В.П. ВОРОН¹, О.Ю. БОЛОГОВ²

**ДИНАМІКА СТАНУ ТА СТРУКТУРА СОСНЯКІВ В УМОВАХ
ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВИКИДАМИ РВАТ «АЗОТ»**

Представлено результати дослідження протягом 1993-2013 рр. стану та просторової структури сосняків в умовах аеротехногенного забруднення в Поліссі. Вивчено середньовікові сосняки, що розташовані на відстані 4,5-25 км від Рівненського ВАТ «Азоту» і складають екологічний ряд за рівнем забруднення. Встановлено, що через погіршення стану та падіння приросту зменшилися розмір та частка крон у висоті дерева і як наслідок – знизилася потужність біогоризонту фотосинтезу сосняків. За гострого пошкодження гірший стан був надпанівних та панівних дерев, а за хронічного він найгірший у нижній частині намету. Зі зростанням пошкодження дерев вирівнюються у висоті і порушується співвідношення груп класів Крафта. Зростає відсоток дерев, які мають парасолькоподібну форму крони, що є свідченням передчасного старіння дерев унаслідок дії аеротехногенного забруднення.

Ключові слова: аеротехногенне забруднення, клас Крафта, просторова структура, санітарний стан

Вступ. Однією з глобальних проблем сучасності є техногенне забруднення атмосфери і його негативний вплив на ліси. У Волинському Поліссі, починаючи з 1969 р., потужним джерелом забруднення довкілля є Рівненське ВАТ «Азот» [1, 5, 2]. Будівництво його серед соснових масивів є класичним прикладом нехтування екологічними інтересами у гонитві за тимчасовою економічною вигодою, бо вже в середині 1980-х років площа пошкоджених лісів перевищила 20 тис. га [4, 3]. Виникла загроза існуванню соснових лісів у цьому районі. Негативні аеротехногенні зміни різних компонентів лісових екосистем, вивчено ґрунтовно, але мало досліджено зміни просторової структури деревостанів як одного з основних компонентів лісової екосистеми [2, 3, 5].

¹ **ВОРОН Володимир Пантелеймонович** – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, старший науковий співробітник, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії екології лісу, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА), м. Харків, Україна. Тел.: +38-097-277-59-98. E-mail: voron@uriffm.org.ua

² **БОЛОГОВ Олексій Юрійович** – молодший науковий співробітник лабораторії екології лісу, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА), м. Харків, Україна. E-mail: bologov_work@mail.ru.

Об’єкти і методика. В основу досліджень покладено метод порівняльної екології. Аеротехногенні зміни структури вивчено шляхом аналізу показників, форми та розмірів крон дерев на постійних пробних площах (ППП) екологічного профілю, який було закладено у 1982-1986 рр. у 60-річних сосняках (ТЛУ – С₂₋₃) у ДП «Клеванське ЛГ» та «Рівненське ЛГ», у північно-східному напрямку на відстані 4,5-25 км від РВАТ «Азот» відповідно до прийнятих у лісівництві і таксації методик [8, 9]. Заміри показників просторової структури крон сосняків проведено в 1993, 2003, 2013 рр.

Довжину крон L вираховано як різницю між висотою дерева H та висотою до першої нижньої живої гілки H^* . Стан дерев оцінено за методикою, розробленою в лабораторії екології УкрНДІЛГА [6]. Форму крон визначено за співвідношенням $L / D_{кр.}$, симетричність крон – за методикою IUFRO [6, 9]. Ступінь реалізації деревом кронового простору та «нормальність» розвитку дерев проаналізовано за відношенням «середнє / max» до D , H , $D_{кр.}$, L , $S_{кр.}$.

Результати та обговорення. Початком діяльності «Азоту» є пуск виробництва аміаку в березні 1969 р. Обсяг викидів «Азот» залежав від виробничих потужностей та ефективності роботи очисних споруд. У першій половині 1970-х років він постійно зростав, оскільки відбувалося нарощування потужностей виробництв. У 1976 р. в атмосферу викинуто 60 тис. т, а в 1978 р. їх величина досягла максимуму – 75 тис. т. Навесні 1979 р. залповим викидом зазнали гострого пошкодження понад 500 га хвойних лісів Решуцького лісництва. Викид стався на виробництві H_2SO_4 , оскільки цього року саме викиди цієї кислоти зросли у 4,3 раза.

Після цієї катастрофи було вжито заходів щодо зменшення викидів атмосферних забруднювачів і до середини 80-х років їх обсяг знизився у 3-4 рази, а в 1990-ті роки становив 5,5-7,4 тис. т/рік. За період з 1976 по 1995 рр. обсяг викидів SO_2 знизився – від 31 до 1,4 тис. т/рік; NH_3 – від 22 до 0,7, NO_x – з 1,4 до 0,4 тис. т/рік. Найменше викидів було у 2009 р. (1,5 тис. т), а в період з 2009 по 2013 рр. обсяг токсикантів зріс до 5,3 тис. т.

До початку забруднення сосняки мали високу повноту і бонітет (I^a та I^b) та високий рівень використання потенціалу екотопу (особливо за висотою). Внаслідок забруднення відбувалося значне падіння приросту. Так, наприкінці 1970-х років у сильно пошкоджених сосняках поточний приріст за запасом знизився майже вдвічі, а за висотою – у 2,4-3,6 рази. Рівень негативних змін зростає з наближенням до «Азоту» (табл. 1).

Таблиця 1

Таксаційна характеристика сосняків у зоні забруднення

№ ППП	Відстань до «Азоту», км	Рік	Кількість дерев, шт./га	Середні		Бонітет	Повнота	Запас, м³/га
				діаметр, см	висота, м			
1	4,5	1993	390	24,5	17,7	II	0,51	150
		2003	333	28,4	21,3	I	0,48	200
		2013	313	30,1	24,5	I	0,49	238
2	7	1993	544	25,5	22,6	I ^a	0,58	278
		2003	412	29,9	25,9	I ^a	0,58	321
		2013	348	32,6	29,1	I ^a	0,56	359
3	9	1993	440	28,1	22,8	I	0,65	276
		2003	368	30,9	27,5	I ^a	0,54	326
		2013	320	33,3	29,8	I ^a	0,54	360
4	25	1993	427	28,1	23,8	I	0,62	274
		2003	360	30,9	27,8	I ^a	0,54	323
		2013	340	33,5	30	I ^a	0,58	388

За 20-річний період кількість дерев: на ППП-1 зменшилася на 23, на ППП-2 – на 49, на ППП-3 – на 30 та на контролі ППП-4 – на 27 дерев. Це відбувалося внаслідок санітарних рубань, до яких призвело усихання дерев у результаті забруднення.

Для сосняків характерний високий рівень використання потенціалу екотопу. Причому за висотою (76-90%) він значно більший, ніж за діаметром (60,9-83,2%). Тенденція зростання потенціалу з віддаленням від зони техногенного забруднення спостерігається лише для висоти (табл. 2).

Результати аналізу стану сосняків за більш як 30-річний період засвідчили, що він залежить від рівня аеротехногенного навантаження, яке

суттєво змінювалося у часі і в просторі. Найбільше постраждали від гострого пошкодження сосняків у північно-східному напрямку. Сосновий деревостан ППП 1 (4 км від «Азоту») був в епіцентрі разового викиду і на початку 80-х років його стан оцінювали як усихаючий. Після санітарних рубань стан деревостану дещо покращився, але повнота знизилася до 0,51.

Таблиця 2

Використання потенціалу сосняками у техногенній зоні «Азоту»

№ ППП	Відстань до «Азоту», км	Рік	Показники використання потенціалу			
			Нсер / Нмах, %	Нмах-Нсер, м	Дсер / Дмах, %	Дмах-Дсер, см
1	4,5	1993	75,6	5,7	70,0	10,5
		2003	76,1	6,7	71,0	11,6
		2013	79,3	6,4	70,3	12,7
2	7	1993	83,5	4,5	72,9	9,5
		2003	91,1	2,5	78,7	8,1
		2013	91,9	2,6	83,2	6,6
3	9	1993	83,5	4,5	65,5	12,9
		2003	85,5	4,7	64,4	17,1
4	25	2013	77,5	8,7	65,8	17,3
		1993	82,0	5,2	61,1	17,9
		2003	89,5	3,3	64,4	17,1
		2013	90,0	3,3	60,9	21,5

Примітки. Нмах – максимальна висота; Дмах – максимальний діаметр дерева

Хоча рівень викидів у першій половині 80-х знизився до 20 тис. т на рік, цього було недостатньо для реабілітації деревостанів. Більш того в наступні п'ять років радіус зони сильно ослаблених сосняків розширився від 5 до 10 км, а ослаблених – від 11 до 19 км. За період з 1979 по 1991 рр. площа пошкоджених лісів збільшилася від 0,5 до 23,4 тис. га.

Домінуючу роль у погіршенні стану лісів відіграло забруднення. Однак поштовхом до різкого погіршення стану й усихання сосняків були посухи 1983, 1987 та 1990 рр. Випадків гострого пошкодження більше не спостерігалось.

До середини 1990-х років викиди знизилася до 3-4 тис. т, проте стан сосняків почав покращуватися лише у другій половині, а суттєві зміни

відбулися лише на початку ХХІ ст., коли величина викидів знизилася до 2,4-3,2 тис. т. Проте і в 2013 р. стан сосняків був ослаблений (табл. 3).

Встановлено чітку залежність пошкодження сосняків від відстані до «Азоту», а індекс стану зростає зі збільшенням повноти ($r = -0,813$, $t_{\text{факт}} = -2,791$ за $t_{st_0,05} = -2,776$ і $k = 4$). Із віддаленням від джерела викидів стан хвойних насаджень покращується ($r = -0,850$, $t_{\text{факт}} = -5,359$ за $t_{st_0,05} = -2,201$ і $k = 11$).

Таблиця 3

Розподіл дерев за категоріями стану в техногенній зоні «Азоту»

№ ППП	Відстань від «Азоту», км	Рік	Розподіл дерев за категоріями стану, %						Індекс стану
			I	II	III	IV	V	VI	
1	4,5	1993	-	9,4	76,1	14,5	-	-	3,05
		2003	-	36,0	46,3	17,0	-	0,7	2,81
		2013	7,4	25,5	59,0	7,4	0,6	0	2,67
2	7	1993	2,9	19,4	67,1	9,6	0,5	0,5	2,84
		2003	2,9	41,2	40,8	13,6	1,5	-	2,65
		2013	5,7	37,9	55,2	1,0	-	-	2,52
3	9	1993	1,8	26,4	62,7	9,1	-	-	2,79
		2003	2,2	55,4	40,2	2,2	-	-	2,25
		2013	8,6	44,4	39,5	7,4	-	-	2,46
4	25	1993	43,4	47,5	8,5	-	0,6	-	2,34
		2003	6,5	57,4	34,3	1,9	-	-	2,31
		2013	23,1	38,5	32,7	5,8	-	-	2,21

Важливим показником техногенного впливу є заповнення фітомасою надземної частини деревостану [8], тобто розміри біогоризонту фотосинтезу (рис. 1). Пошкоджені деревостани мають значно менші розміри біогоризонту фотосинтезу деревного намету (рис. 3). Його товщина у техногенній зоні становить усього 15,9-20,4 м, на контролі – 19,4-19,8 м.

Рис. 1. Товщина біогоризонту фотосинтезу сосняків у техногенній зоні «Азоту»

На початку 1980-х років у сосняках, які зазнали гострого пошкодження, гірший стан був надпанівних та панівних дерев. На інших ППП, де пошкодження було хронічним, стан дерев погіршувався від верхньої до нижньої частини намету, а середньозважений клас Крафта зростав із погіршенням стану. І хоча хід деградації відповідає природній диференціації дерев, проте хід його техногенно пришвидшений (табл. 4).

Таблиця 4

Розподіл дерев за класами Крафта у техногенній зоні «Азоту»

№ ППП	Відстань від ВАР «Азот», км	Рік	Розподіл дерев за класами Крафта, %					Середньозважений клас Крафта
			I	II	III	IV	V	
1	4,5	1993	0,9	54,7	29,9	14,5	-	2,58
		2003	1,0	59,0	39,0	1,0	-	2,40
		2013	2,1	56,4	39,4	2,1	-	2,41
2	7	1993	10,3	38,2	37,4	13,2	0,8	2,54
		2003	2,9	42,7	40,8	13,6	-	2,30
		2013	3,4	52,9	43,7	-	-	2,40
3	9	1993	11,8	31,8	49,1	7,3	-	2,52
		2003	10,9	54,6	31,5	2,2	0,8	2,25
		2013	17,3	46,9	29,0	-	-	2,19
4	25	1993	24,2	54,7	19,5	1,6	-	1,98
		2003	25,9	47,2	23,1	3,7	-	2,05
		2013	28,8	49,0	22,1	-	-	1,93

Негативний вплив забруднення на дерева I-II класів Крафта виявляється не лише у зменшенні розмірів стовбура і крони, а й у зменшенні їхнього представництва в деревостані. Зі збільшенням техногенного навантаження зростає частка панівних та співпанівних і зменшується надпанівних та пригнічених дерев, а також середній клас Крафта. Залежність цього показника від техногенного навантаження має як просторове, так і часове визначення. Так, величина середнього класу Крафта зменшується, а частка надпанівних і панівних дерев зростає із віддаленням від «Азоту».

Простежується тенденція збільшення висоти та розмірів крон дерев цих показників із віддаленістю від «Азот. Найбільша ширина (5,7 м) і середня площа (25,2 м²) крони дерев спостерігається на контролі (відстань 25 км). Велика ширина (5,2 м) і площа (21,6 м²) крони відмічаються і на найближчій ППП (табл. 5).

Таблиця 5

Висота та розміри крон дерев сосняків у техногенній зоні «Азоту»

№ ППП	Відстань від ВАР «Азот», км	Рік	Показник						
			H _{сер} , м	L, м	W, м	L/W	L/H _{сер}	S _{сер} , м ²	V _{сер} , м ³
1	4,5	1993	17,7	4,8	4,2	1,15	0,27	13,9	22,8
		2003	21,3	6,5	4,8	1,35	0,3	18	40,7
		2013	24,5	9,8	5,2	1,88	0,4	21,6	71,9
2	7	1993	22,6	6	3,5	1,72	0,27	9,4	19,6
		2003	25,9	7	4,3	1,62	0,27	14,2	32,3
		2013	29,1	10,8	5,3	2,04	0,37	22,4	81,4
3	9	1993	22,8	7,6	3,3	2,29	0,33	8,4	22,4
		2003	27,5	8,1	5,2	1,56	0,29	20,9	58,7
		2013	29,8	10,9	5,4	2,02	0,37	23	85,2
4	25	1993	23,8	8,5	3,3	2,58	0,36	8,6	25,4
		2003	27,8	9,1	5,3	1,71	0,33	22,2	67,1
		2013	30	11,1	5,7	1,94	0,37	25,2	91,2

Примітка. H_{сер} – висота дерева; L – довжина крони, W – діаметр крони, S_{сер} – середня площа крони, V_{сер} – середній об'єм крони

Це можна пояснити тим, що на цій ППП велику частку становлять поодинокі дерева, які розвиватися за типом вільно стоячого дерева, характерним для якого є більш інтенсивний розвиток крони в ширину.

На контролі дерева мають овальну, яйцеподібну та оберненояйцеподібну форми крони, при цьому відношення довжини крони до її ширини становить 1,94-2,58 одиниці. З наближенням до джерела забруднення це співвідношення зменшується і досягає в зоні сильного пошкодження 1,15. Це характерно для парасолькоподібної форми крони (рис. 2).

Овальна

Яйцеподібна

Ширококонусоподібна

Оберненояйцеподібна

Кулястоподібна

Парасолькоподібна

Рис. 2. Форми крони сосняків у зоні забруднення

Як відомо, такі форми крони характерні для старих дерев. Відмічені візуальні зміни форми крони є підтвердженням тенденції до передчасного старіння дерев унаслідок дії аеротехногенного забруднення.

На контролі (рис. 3) найбільше дерев з овальною формою (30,8%) та оберненояйцеподібною формою крони (26%). Водночас, у найбільш пошкодженому сосняку більшість дерев з парасолькоподібною формою крони – 39,4%. У деревостані на відстані 7 км більшу частку займають дерева з яйцеподібною кроною – 36,8%, але незначно менше дерев із парасолькоподібною формою крони – 33,3%.

Рис. 3. Вертикальна форма крони у сосняках у зоні техногенного забруднення, %

Щодо горизонтальної форми крони, то оскільки насадження на ППП є перегущеними, то переважає стиснута форма крони (29,8-43,7%) (рис. 4).

Рис. 4. Розподіл дерев за горизонтальною формою крони у сосняках у зоні техногенного забруднення, %

Висновки. Домінуючу роль у погіршенні стану лісів у техногенній зоні Рівненського «Азоту» має забруднення. Однак поштовхом до різкого погіршення стану й усихання сосняків були посухи 1983, 1987 та 1990 рр.

Із віддаленням від джерела викидів стан хвойних насаджень покращується ($r = -0,850$, $t_{\text{факт}} = -5,359$ за $t_{\text{ст}0,05} = -2,201$ і $k = 11$), а індекс стану зростає зі збільшенням повноти ($r = -0,813$, $t_{\text{факт}} = -2,791$ за $t_{\text{ст}0,05} = -2,776$ і $k = 4$).

До початку забруднення сосняки мали високу повноту і бонітет (I^a та I^b) і високий рівень використання потенціалу екотопу (особливо за висотою). Внаслідок забруднення відбувалося значне падіння приросту. Так, наприкінці 1970-х років у сильно пошкоджених сосняках поточний приріст за запасом знизився майже вдвічі, а за висотою – у 2,4-3,6 рази.

Внаслідок дії забруднення у техногенній зоні суттєво змінилася просторова структура сосняків. Розміри біогоризонту фотосинтезу сильно пошкоджених деревостанів в 1,2 раза менші, ніж на контролі.

За гострого пошкодження гірший стан був у надпанівних і панівних дерев, а за хронічного – він погіршувався від верхньої до нижньої частини намету. Середньозважений клас Крафта зростав із погіршенням стану.

Зі зростанням забруднення відбулося вирівнювання у висоті дерев і порушене співвідношення груп дерев різних класів розвитку: зростає частка панівних та співпанівних і зменшується надпанівних та пригнічених дерев, а також середній клас Крафта.

Висота та розміри крон дерев збільшуються з віддаленістю від «Азоту». Крона дерев на ППП – середньої довжини, а відносна довжина крони зменшується з погіршенням стану дерев та зниженням класу Крафта, і збільшується у 2003 та 2013 рр., коли забруднення суттєво знизилося.

На контролі у дерев, де 78% особин мають овальну, яйцеподібну та оберненояйцеподібну крони, відношення довжини до ширини крони становить 1,94- 2,58 од. Це співвідношення зменшується за сильного пошкодження (до 1,15), коли дерева мають парасолькоподібну форму крони.

Зазначені зміни форми крони є підтвердженням тенденції до передчасного старіння дерев внаслідок дії аеротехногенного забруднення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ворон В.П. Динаміка трансформації соснових деревостанів техногенної зони РВАТ «Азот» / В.П. Ворон, С.В. Івашинюта // Наук. вісник Укр. держ. лісотех. ун-ту : зб. наук. техн. праць. – 2005. – Вип. 15.1. – С. 20-28.

2. Ворон В.П. Методичні підходи до вивчення впливу негативних факторів на радіальний приріст сосняків в Поліссі / В.П. Ворон, І.М. Коваль, А.В. Леман // Наук. праці Лісівничої акад. наук України. – 2011. – [№ 9](#). – С. 156-161.

3. Ворон В.П. Оцінка просторової структури деревостанів як важливий показник аеротехногенних змін лісових екосистем / В.П. Ворон, О.В. Леман, О.Г. Целіщев // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць. – 2000. – Вип. 27. – С. 152-158.

4. Зміни просторової структури соснових деревостанів внаслідок забруднення атмосфери викидами Рівненського ВО «Азот» / В.П. Ворон, В.В. Лавров, О.В. Леман, О.Г. Целіщев // Наук. вісник Укр. держ. лісотех. ун-ту : зб. наук. техн. праць. – 2000. – Вип. 10.2. – С. 47-52.

5. Ліси зеленої зони м. Рівне та їх еколого-захисні функції : моногр. / Ворон В.П., Івашинюта С.В., Коваль І.М., Бондарук М.А. – Харків : Нове слово, 2008. – 224 с.

6. Рекомендації щодо комплексної оцінки стійкості рекреаційно-оздоровчих лісів, організації їх моніторингу та оптимізації рекреаційного лісокористування в них . Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. / Ворон В.П., Бондарук М.А., Коваль І.М., Целіщев О.Г. // Збірник рекомендацій УкрНДІЛГА. – Харків : Нове слово, 2011. – С. 10-112.

7. Ільків І.С. Оцінка форми та параметрів крон дерев : методичні поради / Ільків І.С. – Львів : УкрДЛТУ, 1997. – 26 с.

8. Мякушко В.К. Экология сосновых лесов : моногр. / Мякушко В.К., Вольвач Ф.В., Плюта П.Г. – К.: Наук. думка, 1989. – 248 с.

9. Озолинчус Р.Н. Хвойные: морфогенез и мониторинг / Озолинчус Р.Н. – Каунас, 1996. – 339 с.

В.П. Ворон, О.Ю. Бологов

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРА СОСНЯКОВ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ РОВЕНСКОГО ОАО «АЗОТ»

В Волыньском Полесье мощным источником загрязнения среды, что приводит к негативным изменениям лесных экосистем, является Ровенское ОАО «Азот».

Аэротехногенные изменения крон деревьев изучали в 1993, 2003, 2013 гг. на постоянных пробных площадях экологического профиля, который был заложен в 60-летних сосняках (ТЛУ – С₂₋₃) на расстоянии 4,5-25 км от «Азота»

Доминирующим фактором в ухудшении состояния лесов в техногенной зоне были загрязнения, которые менялись во времени и в пространстве. Однако толчком к резкому ухудшению состояния и усыханию сосняков были засухи 1983, 1987 и 1990 г.

Состояние сосняков улучшается с удалением от источника выбросов ($r = -0,850$, $t_{\text{факт}} = -5,359$ при $t_{\text{ст}} 0,05 = -2,201$ и $k = 11$) и увеличением полноты ($r = -0,813$, $t_{\text{факт}} = -2,791$ при $t_{\text{ст}} 0,05 = -2,776$ и $k = 4$).

К началу загрязнения сосняки имели высокую полноту и бонитет (I^a и I^b), высокий уровень использования потенциала экотопов (особенно по высоте). Из-за загрязнения происходило значительное падение прироста. Так, в конце 1970-х годов в сильно поврежденных сосняках текущий прирост по запасу снизился почти вдвое, а по высоте – в 2,4-3,6 раза.

Вследствие действия загрязнения в техногенной зоне произошли значительные изменения пространственной структуры сосняков. Размеры биогоризонта фотосинтеза сильно поврежденных древостоев в 1,23 раза меньше, чем на контроле.

При остром повреждении хуже состояние прегосподствующих и господствующих, а хроническом – согосподствующих и угнетенных деревьев. Средневзвешенный класс Крафта возрастает с ухудшением состояния.

В пологе древостоя выравнивается высота деревьев и нарушается соотношение деревьев разных классов Крафта. С увеличением загрязнения уменьшается процент прегосподствующих деревьев, а также средний класс Крафта. Зависимость этого показателя от техногенной нагрузки имеет как пространственное, так и временное определение.

Высота и размеры крон деревьев увеличиваются с удаленностью от «Азота». Относительная длина кроны уменьшается с ухудшением состояния

деревьев и снижением класса Крафта и возрастет в 2003 и 2013 г., когда загрязнение существенно снизилось.

На контроле, где 78% деревьев имеют овальную, яйцевидную и обратнойяцевидную формы кроны, соотношение длины к ширине кроны равно 1,94- 2,58 единицы. В зоне сильного повреждения оно уменьшается до 1,15, когда кроны деревьев имеют форму зонтика.

Большинство деревьев имеют сжатую горизонтальную форму кроны. В наиболее поврежденных древостоях наименьшие размеры кроны характерны в направлениях, обращенных к «Азоту», то есть в западном и южном.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, сосна, класс Крафта, пространственная структура, санитарное состояние

V. Voron, O. Bologov

DYNAMICS OF PINE STANDS' CONDITION AND STRUCTURE UNDER AIR POLLUTION BY EMISSIONS OF RIVNE JSC "AZOT"

Polissya Rivne JSC "Azot" is important source of air pollution, which causes negative changes in forest ecosystems in Volyn region.

Aerotechnogenic changes in tree crowns were studied in 1993, 2003, and 2013 in permanent sample plots in the 60-years-old pine stands at the distance of 4.5-25 km from JSC "Azot".

Air pollution level was variable in time and space and played the dominant role in forest conditions worsening. However the sudden worsening of pine stand condition and drying was caused by the droughts of 1983, 1987 and 1990.

The condition of pine stands with the increase of distance from emission sources improved ($r = -0.85$, $t = -5.36$; $r_{0.05} = -2.20$; $k = 11$). The index of sanitary condition increased with crown coverage ($r = -0.81$, $t = -2.79$; $r_{0.05} = -2.78$; $k = 4$).

Before pollution influence pine stands had high crown closure and growth class (1a and 1b), as well as high potential of ecotype use (especially by height). Because of air pollution, significant decrease of increment occurred. So in the late

1970s, the current stock growth decreased by almost half, and height growth decreased by 2.4–3.6 times in severely damaged pine stands.

As a result of air pollution, considerable changes in the spatial structure of pine stands occurred. The size of photosynthesis area in severely damaged stands were 1.23 times less than in the control ones.

At acute damage by air pollution, pre-dominant and dominant trees had worse condition, than after chronic damage. In the last case the trees declined from the top to the bottom of the crown. Average Kraft class increased with worsening of stand condition.

The height of trees became less variable, and the ratio of groups of trees with different growth classes changed.

With increasing of air pollution level, the part of dominant and co-dominant trees increased, and the part of pre-dominant and suppressed trees as well as of middle Kraft class trees decreased.

The dependence of this index on air pollution level has both spatial and temporal peculiarities. The part of treed of the middle Kraft class decreases. Nhe part of pre-dominant and dominant trees increases with the increase of distance from JSC "Azot".

The tree height and crown size increase with the distance increase from JSC "Azot". The crowns in permanent sample plot have medium length, and relative crown length decreases with tree deterioration and with decrease of Kraft class. It increased in 2003 and 2013 when air pollution level has significantly decreased.

In the control plot 78% of the trees have oval, ovate and obovate crown and the ratio length to width is equal to 1.94-2.58 units. This ratio decreased of severe damage to 1.15, where the crowns were umbrella-shaped.

The horizontal form of the crown is mainly flattened. It ranges from 29.8 to 43.7 %. In the most severely damaged stands the smallest crown size is registered in the direction towards to JSC "Azot", i.e., to the west and south.

Key words: aerotechnogenic pollution, pine, Kraft class, growing space structure, sanitary state