

ОСОБЛИВОСТІ ВІДПАДУ ДЕРЕВ У СОСНОВИХ ЛІСАХ ВНАСЛІДОК ХРОНІЧНОГО АЕРОТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ

Н. В. МІРОШНИК^{1,*}, О. В. ТЕРТИЧНА², Ю. В. СЛАВГОРОДСЬКА²,
Т. А. КОЗИНЯТКО²

¹Інститут еволюційної екології НАН України,
вул. акад. Лебедєва, 37, 03143, м. Київ

²Інститут агроєкології і природокористування НААН
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ

*e-mail: miroshnik_n_v@mail.ru

Метою нашого дослідження було вивчення динаміки поточного відпаду дерев у соснових деревостанах Черкаського бору за 20 років, визначення структури поточного відпаду, відслідковування процесу переходу дерев до стадії всихаючих. Можливість відстежувати зміну кількісних описових показників лісових насаджень з часом дає змогу стаціонарний екологічний профіль (з 5 постійних пробних площ, 200 дерев на кожній площі), закладений 1988 р. від приміських узлісь углиб Черкаського бору у свіжому дубово-сосновому суборі. Це найбільший природний масив *Pinus sylvestris* L. у Лісостепу Правобережної України, ключовий елемент національної екомережі. На ліси Черкаського бору впливають фітотоксичні викиди Черкаської промислової агломерації (SO₂, NO_x, NH₃, пил). Ураженість дерев визначали за категоріями стану, ступінь пошкодження насаджень встановлювали за середньозваженим індексом стану деревостану (I_c). Стан деревостанів порівнювали за відносним показником – «середньозваженим класом Крафта категорії стану» (СКК), запропонованим В.В. Лавровим. Цей показник відображає локалізацію зони пошкодження у деревному наметі. Чим ближчий він до I класу Крафта (домінанти), тим вищий рівень пошкодження. Величину поточного відпаду вираховували як суму дерев свіжого і старого сухостою, виражали через відсоток від загальної кількості дерев. Вивчали особливості дерев відпаду: розподіл загиблих насаджень за категоріями стану та діаметрами залежно від відстані до промзони. На відстані 10–16 км від промагломерації відпали дерева II–III класів Крафта, тобто дерева основного, верхнього намету лісу, які є найкращими і здоровішими у лісовій екосистемі, що вказує на аеротехногенне їх пошкодження. З віддаленням від промагломерації розподіл дерев відпаду наближається до нормального. Повністю відсутні кореляційні зв'язки стану дерев з їх віком, хоча 20 років тому вони були тісними, що вказує на аеротехногенне пошкодження дерев та їх відпад. Отже, надмірне антропогенне навантаження на соснові насадження Черкаського бору призвело до спрощення природної структури і форми, порушило стійкість і резистентність лісової екосистеми, викликало патологічний відпад дерев. Санітарний стан соснових насаджень ЧБ за два десятиліття впливу фітотоксикантів погіршився з категорії ослаблених до сильно ослаблених.

Ключові слова: динаміка відпаду дерев, соснові ліси, аеротехногенний вплив, індекс стану деревостанів.

Вступ. Антропогенний вплив на соснові насадження, розміщені у безпосередній близькості від Черкаської промислової агломерації (ЧПА) досліджували Випирайло, 1995; Лавров, 1994, 1996; Чемерис, 2007; Лавров, Мірошник, 2009, 2010. Нами зокрема вивчено динаміку стану, структури, таксаційних показників (Лавров, Мірошник, 2009), зміни трав'яного покриву (Мірошник, 2009) у цих лісових екосистемах внаслідок комплексного антропогенного впливу, зокрема викидів промисловості. Проте динаміка у часі і структура відпаду соснових деревостанів ще не була розглянута, оскільки це потребує тривалих стаціонарних досліджень. Дослідження лісових екосистем на стаціонарних екологічних профілях дає можливість прослідкувати зміни у часі і просторі лісової рослинності, а також за

допомогою екологічних, флористичних та лісівничо-таксаційних методик вивчити вплив несприятливих чинників на стан лісової екосистеми та динаміку її основних властивостей внаслідок хронічного антропогенного впливу (Хомюк, 2005).

Цінність таких досліджень полягає також у тому, що фахівці отримують найдостовірнішу інформацію про особливості динаміки кількісних показників деревостанів, що дозволить виділити динамічні закономірності, а також робити прогноз розвитку лісової екосистеми.

Кількість дерев, які щорічно гинуть і відпадають у лісовій екосистемі є одним із найважливіших показників стану насадження (Воронцов, 1978; Мозолева, 1984). Процес поточного відпаду стовбурів у насадженнях відбувається безперервно з моменту змикання до

повного руйнування структури насадження. Відхилення величини поточного відпаду від нормального для даного віку і для даного типу лісу свідчить про зниження стійкості лісової екосистеми (Мозолевская, 1984). Залежно від причин ослаблення і всихання дерев виділяють два основних типи поточного відпаду: природний і патологічний. До природного відпаду належать дерева IV–V класів росту і розвитку, ослаблені конкуренцією сусідніх дерев, пригнічені і менш розвинені, які гинуть через свої морфологічні особливості або пригнічення сусідніми деревами. У випадку патологічного процесу всихають в основному дерева I–III класів росту і розвитку, ослаблені грибковими хворобами, шкідниками, дефоліацією тощо, тобто відбувається всихання, яке не можна вважати процесом самозрідження насадження (Воронцов, 1978).

Метою нашого дослідження було вивчення динаміки поточного відпаду дерев за 20 років, визначення структури поточного відпаду, відслідковування процесу переходу дерев з тієї чи іншої категорії життєвого стану в стадію всихаючих, встановлення ролі антропогенного впливу у всиханні дерев.

За умови продовження спостережень і додаткового збору інформації це дозволить прогнозувати стан досліджуваної лісової екосистеми, розробляти й здійснювати заходи з підвищення стійкості лісів до дії надлишкового антропогенного, зокрема аеротехногенного впливу.

Матеріали і методи. Можливість відстежувати зміну кількісних описових показників лісових насаджень з часом дає змогу стаціонарний екологічний профіль, закладений 1988 р. фахівцями УкрНДЛГА (Лавров, 1994) по трансектах від імісіюдарних приміських узлісь углиб Черкаського бору (ЧБ) – лісового масиву, що входить до зеленої зони м. Черкас, має велике природоохоронне та історико–культурне значення. Це найбільший природний масив *Pinus sylvestris* L. у Лісостепу Правобережної України, ключовий елемент національної екомережі, проєктований національний природний парк. Для збереження біорізноманіття та структури цієї лісової екосистеми необхідно врахувати особливості її розвитку в умовах антропогенного впливу.

З середини XX ст., з розвитком Черкас до рівня промислового обласного центру, значно зросло техногенне навантаження Черкаської промислової агломерації (ЧПА), яка забруднює атмосферу фітотоксикантами SO_2 , NO_x , NH_3 і пилом (Мірошник, 2014). У 2013 р. до повітряного басейну Черкаської області від усіх антропогенних джерел надійшло 150 тис. т

шкідливих речовин, що становить близько 21,6% від загальнодержавних обсягів викидів. За цим показником область знаходиться на 14 місці серед 27 регіонів України. Щорічна щільність шкідливих викидів на природні екосистеми Черкаської області досягає 3,3 т/км². У розрахунку на одну особу було викинуто джерелами промислового забруднення 54,5 кг шкідливих речовин (Мірошник, 2014).

Стаціонарний екологічний профіль складається з 5 постійних пробних площ (ПП) (по 0,25–0,35 га, не менше 200 дерев на кожній). Пробні площі закладали згідно із загальноприйнятими в лісівництві і лісовій таксації методиками (Анучин, 1982; Вороб'єв, 1967) за принципами порівняльної екології у свіжому дубово-сосновому суборі (В₂С) в ідентичних за лісівничо-таксаційними показниками соснових деревостанах. Стан лісових екосистем оцінювали залежно від просторового положення відносно міста та його промислової зони (Анучин, 1982; Вороб'єв, 1967). Як контроль (ПП К) використовували найвіддаленіші від промислової зони насадження екопрофілю (табл. 1).

Ураженість дерев визначали за категоріями стану (Санітарні правила..., 1995), ступінь пошкодження насаджень встановлювали за середньозваженим індексом стану деревостану (I_c) (Рекомендации по повышению..., 1987). Для нівелювання впливу рубок формування і оздоровлення лісів, здійснюваних в уражених насадженнях, та отримання інтегральної оцінки інтенсивності пошкодження лісових екосистем, стан деревостанів порівнювали за відносним показником – «середньозваженим класом Крафта категорії стану» (СКК), запропонованим В. В. Лавровим (1994). СКК розраховували як суму добутків кількості дерев кожного класу Крафта на його індекси (I–VI), поділену на загальну кількість дерев відповідної категорії стану. Показник СКК категорії стану відображає локалізацію зони пошкодження у деревному наметі. Чим ближчий він до I класу Крафта (домінанти), тим вищий рівень пошкодження, тобто біологічно стійкіші та розвинутіші у ценозі особини зазнали негативного впливу певного екологічного чинника. Цей метод дає змогу інтегрально оцінити інтенсивність пошкодження лісової екосистеми через її стан з урахуванням конкурентного взаємовпливу її елементів та процесів деградації-регенерації на фоні флуктуації екологічних факторів різної природи, інтенсивності, часу та тривалості дії, у т.ч. не однакового господарського впливу на різні насадження екопрофілю (Лавров, 1994).

Обліку підлягали стовбури дерев, які відпали за двадцять років. Аналіз відпаду проводили за Швиденко та ін. (1997). Величину поточного відпаду вираховували як суму дерев свіжого і старого сухостою, виражали через відсоток від загальної кількості дерев на ПП. Фіксували ураженість дерев хворобами, ажурність крони, суховерхість. Першим етапом опрацювання зібраних даних стало вивчення особливостей дерев відпаду, а саме – розподіл загиблих насаджень за категоріями стану та діаметрами залежно від відстані до промзони.

Результати та їх обговорення. Стан деревостанів екопрофілю за 20 років погіршився з ослабленого до сильно ослабленого (табл. 1). Характерний середній рівень відпаду (15–21%) за (Катаев, Поповичев, 2001).

Оскільки стан сосняків уже втратив зв'язок з відстанню до промзони ($r_{чб} = -0,04$), тому щоб краще проілюструвати вплив аеротехногенного забруднення на стан деревостанів ЧБ, ми вивчили структуру відпаду дерев на екопрофілі за 20 років за категоріями стану та інтегральним показником СКК (табл. 2). На відстані 10–16 км від ЧПА відбувається відпад дерев II–III класів Крафта (табл. 2), тобто дерев основного, верхнього намету лісу, які є найкращими і здоровішими у лісовій екосистемі, що вказує на аеротехногенне

їх пошкодження. 18% свіжого сухостою на відстані 10 км від ЧПА були дерева II класу Крафта.

У зоні до 13 км від ЧПА вглиб масиву випали ослаблені та сильно ослаблені дерева, хоча в природних умовах випадають усихаючі та свіжий сухостій, а також дерева з більшим діаметром, що вказує на пошкодження їх, а не природний відпад. Найбільший відпад найменших за діаметром дерев відбувся на відстані 11,5 та 16 км від ЧПА (табл. 2).

Випали переважно сильно ослаблені та усихаючі дерева, а також 7–10% ослаблених особин на відстані до 12 км (рис. 1). З віддаленням від ЧПА розподіл дерев відпаду наближається до нормального (рис. 1), т.б. відмерли дерева найменшого діаметру 5–6 категорії стану. За структурою свіжого та старого сухостою можна судити, що випали дерева II та III класу Крафта – перспективні щодо переходу у верхню частину деревного намету у міру старіння, зрідження і відпаду дерев I класу Крафта, якщо б не було промислового забруднення атмосфери. Звільнену екологічну нішу починає заповнювати *Quercus robur* L., оскільки в корінних деревостанах на початку ХХ ст. він у ЧБ займав другий ярус (Яновський, 1915).

Табл. 1.
Лісівничо-таксаційна характеристика деревостанів екопрофілю

Table 1.
Forestry description tree stands of ecological profile

№ ПП	Відстань від ЧПА, км	Середні		А, років	G, м ² /га	N, шт./га	Повнота	Бонітет	I _c			Відпад дерев за 20 р., %
		Висота, м	діаметр, см						I облік 1991р.	II облік 2011 р.	дерев відпаду	
5	10,0	26,7	35,4	88	25,0	323,1	0,57	I	2,27	2,8	4,1	16,8
6	11,5	26,0	31,7	89	27,0	452,0	0,62	I	2,44	3,1	4,1	15,0
7	13,0	27,7	37,4	97	35,0	263,3	0,78	I	2,05	3,0	4,4	18,3
8	16,0	27,8	32,8	68	35,9	403,7	0,67	I ^a	1,33	2,7	4,9	21,2
9К	19,0	29,0	39,6	80	36,6	284,2	0,66	I ^a	1,44	2,6	4,4	15,0

Примітки: G – сума площ перетинів; 9К – контроль.

Табл. 2.
Пошкодженість дерев відпаду екопрофілю за 20 років

Table 2.
Damage of tree mortality for 20 years on ecological profile

№ ПП	Відстань від ЧПА, км	Розподіл дерев за категоріями стану										I _c	Відпад дерев за 20 років, %
		II		III		IV		V		VI			
		%	СКК	%	СКК	%	СКК	%	СКК	%	СКК		
5	10,0	5,9	3,0	29,4	2,6	29,4	3,2	17,6	2,0	17,6	4,0	4,1	16,8
6	11,5	9,5	3,0	28,6	3,0	19,0	3,5	23,8	3,4	19,0	4,3	4,1	15,0
7	13,0	–	–	33,3	2,9	14,3	3,0	33,3	3,6	19,0	2,8	4,4	18,3
8	16,0	4,2	2,0	16,7	3,8	12,5	3,3	16,7	4,0	50,0	3,8	4,9	21,2
9К	19,0	5,3	5,0	21,1	3,5	31,6	3,3	10,5	3,5	31,6	4,0	4,4	15,0

Примітка. % – частка дерев певної категорії стану.

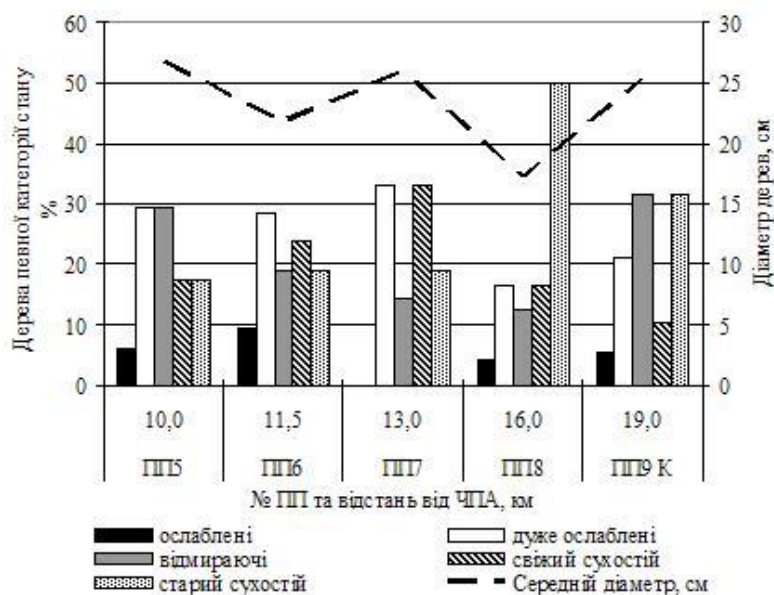


Рис. 1. Розподіл дерев відпаду екопрофілю за категоріями стану (гістограми) та діаметрами (графік) залежно від відстані до промзони: (категорії стану деревостану згідно Санітарних правил ..., 1995).

Fig. 1. Distribution of tree mortality on ecological profile by the stand state (histogram) and diameters (figure) depending on the distance to the industrial zone: (the stand state according Sanitary rules ..., 1995).

У зоні до 13 км від ЧПА вглиб масиву випали ослаблені та сильно ослаблені дерева, хоча в природних умовах випадають усихаючі та свіжий сухостій, а також дерева з більшим діаметром, що вказує на пошкодження їх, а не природний відпад. Найбільший відпад найменших за діаметром дерев відбувся на відстані 11,5 та 16 км від ЧПА (табл. 2).

Випали переважно сильно ослаблені та усихаючі дерева, а також 7–10% ослаблених особин на відстані до 12 км (рис. 1). З віддаленням від ЧПА розподіл дерев відпаду наближається до нормального (рис. 1), т.б. відмерли дерева найменшого діаметру 5–6 категорії стану. За структурою свіжого та старого сухостою можна судити, що випали дерева II та III класу Крафта – перспективні щодо переходу у верхню частину деревного намету у міру старіння, зрідження і відпаду дерев I класу Крафта, якщо б не було промислового забруднення атмосфери. Звільнену екологічну нішу починає заповнювати *Quercus robur* L., оскільки в корінних деревостанах на початку XX ст. він у ЧБ займав другий ярус (Яновский, 1915).

Кореляційні зв'язки між індексом стану деревостанів (x) ЧБ та їх віком, роки (y) при I обліку, 1991 р. були тісними ($r=0,78$; рівняння лінійної апроксимації $y = 17,30x + 32,43$). Через 20 років (2011 р.) кореляційні зв'язки стану дерев з їх віком повністю відсутні ($r=0,04$; рівняння лінійної апроксимації $y = 4,18x + 72,21$), що

вказує на аеротехногенне пошкодження дерев та їх відпад.

Висновки. Отже, надмірне антропогенне навантаження на соснові насадження Черкаського бору призвело до спрощення природної структури і форми, порушило стійкість і резистентність лісової екосистеми, викликало патологічний відпад дерев, що підтверджує відсутність кореляційних зв'язків індексу стану деревостанів ЧБ з їх віком. Санітарний стан соснових насаджень ЧБ за два десятиліття впливу фітотоксикантів погіршився з категорії ослаблених до сильно ослаблених. Інтегральний показник СКК достовірно ілюструє локалізацію пошкодження у деревному наметі і може використовуватися для аналізу структури відпаду у соснових насадженнях.

Список літератури:

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесная пром-ть, 1982. – 547 с.
2. Воробьев Д.В. Методика лесотипологических исследований. – К.: Урожай, 1967. – 388 с.
3. Воронцов А.И. Патология леса / А.И. Воронцов. – М.: Лесн. пром-ть, 1978. – 270 с.
4. Катаев О.А. Лесопатологические обследования для изучения ствольных насекомых в хвойных древостоях: Уч. пос. / О.А. Катаев, Б.Г. Поповичев. – С.-Петербург: СПбГЛТА, 2001. – 72 с.
5. Лавров В.В. Антропогенный вплив на соснові насадження Черкаського бору / В. В.Лавров, Н. В.Мірошник // Вісник Київськ. нац. ун-ту ім. Т.Шевченка: Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. – 2009. – Вип. 22–24. – С. 142–144.

6. Лавров В. В. Повышение устойчивости лесных экосистем в условиях Черкасской промышленной агломерации: автореф. дис. к.б.н.: спец. 03.00.16 «Экология». – Днепропетровск, 1994. – 19 с.
7. Мірошник Н.В. Вплив аеротехногенного забруднення Черкаської області на стан лісових екосистем // Екологія людини. Зб. мат. VIII-ої наук.-теор. конф., м. Житомир (3 грудня 2014 р.). – Т. 1. – Житомир: Вид-во Експертний центр Укрекобіокон, 2014. – С. 74–78.
8. Мозолевская Е.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г.Мозолевская, О.А.Катаев, Э.С.Соколов. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 125 с.
9. Рекомендации по повышению устойчивости зеленых насаждений к техногенному загрязнению атмосферы выбросами SO₂, NO_x, NH₃ в условиях лесной и степной зон УССР / П.С.Пастернак, В.П.Ворон, В.Г.Мазепа и др. – Харьков: УкрНДЦЛГА, 1987. – 16 с.
10. Санітарні правила в лісах України / Постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р. № 555. – К.: Урожай, 1995. – 16 с.
11. Хомюк П.Г. Особенности відпаду дерев на профілі типів лісу А. Пясецького за період з 1992 по 2002 роки // Науковий вісник УДЛТУ: Лісове та садово-паркове господарство. Зб. Наук.-техн. праць. – 2005. – Вип. 15.1. – С. 14–20.
12. Швиденко А.З. Обобщенная оценка прироста и отпада в лесах России / А.З. Швиденко, В.С. Веньевский, С. Нильссон // Устойчивое развитие boreальных лесов: труды VII ежегодной конф. МАИБЛ. – М., 1997. – С. 191–197.
13. Яновский Л. Типологический очерк Черкасского бора / Лавр Яновский // Лесной журнал. – Пг.: Лесное общество. – 1915. – Вып. 6–7. – С. 979–1007.
3. Khomyuk P. Features apostasy trees in forest types profiles A. Piasecki for the period 1992 to 2002 // Scientific messenger UDLTU Forestry and Horticulture. Coll. Scientific-technical. works. – 2005. – Vol. 15.1. – P. 14–20.
4. Lavrov V. Increase Stability forest ecosystems in conditions Cherkassy's industrial agglomeration: Author. Thesis. ... k.b.n.: spec. 03.00.16 «Ecology» / V. Lavrov. – Dnepropetrovsk, 1994. – 19 p.
5. Lavrov V. The human impact on the forest of pine plantations Cherkasy / V. Lavrov, N. Miroshnyk // Bullet. of Kyiv Nat. T. Shevch. Univ.: Introduction and conservation of plant diversity. – 2009. – Vol. 22–24. – P. 142–144.
6. Miroshnyk N. Impact aerotechnogenic pollution Cherkasy region on the state of forest ecosystems // Human Ecology. Coll. mat. VIII-th scientific – theor. conf., m. Zhytomyr (3 december 2014). – Т. 1. – Zhitomir: Izd. Expertise Centre Ukrekoobiokon, 2014. – P. 74–78.
7. Mozolevskaya E. Survey Methods forest pathology focus of disease and vermin of tree trunks / E. Mozolevskaya, O. Kataev, Э. Sokolov. – М.: Forest industry, 1984. – 125 p.
8. Recommendations to Increase Stability green plantations for technogenic air pollution SO₂, NO_x, NH₃ in conditions forest steppe zones the USSR / P. Pasternak, V. Voron, V. Mazepa and others. – Kharkiv: UkrNDILGA, 1987. – 16 p.
9. Sanitary rules in forests of Ukraine / Cabinet of Ministers of Ukraine; 27.07.1995 p.; № 555. – С.: Crop, 1995. – 16 p.
10. Shvydenko A. Generalization evaluation of growth and forests of tree mortality in Russia / A. Shvydenko, V. Venevskyy, S. Nylsson // Sustainable development of boreal forests: Proceedings VII conference. MAYBL. – М., 1997. – S. 191–197.
11. Vorobev D. Methods typological forest of research / D. Vorobev. – К.: Crop, 1967. – 388 p.
12. Vorontsov A. Forest pathology / A. Vorontsov. – М.: Forest industry, 1978. – 270 p.
13. Yanovskyy L. Typological article of Cherkassy Bor / L. Yanovskyy // lesnoe magazine. - Pg .: Forestry journal. – 1915 – Vol. 6–7. – S. 979–1007.

References:

1. Anuchin N. Lesnaya taksatsyya / N. Anuchyn. – М.: Forest industry, 1982. – 547 p.
2. Kataev O. Survey forest pathology to study of insects tree trunks in conifers stands: train. manual / O. Kataev, B. Popovych. – St. Petersburg: SPbHLTA, 2001. – 72 p.

THE FEATURES OF TREE MORTALITY IN PINE FORESTS DUE TO CHRONIC AIR EXPOSURE POLLUTION

Miroshnik N., Tertichna O., Slavgorodskaya U., Kozynyatko T.

The structure of tree mortality in the Cherkassy pine forest stands and their dynamics has not been investigated, as it requires longlasting permanent studies. The aim of our research was to investigate the dynamics of the current trees mortality for 20 years. Stationary ecological profile, which was founded in 1988 by suburban forest edge deep into Cherkassky forest allows us to track the change of descriptive quantitative indicators of forest stands over time. It is the largest natural array of Pinus sylvestris L. in forest-steppe of Right-Bank Ukraine, a key element of the national ecological network. Cherkassy Bor forests are affected by Cherkassy industrial agglomeration phytotoxic emissions (SO₂, NO_x, NH₃, dust). Trees infestation has been defined by status categories, extent of plantations damage has been established with the average index of the stand state (I_s). Trees that have fallen in 20 years were subject to accounting. The state of Ecological Profile stands became worse from poor to very weak for 20 years. It has average mortality level (15–21%). There is trees mortality for II–III Kraft grade, the main forest tent trees, which are the best and healthiest in forest ecosystem, at a distance of 10–16 km from Cherkassy industrial agglomeration. That indicates their air pollution damage. 18% of fresh dead wood at the distance of 10 km from industrial agglomeration were II Kraft class trees. The structure of fresh and old dead wood showed that II, III Kraft class trees withered away. Excessive human pressure on Cherkassy forest pine plantations resulted in their natural forms and structures simplification, violated the stability and resistance of forest ecosystems, causing pathological trees mortality. This is confirmed by the lack of correlation between stands state index in Cherkassy Bor and their age.

Key words: dynamics of trees mortality, pine forests, air pollution influence, Stands State Index.

Одержано редколегією 27.05.2015