia grubość leżaniny, wraz z wydłużaniem się okresu pozostawania na pniu, ma tendencję do zmniejszania się, choć związek ten ma mniej wyraźny charakter.

Tabela 3

Table 3

### Długość okresu pozostawania suchych drzew na pniu

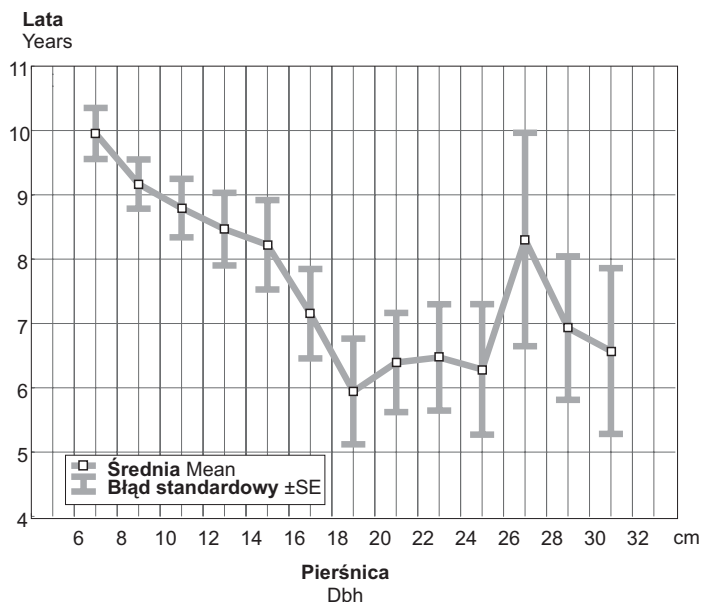
Time of snags remain standing in the stand

Piersnica dbh	Liczba drzew suchych stojących na pniu przez $n$ lat Number of snags remain standing for $n$ years							Średni okres pozostawania na pniu Mean time of snags remain standing	
	$n$						razem sum	%	lata years
cm	5	10	15	20	25	30			
8	176	166	150	31	9	3	535	38,9	10,7
12	200	143	61	11	17	2	434	31,5	9,3
16	101	55	32	3	4		195	14,2	8,7
20	60	24	9	4	1		98	7,1	8,0
24	20	16	6	1	1		44	3,2	9,0
28	20	9	4		3		36	2,6	9,0
32	12	6	2		0		20	1,4	7,5
36	4	2	1		1		8	0,6	10,0
40	5	1					6	0,4	5,8
48	1						1	0,1	5,0
<b>Razem Sum</b>	599	422	265	50	36	5	1377	100	9,6
%	43,5	30,7	19,2	3,6	2,6	0,4	100	×	×
D <sub>leżanina</sub>	14,1	12,7	11,2	10,6	14,0	9,6	×	×	×

D<sub>leżanina</sub> – dbh of fallen snags

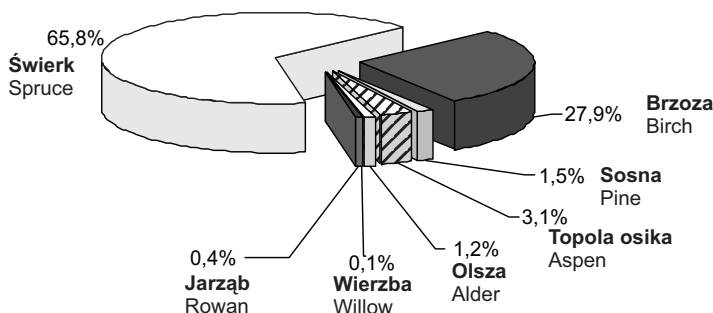
Średni okres pozostawiania martwego drewna na pniu wyraźnie zmniejsza się wraz ze wzrostem grubości drzewa (ryc. 2). Niekiedy jest to widoczne dopiero w stopniach grubości powyżej 26 cm, co można wyjaśnić małą reprezentatywnością liczby wypadłych drzew. To także wydaje się być główną przyczyną wzrostu błędu standardowego wartości średniej. Dalsze obserwacje na stałych powierzchniach obserwacyjnych pozwolą dokładniej określić okres pozostawiania na pniu suchych drzew o dużej grubości.

Skład gatunkowy drzewostanów na stałych powierzchniach próbnych charakteryzuje się udziałem świerka wynoszącym średnio 65–70%. Skład gatunkowy całego wypadu (1377 drzew) jest podobny (ryc. 3).



**Ryc. 2. Zależność przeciętnego okresu pozostawiania posuszu na pniu od jego grubości**

Fig. 2. Relationship between the average period when snags remain standing with the size of the stem



**Ryc. 3. Udział posuszu drzew różnych gatunków**

Fig. 3. Share of dead trees (snags) of different species



## Wypad drzew a użytkowanie przedrębne

Powszechnie wiadomo, że z ekonomicznego punktu widzenia celem hodowli lasu jest produkcja drewna i otrzymanie jak największej korzyści z konkretnego wydzielenia leśnego, natomiast z ekologicznego punktu widzenia – utrzymanie stabilności lasu w całym okresie jego rozwoju.

Kompletność i jakość podstawowej bazy taksacyjnej w znacznej mierze wpływa na dokładność danych inwentaryzacyjnych i odpowiednio na wiarygodność prognoz, a także na racjonalność projektowanych i planowanych rozwiązań w zakresie gospodarki leśnej i użytkowania lasu. W szczególności możliwe jest określanie wielkości naturalnego wypadu podczas ustalania rozmiaru użytkowania przedrębnego.

Cięcia użytkowania podrzędnego są głównym źródłem pozyskania w krótkim obiegu dodatkowego strumienia drewna, a zarazem zabiegiem poprawiającym strukturę i jakość pozostającego drzewostanu. Zmniejszenie miąższości odpadów w drzewostanach zagospodarowanych następuje dzięki zmniejszeniu naturalnego wypadu drzew nie rokujących dalszego przyrostu poprzez ich wycięcie w trakcie trzebieży.

Główne pozyskanie drewna następuje podczas cięć i z zasady w drzewostanach o wysokiej bonitacji. Praktyka pokazuje, że obecnie w przedsiębiorstwie leśnym wzrasta udział użytkowania przedrębnego. Na przykład w 1997 r. na podstawie wyników międzywydziałowej komisji z udziałem przedstawicieli organizacji ekologicznych stwierdzono znaczący wzrost użytkowania przedrębnego. To znaczy, że obcinamy gałąź, na której siedzimy. Zyski doraźne zamieniają się w dalszej przyszłości w straty. Nastąpi stopniowe pogorszenie struktury sortymentowo-rodzajowej i utrwalenie drzewostanów uformowanych tymi cięciami. W obwodzie Leningradzkim pierwsze cięcia lepszych nasadzeń doprowadziło do długotrwałej nieobecności wysokoprodukcyjnych żywotnych drzewostanów o dużej bioróżnorodności. Przeciętny wiek sośnin Ia klasy bonitacji wynosi 43 lata, I – 56, II – 62, III – 63, IV – 67, Va – 79, Vb – 98 lat. Podobny jest obraz sytuacji w drzewostanach świerkowych.

Obecnie cięcia rębne są wyznaczane w drzewostanach o zwarciu 0,7 i więcej. W przeszłości (1948) podręczniki użytkowania lasu zalecały trzebieże i cięcia przerębne w drzewostanach o zwarciu 0,8 i więcej. Która z tych wielkości wydaje się bardziej prawidłowa przy wyznaczaniu cięć w drzewostanach o wysokiej bonitacji? Na to pytanie spróbowaliśmy dać odpowiedź.

W celu wyjaśnienia udziału rocznego wypadu i rzeczywistej dynamiki zwarcia wybrane zostały powierzchnie próbne (z dominacją sosny i świerka) w przedziale wiekowym odpowiadającym okresowi prowadzenia cięć trzebieżowych.

W tabelach 4–7 przedstawiono główne charakterystyki badanych drzewostanów wg gatunków dominujących i typów lasu. Wypad roczny we wszystkich drzewostanach wysokobonitacyjnych (klasy Ia–II) został obliczony w stosunku do miąższości gatunku dominującego w czasie ostatniego pomiaru.

Tabela 4

Table 4

**Wybrane charakterystyki drzewostanów: sośniny czernicowo-konwalijkowe (BMśw)**Chosen characteristics of *Scots pine myrtillus* forest type (*Majanthemum bifolium*)

Numer pow. No of sample plot	Wiek początkowy, lata Initial age of stand, years	Okres obserwacji, lata Observation period, years	Zapasy w chwili ostatniego pomiaru, m <sup>3</sup> /ha (zwarcie początkowe-końcowe) Growing stock at the moment of the last measurement, m <sup>3</sup> /ha (initial and final relative density)	Wypad całkowity w okresie obserwacji Total mortality during observation period, m <sup>3</sup> /ha	Roczne tempo wypadu Annual rate of mortality (%)
15 b	40	26	416 (0,9–1,0)	121	1,1
16 a	33	27	351 (0,8–1,0)	108	1,1
16 b	33	27	373 (0,8–1,1)	57	0,6
19 a	41	18	360 (0,8–0,9)	65	1,0
20 a	34	27	439 (1,1–1,1)	90	0,8
22	43	20	357 (0,6–0,9)	10	0,1
23	46	20	410 (0,7–1,0)	18	0,2

Tabela 5

Table 5

**Wybrane charakterystyki drzewostanów: świerczyny czernicowo-konwalijkowe (BMśw)**Chosen characteristics of *Norway spruce myrtillus* forest type (*Majanthemum bifolium*)

Numer pow. No of sample plot	Wiek początkowy, lata Initial age of stand, years	Okres obserwacji, lata Observation period, years	Zapasy w chwili ostatniego pomiaru, m <sup>3</sup> /ha (zwarcie początkowe-końcowe) Growing stock at the moment of the last measurement, m <sup>3</sup> /ha (initial and final relative density)	Wypad całkowity w okresie obserwacji Total mortality during observation period, m <sup>3</sup> /ha	Roczne tempo wypadu Annual rate of mortality (%)
1	50	30	411 (0,9–0,9)	75	0,6
2	63	30	482 (1,1–1,1)	102	0,7
2 1	66	21	460 (0,9–0,9)	69	0,7
3	80	33	541 (0,8–1,0)	125	0,7
5	75	33	544 (1,0–1,1)	124	0,7
7	65	32	467 (1,0–1,0)	123	0,8
2 d	70	38	477 (0,7–0,8)	109	0,6

Analiza wyników umożliwia następujące wnioski:

1. W borze świeżym sosnowo-czernicowym, w przeciwieństwie do boru świerkowego, obserwuje się wzrost (wraz z wiekiem) stopnia zadrzewienia. Jest to zgodne z wynikami naszych badań nad rozmieszczeniem w drzewostanie drzew różnych gatunków. Główna część przyrostu drewna, jak wiadomo, odkłada się na pniach drzew I-II klasy wysokości. Przy tym duży zapas może osiągnąć drzewostan, w którym rozmieszczenie drzew na powierzchni ma charakter równomierny. Inaczej mówiąc, im bardziej równomiernie rozmieszczone są drzewa na

Tabela 6  
Table 6Wybrane charakterystyki drzewostanów: sośniny czernicowo-płonnikowe (Bśw)  
Chosen characteristics of *Scots pine myrtillus* forest type (*Polytrichaceae*)

Numer pow. No of sample plot	Wiek początkowy, lata Initial age of stand, years	Okres obserwacji, lata Observation period, years	Zapas w chwili ostatniego pomiaru, m <sup>3</sup> /ha (zwarcie początkowe-końcowe) Growing stock at the moment of the last measurement, m <sup>3</sup> /ha (initial and final relative density)	Wypad całkowity w okresie obserwacji Total mortality during observation period, m <sup>3</sup> /ha	Roczne tempo wypadu Annual rate of mortality (%)
9	55	30	440 (0,8–1,2)	44	0,3
15 r	40	26	308 (0,6–0,8)	48	0,6
19 b	41	18	346 (0,9–0,9)	63	1,0
1 l	52	18	381 (0,7–1,0)	43	0,6
4 l	36	21	327 (0,8–1,0)	76	1,1

Tabela 7  
Table 7Wybrane charakterystyki drzewostanów: świerczyny czernicowo-płonnikowe (Bśw)  
Chosen characteristics of *Norway spruce myrtillus* forest type (*Polytrichaceae*)

Numer pow. No of sample plot	Wiek początkowy, lata Initial age of stand, years	Okres obserwacji, lata Observation period, years	Zapas w chwili ostatniego pomiaru, m <sup>3</sup> /ha (zwarcie początkowe-końcowe) Growing stock at the moment of the last measurement, m <sup>3</sup> /ha (initial and final relative density)	Wypad całkowity w okresie obserwacji Total mortality during observation period, m <sup>3</sup> /ha	Roczne tempo wypadu Annual rate of mortality (%)
11	76	26	523 (1,0–0,9)	139	1,0
20 b	34	27	435 (0,9–1,0)	105	0,9
7 l	68	20	362 (0,8–0,8)	72	1,0

powierzchni, tym w większym stopniu poszczególne drzewa wykorzystują potencjalną żyzność gleby i warunki świetlne, dzięki czemu osiągają najwyższą spośród wszystkich miąższość.

Rozmieszczenie w drzewostanach, zarówno sosnowych, jak i świerkowych, drzew I klasy wysokości jest regularne (stosunek dyspersji do średniej jest mniejszy do 1). Natomiast rozmieszczenie drzew II klasy wysokości w drzewostanach sosnowych ma charakter przypadkowy, a w drzewostanach świerkowych – grupowy. Udział drzew I–II klasy wysokości w drzewostanach sosnowych wynosi ok. 90%, natomiast w świerkowych – 40%.

2. Roczne tempo wypadów w okresie wykonywania trzebieży z reguły wynosi poniżej 1%. Wyraźnie widoczna jest zależność rocznego wypadu od stopnia zwarcia drzewostanu w momencie zakładania powierzchni próbnych. Najmniejszy procent wypadów (0,1; 10 m<sup>3</sup>/ha w ciągu 20 lat) ma drzewostan sosnowy o zwarcu

początkowym 0,6. Przy zwarcie początkowym (w momencie rozpoczęcia badań) 0,7 roczny wypad w okresie badawczym (20 lat) wyniósł 0,2%, tzn. 18 m<sup>3</sup>/ha. W obydwu przypadkach w ciągu 20 lat zwarcie względne wzrosło o 0,3 jednostki.

Tak znikoma ilość wypadów nie ma żadnego znaczenia dla gospodarki leśnej przy prowadzeniu trzebieży. Co więcej, dla utrzymania bioróżnorodności (zróżnicowania warunków wzrostu gatunków) takie wybiórcze zmniejszenie zapasu może mieć wpływ tylko negatywny.

Obliczony procent rocznego wypadu został porównany z analogicznymi danymi norm dla taksacji lasu (Ežegodnyj otpad normal'nych drevostoev, tabl. 95). Rozbieżność wyników sięgała 50%.

Analizując czynniki wpływające na wypad pojedynczych drzew w drzewostanie wyciągnięto wnioski, że na proces wypadu drzew mają istotny wpływ wymiary drzewa i położenie korony. Przy tym dla sosny głównym czynnikiem jest brak osłony górnej, natomiast dla świerka brak osłony bocznej. Prawdopodobnie jest to związane ze specjalnymi właściwościami formy i struktury koron tych gatunków drzew. U sosny główna masa igieł jest zlokalizowana w górnej części korony, a u świerka – w środkowej części.

W czasie zabiegów hodowlanych w drzewostanach świerkowych nie należy dopuszczać do dużego zwarcia koron w jednej warstwie, w tym także w biogrupach. Gdy głównym celem hodowlanym jest sosna, zaleca się usuwać drzewa stanowiące osłonę górną, nawet jeżeli rosną one nie w bezpośredniej odległości, lecz nieco dalej.

Na podstawie zebranych materiałów i przeprowadzonej analizy można sformułować następujące wnioski:

1) normy wyznaczania cięć przedrębnych trzeba utworzyć nie tylko na podstawie oceny warunków wzrostu, ale także biorąc pod uwagę wzajemne zależności między drzewami różnych gatunków. Pożądane jest przy tym posługiwanie się stopniem zwarcia nie względnym lecz absolutnym, gdyż przy jego ocenie subiektywizm nie prowadzi do dużych błędów.

2) przy wyznaczaniu cięć przedrębnych trzeba się posługiwać jako wskaźnikiem stopniem zwarcia względnym w minionym okresie (nie mniejszym niż 0,8).

### **Przyrost i wypadki w drzewostanach sosnowych wysokiej bonitacji**

W leśnictwie i w gospodarstwie leśnym jako wskaźnika przyrostu miąższości stosuje się na ogół przyrost przeciętny niecałkowity (przeciętna zmiana miąższości), otrzymany przez podzielenie wartości aktualnej miąższości drzewostanu przez jego wiek. Wskaźnik ten, chociaż go łatwo określić, ma jednak istotne wady. Przy jego obliczaniu nie uwzględnia się bowiem rozmiaru użytkowania przedrębnego ani naturalnego wypadu, natomiast podstawą jest tylko obliczony zapas drzewostanów. W ten sposób przeciętna zmiana zapasu nie odzwierciedla rzeczywistej produktywności lasów.

Dużo lepszym wskaźnikiem jest przyrost przeciętny całkowity, uwzględniający rozmiar użytkowania przedrębego. Jednakże dla jego obliczenia konieczna jest znajomość rozmiaru użytkowania przedrębego (rzeczywistego wypadu) w całym okresie wzrostu drzewostanu, dlatego ten rodzaj przyrostu w praktyce nie jest stosowany.

Przeciętna zmiana zapasu, podobnie jak i całkowity przeciętny przyrost mają poważną wadę – oba rodzaje przyrostu odzwierciedlają tylko zależność zapasu od wieku, przez co wydają się wielkościami łatwo wyliczalnymi, co prowadzi do nieprawidłowej oceny aktualnego przyrostu. Na przykład nawet w drzewostanach dojrzałych przeciętna zmiana zapasu jest zawsze wartością dodatnią, chociaż w rzeczywistości zapas już się zmniejsza.

Bieżący przyrost miąższości drzewostanu, otrzymany w wyniku jednorazowego pomiaru drzew, zawsze jest mniejszy niż przyrost określony na podstawie pomiarów cyklicznych. Na różnicę składa się bieżący przyrost pni drzew, które w okresie obserwacji dołączyły do drzew objętych pomiarem, oraz bieżący przyrost drzew wypadu.

Na podstawie wyników długookresowych badań nad rozwojem wysokobonitacyjnych drzewostanów sosnowych na stałych powierzchniach próbnych planowaliśmy wykazać rzeczywistą różnicę między bieżącym przyrostem bez udziału drzew wypadu i z ich udziałem, to znaczy ustalić prawomocność posługiwania się wielkością bieżącego przyrostu w dotychczasowych tablicach.

Do analizy wykorzystano dane z kolejnych pomiarów na siedmiu stałych powierzchniach próbnych w borze czernicowo-konwalijkowym (BMśw) i siedmiu powierzchniach w borze czernicowo-płonnikowym (Bśw) (tab. 8–9). W obu typach lasu drzewostany są o dużej zasobności (wskaźnik zadrzewienia 0,8–1,0), reprezentują Ia–I klasę bonitacji. W momencie prowadzenia pomiarów początkowych drzewostany były na granicy II–III klasy wieku, w końcu badań – o jedną klasę wieku starsze.

Obliczony przyrost bieżący (z udziałem miąższości wypadu) był porównany z analogicznym z tablic przyrostu drzewostanów dla normalnych drzewostanów sosnowych I klasy bonitacji w obwodzie leningradzkim. Analiza porównawcza wykazała, że ustalone w wyniku badań wartości absolutnego i względnego przyrostu litych drzewostanów sosnowych czernicowo-konwalijkowych (BMśw) odpowiadały danym tablicowym tylko w zakresie całkowitego przyrostu drzewostanu. Wielkość przyrostu drzew panujących zgadzała się w znacznie mniejszym stopniu.

Dla drzewostanów sosnowych czernicowo-płonnikowych (Bśw) obliczone wskaźniki przyrostu różnią się istotnie od analogicznych wskaźników zawartych w tablicach przyrostu drzewostanów, zwłaszcza jeśli chodzi o drzewostan panujący.

Wykorzystując dodatkowo powierzchnie próbne o różnym udziale sosny w składzie gatunkowym ustalono udział sosny w miąższości wypadu. Z danych tabeli 10 wynika, że na sosnę przypada główna część wypadu zapasu nawet w drzewostanach o nieznacznym jej udziale w składzie gatunkowym.

Tabela 8

Table 8

**Zapas i bieżący przyrost miąższości w sośninach czernicowo-konwalijkowych (BMś)**Growing stock and current increment in *Scots pine myrtillus* forest type (*Majanthemum bifolium*)

Numer pow. No of sample plot	Zapas drzewostanu w latach wykonywania pomiarów Growing stock of the stand in the years of measurments				Miąższość wypadu Volume of dead wood	Zapas całkowity Total productivity of the stand	Bieżący przyrost zapasu Current increment of the growing stock		Bieżący przyrost z uwzględnieniem wypadu Current increment including volume of dead wood	
	m <sup>3</sup> /ha						m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	%
22	199	247	276	×	6,4	282,4	7,0	3,5	7,5	3,8
23	243	292	327	×	10,5	337,5	7,6	3,1	8,6	3,6
15 b	260	299	361	364	85,6	449,6	5,8	2,2	10,6	4,1
16 a	175	205	233	293	86,3	379,3	5,9	3,4	10,2	5,8
19 a	222	290	324	360	64,5	424,5	7,7	3,5	11,3	5,1
16 b	170	225	262	332	44,7	376,7	8,1	4,8	10,4	6,1
20 a	215	294	355	420	63,2	483,2	10,2	4,8	13,4	6,2

Tabela 9

Table 9

**Bieżący przyrost zapasu drzewostanów w sośninach czernicowo-płonnikowych (Bśw)**Growing stock and current increment in *Scots pine myrtillus* forest type (*Polytrichaceae*)

Numer pow. No of sample plot	Zapas drzewostanu w latach wykonywania pomiarów Growing stock of the stand in the years of measurments				Miąższość wypadu Volume of dead wood	Zapas całkowity Total productivity of the stand	Bieżący przyrost zapasu Current increment of the growing stock		Bieżący przyrost z uwzględnieniem wypadu Current increment including volume of dead wood	
	m <sup>3</sup> /ha						m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	%
15 a	138	167	221	248	34,7	282,7	6,1	4,4	8,2	6,0
1 l	212	304	381	×	42,9	423,9	9,4	4,4	11,8	5,6
4 l	180	245	285	327	76,1	403,1	7,0	3,9	10,6	5,9
17 a	162	226	263	×	26,7	289,7	7,8	4,8	9,8	6,1
17 b	176	233	264	×	21,1	285,1	6,8	3,8	8,4	4,8
19 b	237	300	329	346	62,9	408,9	6,0	2,6	9,6	4,0
20 b	207	287	333	386	80,5	466,5	8,9	4,3	13,0	6,3

Podsumowując, trzeba stwierdzić, że stosowane tablice nie są dostateczną podstawą do prognozowania bieżącego przyrostu miąższości na podstawie wskaźników.

Tabela 10  
Table 10

**Udział sosny w miąższości wypadu, %**  
Share of Scots pine in the total volume of dead wood, %

Udział sosny w drzewostanie, % Share of pine in the stand, %	Miąższość wypadu sosny w zależności od jej udziału w składzie gatunkowym (%) Volume of dead pine depending on its share in the stand composition (%)	
	sośnina czernicowo-konwalijkowa <i>Scots pine myrtillos forest type</i> ( <i>Majanthemum bifolium</i> )	sośnina czernicowo-płonnikowa <i>Scots pine myrtillos forest type</i> ( <i>Polytrichaceae</i> )
3	82	-
4	70	83
5	-	-
6	-	-
7	90	81
8	97	94
9	96	97

#### IV. WNIOSKI

Roczne tempo wypadów gatunków dominujących jest istotnym elementem w ocenie wzrostu drzewostanów, przydatnym w monitoringu lasu i w pracach badawczych. Drugi analizowany w pracy wskaźnik – okres pozostawiania suchych drzew na pniu, ma znaczenie z punktu widzenia zarówno ekologicznego, jak i ekonomicznego. W szczególności przy planowaniu cięć przedrębnych lub ocenie stanu sanitarnego lasu konieczna jest znajomość obu badanych wskaźników. Otrzymane wyniki mają podstawowe znaczenie dla oceny porównawczej wypadu w drzewostanach objętych cięciami gospodarczymi (cięcia przedrębne, rębnia ciągła), czyli dla oceny stabilności drzewostanów.

Dla prognozowania dynamiki drzewostanów podstawowe wydają się być wskaźniki bieżącego przyrostu i wypadu. Takie wskaźniki taksacyjne jak bieżący przyrost grubości, wysokości i sumy powierzchni przekroju można przyjąć tylko dysponując danymi z kolejnych pomiarów na stałych powierzchniach próbnych z utrwalonymi granicami na gruncie i oznaczonymi drzewami żywymi i martwymi. W praktyce wszystkie dostępne tablice przyrostu drzewostanów są zbudowane na podstawie materiałów z jednorazowych pomiarów drzewostanów, bez uwzględnienia bezpośrednich danych dotyczących przyrostu i wypadu. Zawarte w tablicach wskaźniki przyrostu i wypadu na ogół były określone pośrednio.



## INDICATORS AND IMPORTANCE OF TREE MORTALITY IN STANDS

### Summary

The annual mortality rate of predominant tree species is an important indicator for estimation of stand growth, as well as for monitoring aims and other research. The period of snags standing in forest stands has ecological and practical purposes. In particular, it is necessary to take into account both indicators for planning thinnings or to estimate of health status of the stands. The obtained results serve for comparative estimation of mortality in the managed forests (thinning) that is necessary for estimation of stands sustainability. The base for predicting of stand dynamic is a current increment and mortality. Such stand characteristics as current increments on diameter, height and basal area are possible to calculate only if the regular measurements data from permanent sample plots are available. Almost all stand growth tables have been constructed using material from one measurement of stand. Therefore, increment and mortality were calculated in the tables indirectly through computing.

The aim of our investigation was to find an annual mortality rate and average period of snags standing through the stand dynamic analysis on the permanent sample plots.

During the measurements taken in different time of stand growth on the sample plots we obtained both the stand characteristics (dbh, height) and the mortality indicators (period of snag standing).

Annual mortality rate decreases consistently according to the stem size in all sample plots. The lowest rate (1% per year and less) is in the dead trees with diameter at breast height 20 cm and more. The average period of snags standing is 9.6 years and it decreases with the size of the stem.

## PIŚMIENNICTWO

- FILIPPOV G. V., PIROGOV N. A. 2001: Chod rosta drevostoev ne zatronutych chozjajstvennym vozdejstviem (serija "Stacionarnye opytne ob'ekty", razdel 1). SPBNIILCH, Sankt Peterburg, ss. 61 [Tp. SPBNIILCH, vyp. 1(5)].
- KOBAC K. I. 1988: Biotičeskie komponenty uglerodnogo cikla. L. Gidrometeoizdat, ss. 248.
- Obščesojuznye normativy dlja taksacii lesov. 1992: Spravočnik, Kolos, Moskva, ss. 495.
- RUNKLE J. R. 2000: Canopy tree turnover in old-growth mesic forests of Eastern North America. *Ecology*, 81(2): 554-56.
- SENNOV S. N. 1995: Dinamika otpada v chvojnyh i listvenno-chvojnyh drevostojach. *Lesovedenie*, 5: 67-72.
- VAGIN V.A. 1994: Modelirovanie drevesnogo otpada i proektirovanie prochodnyh rubok v elovyh nasaždenijach. *Obzorn. inform. M. VNIIClesresurs*, ss. 32.
- ŽIGUNOV A. V., MARKOVA I. A., BONDARENKO A. C. 2002: Statističeskaja obrabotka materialov lesokul'turnych issledovanij. Učebnoe posobie, LTA, Sankt Peterburg, ss. 87.