

Отже, за наявності великої кількості облікованих значень можна говорити про нормальність у розподілі діаметрів дерев, які утворюють відпад за десятирічний період на профілі типів лісу.

Висновки. Аналіз проведених досліджень стосовно відпаду дерев на профілі типів лісу вказує на те, що більш інтенсивно цей процес відбувся у більш багатих лісорослинних умовах, а також більш складних за будовою насаджень. Крім цього, виявлено, що найбільше відпадає дерев, котрі представляють центральні ступені товщини, а характер розподілу кількості дерев за формою може наближатися до кривої нормального розподілу за умови достатньої кількості облікованих значень.

Наведені результати обліку та аналіз відпаду стовбурів дерев є тільки частиною повторних лісотаксаційних вимірів, проведених на типологічному профілі А. Пясецького у 2002 році.

Література

1. Горошко М.П., Хомюк П.Г. Оцінка показників деревостанів на типологічному профілі А. Пясецького: біометричний аспект// Український ліс. – Львів: УкрДЛТУ, 1994. – № 3. – С. 12-13.

2. Хомюк П.Г. Залежність таксаційної будови деревостанів А. Пясецького від лісорослинних умов// Наук. вісник УкрДЛТУ: Проблеми та перспективи розвитку лісового господарства. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998, вип. 9.2. – С. 165-168.

УДК 630*425 *Ст. наук. співроб. В.П. Ворон¹, канд. с.-г. наук – УкрНДЛГА;
С.В. Івашинюта – ДЛГО "Рівнеліс"*

ДИНАМІКА ТРАНСФОРМАЦІЇ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ТЕХНОГЕННОЇ ЗОНИ РІВНЕНСЬКОГО ВАТ "АЗОТ"

Узагальнено результати досліджень аеротехногенних змін соснових лісів техногенної зони РВАТ "Азот" в період з 1979 по 2003 рік.

Ключові слова: соснові ліси, техногенна зона, аеротехногенна трансформація

*Senior scientific employee V.P. Voron – URIFFM
S.V. Ivashinyuta – Rivne state forest enterprise*

The dynamics of transformation of pine stands in technogenic zone of Rivne nitrogen plant

The results of the studies in transformation of pine stands due to air pollution impact in 1979-2003 in technogenic zone of Rivne nitrogen plant are generalized.

Keywords: pine stands, technogenic zone, aerotechnogenic transformation

В Українському Поліссі серйозну загрозу існуванню лісів становить аеротехногенне забруднення Рівненського ВАТ "Азот" (РВАТ "Азот"). Він є аналогом заводу азотних добрив в Пулавах (Польща) і може служити класичним прикладом катастрофічних екологічних наслідків непродуманого вибору місця будівництва потужного хімічного виробництва. Але якщо "Азот" розташований серед соснових масивів Клеванського ДЛГ, до кожного з яких 4-5 км, то Пулавський завод був збудований (листопад 1966 року) біля соснового ма-

¹ Завідувач лабораторії екології лісу УкрНДЛГА

сиву. Рівень седиментації забруднювачів був настільки високий (1,0-1,2 т/га рік) [1], що всихання сосняків почалося вже весною наступного року і вже на початку 70-х років охоплювало 7212 га або 62 % лісів, які оточують це виробництво [2]. Радіус пошкодження лісів сягав 10 км, в кінці ж 70-х в напрямку переважаючих вітрів він вже становив 40 км [3]. Значну токсичність викидів такого типу виробництв для лісів відзначалося і в інших районах [4-6].

У результаті забруднення атмосфери викидами РВАТ "Азот" відбулися значні негативні зміни не тільки в аеротопі (повітрі та опадах [7, 8]), але й в трофотопі (грунті, підстилці [9, 10]), що викликало деградацію лісових екосистем [11-13]. У цій статті узагальнено дослідження змін сосняків техногенної зони в період з 1979 по 2003 рік. Моніторинг стану деревостанів проводився на мережі постійних пробних площ (ППП), що становлять три екологічні ряди, закладені в різних напрямках від "Азоту". Оцінка стану дерев проводилась згідно з методикою, розробленою лабораторією екології УкрНДІЛГА [14].

Початком діяльності РВАТ "Азот" є пуск в березні 1969 р. виробництва аміаку. Хоча до 1976 року облік викидів на виробництві не проводився, можна стверджувати, що в першій половині 70-х років їх обсяг постійно зростав, оскільки відбувався пуск та нарощування потужностей виробництв. У 1976 р. величина викидів становила 60 тис. т, а в 1978 році вона досягла максимуму – 75 тис. т. Майже 80 % викидів "Азоту" становили такі фітотоксиканти як оксиди сірки і азоту, аміак та аерозолі кислот. Найбільшу частку (40-50 %) мав SO_2 , максимальну кількість якого викинуто в атмосферу в 1976 році (31 тис. т).

Оскільки до катастрофи 1979 року, спостереження за станом лісів не велося можна тільки припускати, яка була їх початкова реакція на забруднення. Ситуацію дещо прояснює динаміка радіального приросту в цей період. У рік пуску "Азоту" зміни приросту, як і величина викидів, були не значними. У наступні три роки він теж не змінювався. Стрімке падіння радіального приросту почалося після досягнення максимальної потужності виробництва сірчаної кислоти в 1973 р. За період 1973-78 рр. величина радіального приросту в техногенній зоні знизилася з 1,5-1,9 до 0,8-1,2 мм. Особливо відчутне воно було в деревостанах, найближче розташованих до "Азоту". У сосняках північно-східного екоряду в радіусі до 7 км приріст знизився в 1,6-1,9 разів. Процес відбувався, незважаючи на оптимальні кліматичні умови, що дає всі підстави стверджувати – падіння приросту сталося виключно з техногенної причини.

Апогеєм аеротехногенного забруднення є екологічна катастрофа 1979 р., коли ранньою весною емісія великої кількості забруднювачів збіглася із слабким вітром та низькою хмарністю, що значно ускладнило їх розсіювання. Оскільки в цей рік емісія H_2SO_4 зросла в 4,3 раза, а інших інгредієнтів не змінилася, можна припустити, що викид стався на виробництві сірчаної кислоти.

В епіцентр удару потрапили насадження кварталів 38-40 і 42-44 Решуцького лісництва. Вже в травні у хвої відзначався сильний, практично суцільний, червоний некроз. Ситуація ускладнювалася посухою – у період з травня по вересень випало тільки 57 % опадів від багаторічного рівня. За даними Московської лісопатологічної експедиції, улітку 1979 року площа насаджень з гострим пошкодженням становила 459 га з запасом майже 60 тис. м^3 . За ступенем пошкодження хвої було виділено чотири зони:

- I – сильного пошкодження (площа 155,0 га). Всі дерева мали ознаки пошкодження, а більш як у 40 % суцільно та сильно пошкоджена хвоя;
- II – середнього пошкодження (142,7 га). Ознаки пошкодження відмічались у всіх дерев. Суцільне та сильне пошкодження хвої у 10-40 % дерев;
- III – слабого пошкодження (121,2 га). Ознаки пошкодження відмічались у всіх дерев, а сильне та суцільне пошкодження хвої у 10 % дерев;
- IV – зона здорових насаджень. Хвоя пошкоджена у окремих хвойних дерев.

Протягом 1979 року стан пошкоджених лісів різко погіршився. У зоні сильного та середнього пошкодження у дерев була тільки однорічна та залишки двохрічної хвої. У сильно пошкоджених дерев пагони та хвоя були сильно укорочені, а при суцільному пошкодженні не розвивалися зовсім. Із віддаленням від епіцентру ступінь пошкодження хвої зменшувалася. На відстані 6-7 км від "Азоту" дерев із середньою і вищою ступінню пошкодження було тільки 15 %.

Про масштаби пошкодження можна судити по сосняку на ППП №10 у кв. 38 Решуцького лісництва, що була в епіцентрі разового удару. Свіжий сухостій становив понад 40 %, причому майже 60 % його це дерева I-II класів Крафта. За короткий період до категорії усихаючих і сухостійних "перейшли" 72 % дерев із суцільним, 55 – із сильним і 26 % – із середнім пошкодженням хвої. Гостре пошкодження сосняків призвело до сильної депресії приросту сосняків, які потрапили в епіцентр разового удару. радіальний приріст зменшився тут в 1,8-2,0 рази порівняно з контролем, в той час як падіння приросту інших пошкоджених сосняків було значно менше – в 1,2-1,8 разів.

Восени 1979 р. загальна площа всихаючих лісів становила 506 га. Всихання їх виявлено і в Суському лісництві на площі 85 га. Ця цифра, однак, становила тільки 39 % від площі всихання насаджень в Клеванському ДЛГ. Іншими причинами всихання були ентомошкідники (45 %), коренева губка (42), опеньок (3), рак сірянки (1 %). Проте в осередках всихали тільки окремі дерева (4-8 м³/га). Більше 80 % запасу сухоостою становили дерева, що усохли від забруднення.

Випадків таких потужних викидів в атмосферу в подальшому не спостерігалось. Після 1979 року завдяки технологічним заходам обсяг викидів в атмосферу почав зменшуватися. Однак хоча рівень викидів в першій половині 80-х знизився до 20-25 тис. т в рік, цього виявилось недостатньо для реабілітації деревостанів, як це спостерігалось в техногенній зоні Стебницького калійного заводу [15]. У досліджуваних сосняках частка здорових дерев становила тільки 2-3 %. Практично у всіх дерев була відсутня хвоя не тільки 3, але й 2 року життя.

Повторним обстеженням Московської лісопатологічної експедиції у 1981 році встановлено розширення зони усихання. Площа слабо та середньо пошкоджених насаджень збільшилася на 20 %, сильно уражених – на 10 %. На північний схід від РВАТ "Азот" у радіусі до 5 км середньовікові та старші сосняки були в критичному стані навіть за наявності у їх складі до 30 % листяних. Сухостій досягав 50 %. Симптоми пошкодження відмічались до 8 км. Пошкодження спостерігалось й у молодняків. У зоні сильного пошкодження поточний приріст за запасом сосни знизився майже в 2, а за висотою – в 2,4-3,6 рази [11].

У сильно пошкоджених деревостанах, в яких усихаючі та сухостійні дерева становили понад 40 %, лісівники змушені були проводити суцільні, а в зонах середнього та слабого пошкодження – вибіркові санітарні рубання. Так, тільки за 1980-81 рр. в зоні сильного пошкодження сосняків санітарні рубання проведено на площі 71,7 га. Вирубка пошкоджених дерев посилювала всихання, оскільки знижувала їх повноту та давала змогу забрудненим потокам проникати у глиб масиву. Найбільше пошкоджувалися дерева поблизу просік, прогалин і узліссях.

Оскільки сосняки північно-східному напрямку, тобто в напрямку переважаючих від "Азоту" вітрів, пошкоджувалися найбільше, закладка ППП (усього 15) для локального моніторингу аеротехногенної трансформації лісів у цьому напрямку розпочато вже на початку 80-х років.

В епіцентрі удару на ППП північно-східного екоряду в 1981-82 роках індекс стану досягав 4,0-4,6, тобто рівня усихаючих насаджень. Сухостою було 50-60 %. Майже половину його становили дерева, які усохли після разового викиду. Погіршення стану продовжувалося і в подальшому, про що свідчить висока частка свіжого сухостою (до 13 %) та усихаючих дерев – 18 % (рис. 1).

Вже на момент закладки в сосняках північно-східного екоряду в 1981 році спостерігалася чітка просторова тенденція покращення стану деревостанів з віддаленням від РВАТ "Азот" (табл.).

Табл. Статистичні показники залежностей між індексом стану соснових деревостанів (y) та відстанню до РВАТ "Азот", км (x)

Рік	Рівняння регресії	r*)	k	t _f	t _{st 0,05}
північно-східний екоряд					
1981	$Y = -0,228 \cdot x + 4,182$	-0,699	28	3,528	2,05
1985	$Y = -0,207 \cdot x + 4,147$	-0,868	54	8,932	2,01
1990	$Y = -0,105 \cdot x + 3,540$	-0,814	10	2,801	2,23
1995	$Y = -0,045 \cdot x + 2,904$	-0,633	34	3,275	2,04
2000	$Y = -0,012 \cdot x + 2,783$	-0,377	12	0,912	2,18
2003	$Y = -0,018 \cdot x + 2,495$	-0,174	14	0,434	2,15
північно-західний екоряд					
1985	$Y = 0,0019 \cdot x + 1,9954$	0,039	22	0,123	2,07
1990	$y = -0,0507 \cdot x + 3,0629$	0,863	8	2,953	2,31
1995	$y = -0,0398 \cdot x + 2,9378$	0,895	22	6,342	2,07

Стан сосняків на віддалі 5 км від нього ще як ослаблений, і хоча сухостою було 10-11 %, частка здорових дерев становив 42-47 %. Стан сосняків на віддалі 7-10 км від "Азоту" ще не викликав тривоги. Індекс стану був або близьким, або незначною мірою перевищував межу між здоровими та ослабленими деревами (1,51). Частка здорових дерев становила 50-70 %.

Внаслідок синергічної дії аеротехногенного забруднення та посухи, починаючи з 1983 року відзначено різке погіршення стану сосняків північно-східного екоряду. 1982, 1983 р., були аномально сухими, але особливо жорсткі умови були в літні місяці. Так, літом 1983 року сума опадів у червні

*) r – коефіцієнт кореляції, t_{факт} – критерій Стюдента фактичний, t_{st 0,05} критерій Стюдента стандартний на 0,05 % рівні значущості, k – ступінь свободи.

становила – 36%, липні – 57 % і серпні – 39 % від багаторічної норми і ці місяці за величиною ГТК відносяться до посушливих. Погіршення стану продовжувалося і в 1984 році. За якихось два роки відбулося значне розширення зони пошкодження. Так, якщо в 1982 р. радіус зони сильного ослаблення насаджень у північно-східному напрямку був 5,5 км, а ослаблених – 7-10 км, то в 1984 р. межа цих зон досягла 10 км та 15 км.

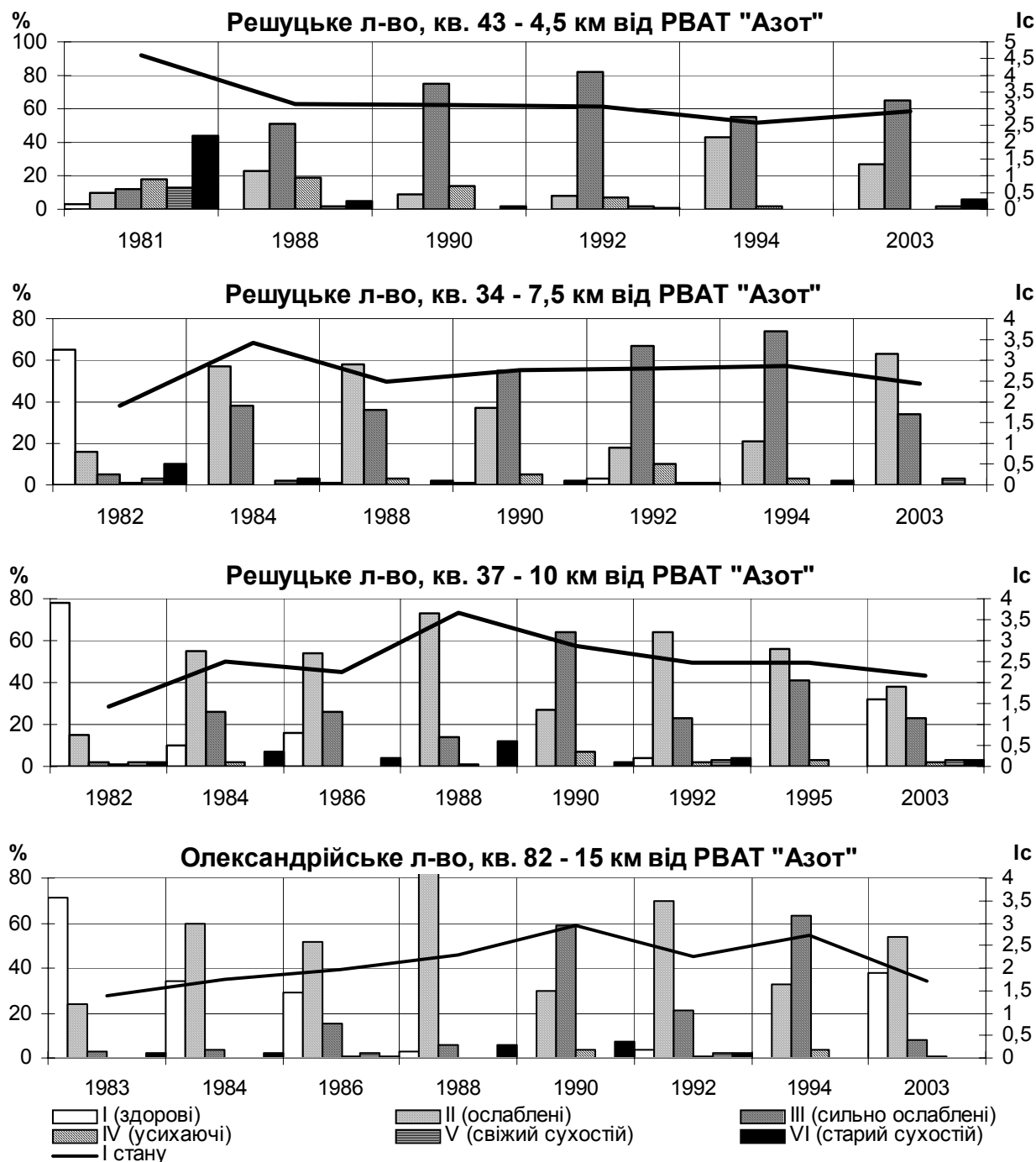


Рис. 1. Динаміка зміни індексу стану та розподілу дерев за категоріями стану на основних ППІ північно-східного екоряду в техногенній зоні РВАТ "Азот"

Пошкодження насаджень значною мірою залежить від їх структури, тобто від складу, віку, будови [11, 12]. Найсильніше пошкоджуються хвойні. Так, індекс стану соснових та ялинових середньовікових насаджень, що ростуть на відстані 4,0-4,5 км від джерела емісії, становить 4,0-4,6 км, з них по-

над 50 % сухостою. У дубових деревостанах усихання не відмічено, а індекс стану був в три рази меншим, ніж у хвойних. Із збільшенням віку насаджень збільшується частка сухостою. Так, у техногенній зоні в 20-річному сосняку сухостою було 23 %, в 35-річному – 43 %, а в 60-річному – 52 %.

Між індексом санітарного стану соснових деревостанів, що розташовані на відстані 4,0-4,5 км від РВАТ "Азот", і їх повнотою встановлено достовірну тісну зворотну залежність ($r=-0,813$, $t_{\text{факт}}=-2,791$ при $t_{\text{ст}_0,05}=-2,776$ і $k=4$) (рис. 2).

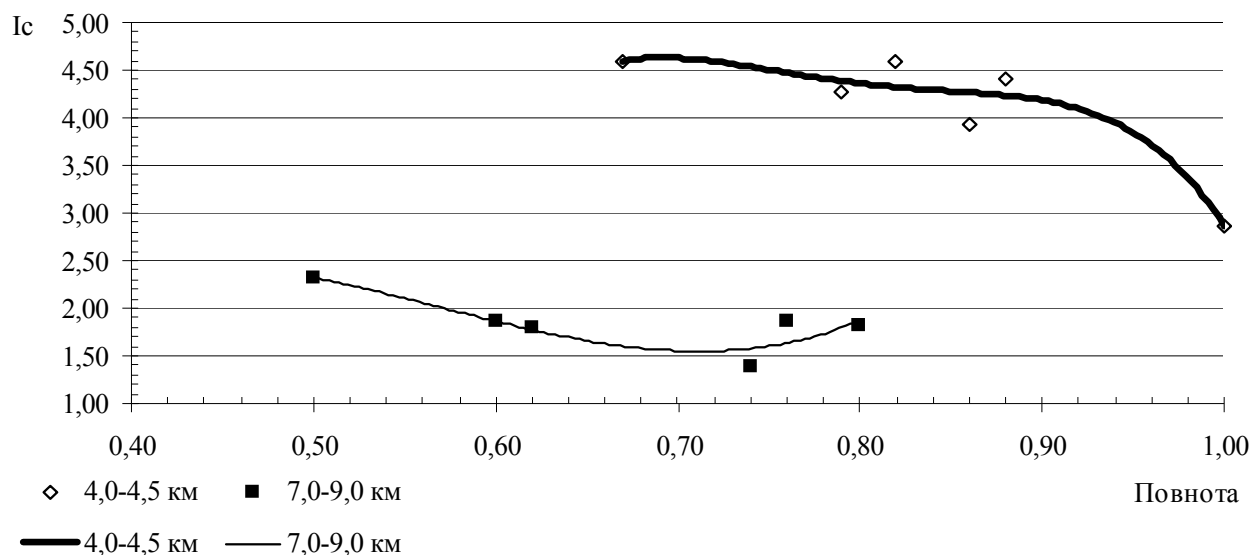


Рис. 2. Залежність індексу стану соснових деревостанів від їх повноти в техногенній зоні РВАТ "Азот" у першій половині 80-х років

Стан деревостану покращується з віддаленням від узлісся. На відстані 100 м від нього сильно ослаблених дерев було 68 %, а на 301-400 м – 20 %. У другій половині восьмидесятих років на розвиток соснових насаджень негативно вплинуло те, що в період 1985-1987 років обсяг викидів знову зріс до 24-29 тис. т на рік, з іншого боку, кількість опадів упала до мінімального рівня.

У північно-західному напрямку достовірно погіршився стан насаджень на відстані 5-6,5 км ($r=0,663$, $t_{\text{факт}}=2,936$ при $t_{\text{ст}_0,05}=2,201$ і $k=11$) і 9-14 км від РВАТ "Азот" ($r=0,744$, $t_{\text{факт}}=3,694$ при $t_{\text{ст}_0,05}=2,201$ і $k=11$). Стан деревостану на контролі за вказаний період досліджень достовірно не змінився (рис. 2, табл.).

Щодо північного екоряду, то тут достовірні зміни санітарного стану насаджень і чітка спрямованість цих змін протягом періоду досліджень (1987-1995 роки) не виявлені. Частка здорових дерев на ППП північно-східного екоряду становила 1-10 %, північно-західного – 1-17 %, північного – 19-38 %.

Частка здорових дерев у 1986 році не збільшувалася, а ослаблених в радіусі до 9 км від РВАТ "Азот", зроста. Збільшення кількості свіжого сухостою у 1982-1985 роках не спостерігалось на більшості ППП. Це відбулося і тому, що у більшості сосняків в цей час було проведено рубки і вибрано не тільки сухостійні, але й всихаючі та частково сильно ослаблені дерева.

Оскільки санітарними рубками вирубувалися найбільш пошкоджені категорії дерев і деревостан переходив до кращої категорії стану. Проте досить швидко величина індексу стану знову досягала попереднього рівня. Як приклад, можна навести ППП №14, №18. Після вирубки майже в 20 % дерев індекс стану знизився з 2,50 до 2,25, але вже через два роки досяг рівня 2,66.

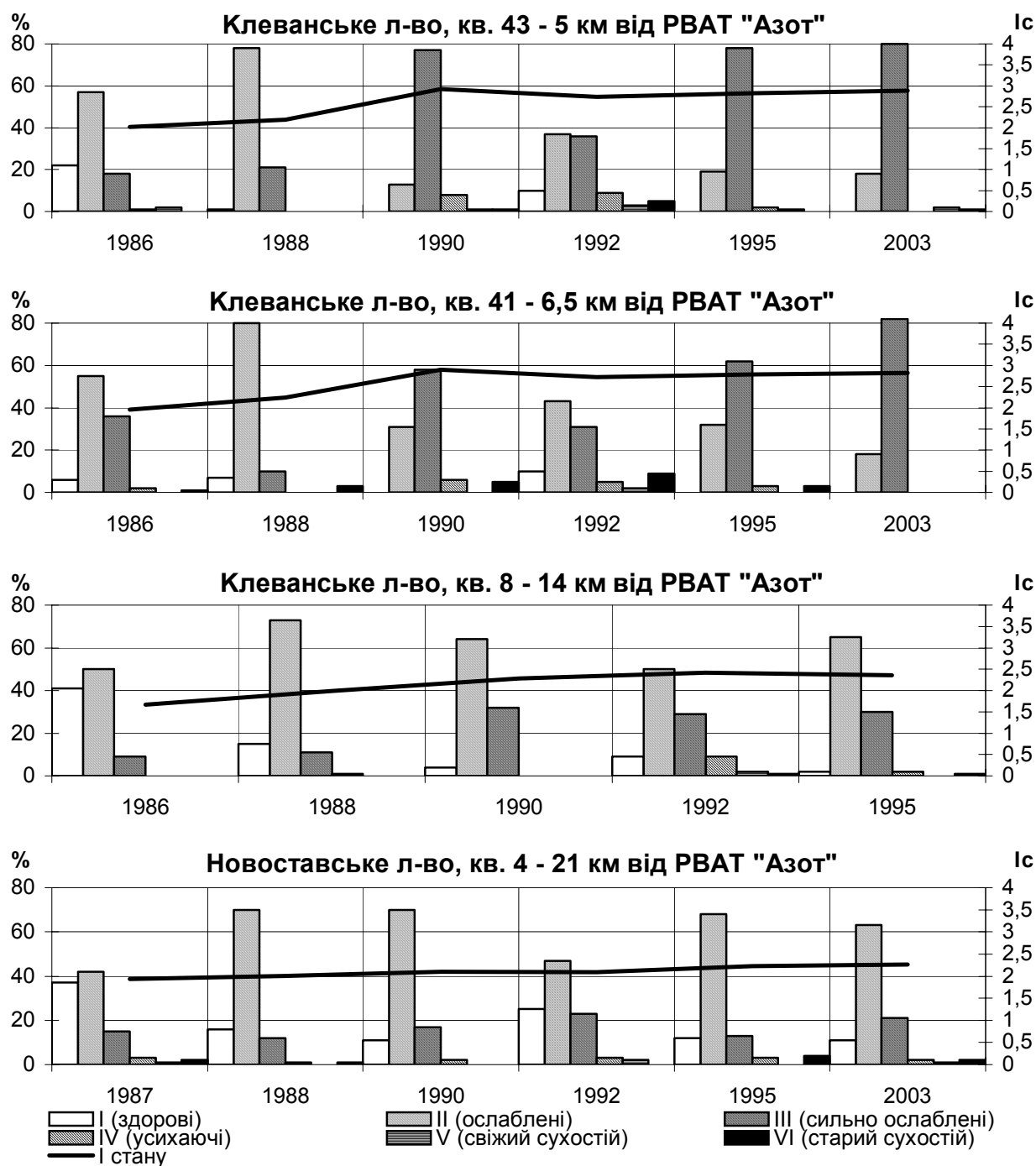


Рис. 2. Динаміка зміни індексу стану та розподілу дерев за категоріями стану на основних ППП північно-західного екоряду в техногенній зоні РВАТ "Азот"

У 1986-1987 роках в північно-східному напрямку зона сильно ослаблених сосняків досягала 6,5 км, а ослаблених – 20-21 км. У північному напрямку ці цифри відповідно становили 10 і 12 км. Погіршувався стан навіть змішаних насаджень. Так, в сосново-дубових деревостанах частка здорових дерев зменшилось до 22-67 %, а індекс стану зріс до 1,89.

У другій половині восьмидесятих років, почався спад обсягу викиду забруднювачів РВАТ "Азот". Вже в 1989 р. рівень викидів, порівняно з максимумом 1985 р. знизився в 2,2 раза, у 1990 – в 4,0 раза. Тим не менше істотного покращення стану на ППП у ці роки не було відзначено.

Відзначено значне погіршення стану сосняків північно-західного та північного екорядів. Залежно від ступеня пошкодження кількість здорових дерев щорічно зменшується на 5-15 %. У 1989 році у сосняках на ППП північно-західного екоряду здорових дерев було 1-8 %, північно-східного – 1-6 %, північного – 1-2 %. За рахунок збільшення суховершинних та сильно ослаблених дерев найбільше погіршився стан соснових насаджень в північному напрямку.

Проведене у 1990 р. в соснових деревостанах Клеванського ДЛГ зонування пошкодження лісів викидами РВАТ "Азот" засвідчило, що практично всі середньовікові сосняки Клеванського держлісгоспу, за винятком тільки Деражнянського та Смержевського лісництв, мали симптоми пошкодження промисловими емісіями. За 13 років площа пошкоджених лісів різко збільшилася: з 0,5 тис. га в 1979 р. до 2,5 тис. га в 1984 р., до 4,7 тис. га в 1988 р і до 23,4 тис. га в 1991 р. Найбільше постраждали сосняки північно-східного екоряду. Радіус усихаючих деревостанів становив 4-5 км, сильно ослаблених – 6-9, ослаблених – 10-14 км від "Азоту". В інших напрямках радіуси двох останніх зон були менші: північно-західному відповідно 4,0-5,5 і 4-10 км і північному – 3,5-4,5 і 4-10 км.

Хоча в першій половині 90-х років величина викидів знизилася до 3-4 тис. т, покращення стану насаджень не відбулося. Процеси регенерації деревостанів йшли надзвичайно повільно, оскільки внаслідок дії забруднення відбулися значні негативні структурно-функціональні зміни, які призвели до їх передчасного старіння – в епіцентрі разового викиду форма крони змінилася від широкоовальної до парасолькоподібної. І хоча в 1994-95 рр. достовірно покращився стан та підвищився радіальний приріст ($r=-0,719$, $t_{\text{факт}}=-3,432$ при $t_{\text{ст},0,05}=2,201$ і $k=11$) повне відновлення саме цих насаджень неможливе.

Однією із основних причин погіршення стану в техногенній зоні є передчасна дефоліація дерев. І хоча рівень охвоєності древ зростає, цього було не достатньо, щоб фіксувати зміну категорії стану в кращий бік. У той же час посилення дефоліації часто відбувається і внаслідок посух.

З іншого боку, основну частину в деревостані становили сильноослаблені дерева. Їх розвиток навіть при повному знятті аеротехногенного забруднення може йти як в бік покращення, так і усихання [15]. Останнє означає збільшення індексу стану, тобто погіршення стану. Про те що такі процеси відбувалися, свідчить наявність частки сухостою майже 4 %.

Істотні позитивні зміни відбулися тільки в 2001-03 рр., коли величина викидів знизилася до 2,4-3,2 тис. т. На ППП спостерігався перехід деревостанів із категорії сильно ослаблених до ослаблених. З іншого боку, просторова залежність між індексом стану та віддаллю деревостану до джерела забруднення перестала бути достовірною.

Таким чином, невдалий вибір місця будівництва РВАТ "Азот" виробництва з надзвичайно фітотоксичним характером і масштабами забруднення створив загрозу існуванню хвойних лісів Клеванського ДЛГ. Особливо катастрофічні наслідки мала дія аеротехногенного забруднення для лісів, розташованих на північно-східному екоряді від РВАТ "Азот" і які в 1979 році піддалися разовому викиду забруднювачів.

На розвиток сосняків техногенної зони РВАТ "Азот" поряд із викидами відчутно вплинули посушливі явища. Погіршення стану деревостанів відмічалося саме після посушливих років. Стан деревостанів значною мірою залежить від їх структури тобто складу, віку, просторової будови.

Оскільки в деревостанах внаслідок тривалої дії аеротехногенного забруднення відбулися значні структурно-функціональні зміни, які призвели до передчасного старіння насаджень, процеси регенерації йдуть надзвичайно повільно.

Література

1. **Sokolowski A.** Wplyw na roslinnosc lesna zanieczyszczen powietrza emitowanych przez Zaklady Azotowe w Pulawach. – Sylwan, 1971, N 115, S. 47-55.
2. **Gadzikowski R.** Oddziaływanie Zakladów Azotowych w Pulawach na lasy w latach 1967-1970. – Sylwan, 1971, N 6, S. 1-10.
3. **Gadzikowski R.** Oddziaływanie Zakladów Azotowych w Pulawach na srodowisko lesne w latach 1967-1978. – Sylwan, 1980, N 5, S. 17-29.
4. **Дыренков С.А., Савицкая С.Н., Лукомская К.А., Богданов Е.В.** Биоиндикация воздействия выбросов в атмосферу на лесной массив// В кн.: Общие проблемы биогеоценологии. – М., 1986, ч. 2. – С. 29-31.
5. **Армолайтис К.Э., Вайчис М.В.** Состояние хвойных деревостанів в зоне влияния Ионавского ПО "Азот"// Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости. – Каунас-Гирионис, 1984. – С. 72-73.
6. **Сергейчик С.А.** Древесные растения и оптимизация промышленной среды. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 168 с.
7. **Ворон В.П.** Хімічний склад снігового покриву як показник аеротехногенного забруднення лісових екосистем// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УДЛТУ. – 2004, вип. 14.5. – С. 151-154.
8. **Ворон В.П., Лавров В.В., Коваль И.М., Леман А.В.** Показатели трансформации лесных экосистем и нормирование аэротехногенной нагрузки на них в Волынском Полесье// Проблемы экологии и лесопользования в Полесье Украины// Научн. тр. Полесской АЛНИС. – Житомир, 1997, вып. 4. – С. 114-119.
9. **Voron V.P.** Aeral-technogenic soil transformation in the forest ecosystems of the Ukraine. In: Collection of papers by Ukrainian members European Society for soil conservation. – 1997/3. – P. 45-54.
10. **Ворон В.П.** Трансформація опаду та підстилки як показник техногенних змін біо-округообігу в сосняках Українського Полісся// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УДЛТУ. – 2004, вип. 14.6. – С. 40-49.
11. **Пастернак П.С., Ворон В.П., Мазепа В.Г., Приступа Г.К.** Изменение некоторых структурных особенностей лесного биоценоза в условиях аэротехногенного загрязнения окружающей среды// Экология. – 1990, № 3. – С. 7-13.
12. **Ворон В.П., Лавров В.В., Леман О.В., Целіщев О.Г.** Зміни просторової структури соснових деревостанів внаслідок забруднення атмосфери викидами Рівненського ВО "Азот"// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000, вип. 10.2. – С. 47-52.
13. **Ворон В.П., Жалнін А.В.** Вплив аеротехногенного забруднення на структуру трав'яного покриву сосняків Полісся// Наук. праці Поліської АЛНДС: Проблеми екології і лісокористування в Поліссі України. – Житомир: Поліська АЛНДС. – 1998, вип. 5. – С. 114-119.
14. **Рекомендации** по повышению устойчивости зеленых насаждений к техногенному загрязнению атмосферы выбросами аммиака, сернистого ангидрида, окислов азота в условиях лесной и степной зон Украинской ССР: Методические указания/ Пастернак П.С., Ворон В.П., Мазепа В.Г. и др. Харьков, 1987. – 16 с.
15. **Ворон В.П.** Устойчивость лесных насаждений к воздействию загрязнения атмосферы выбросами цементного и калийного производства в условиях Прикарпатья// Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук – Харків, 1983. – 16 с.