

6. ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНА СПРАВА

УДК 630*425

В.П. ВОРОН¹, І.М. КОВАЛЬ², О.В. ЛЕМАН³

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ НЕГАТИВНИХ ЧИННИКІВ НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНЯКІВ У ПОЛІССІ

Досліджено мінливість радіального приросту дерев в сосняках Українського Полісся під впливом комплексу негативних чинників. Виявлено, що віковий спад приросту провокується дією посушливих умов. Аеротехногенне забруднення посилює зв'язки приросту з кліматичними показниками. Реабілітація приросту деревостанів внаслідок зниження рівня забруднення гальмується дією посух, а створення оптимальних умов освітлення та живлення після санітарних рубань посилює їх негативний вплив. Запропоновано модифікований гідротермічний коефіцієнт для виявлення зв'язків між радіальним приростом та кліматичними чинниками в умовах техногенного пресу.

Ключові слова: аеротехногенне забруднення, посуха, радіальний приріст.

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 (УкрНДЦЛГА). Україна, м. Харків. Тел.: +38-097-277-59-98. E-mail: voron@uriffm.org.ua

² **КОВАЛЬ Ірина Михайлівна** – старший науковий співробітник, кандидат сільськогосподарських наук. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДЦЛГА). Україна, м. Харків. Тел.: +38-067-707-80-45. E-mail: koval@uriffm.org.ua

³ **ЛЕМАН Олександр Володимирович** – молодший науковий співробітник лабораторії екології лісу. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДЦЛГА). Україна, м. Харків.

Вступ. Значне погіршення стану лісів в останні десятиліття обумовлюється впливом комплексу негативних чинників, зокрема аеротехногенним забрудненням довкілля. При цьому забруднення є якісно новим стрес-фактором, масштаби дії якого близькі до природних чинників. З іншого боку, більша частина території України розташована в помірному кліматі, де чинники, що обмежують приріст дерев, змінюють один одного протягом вегетаційного періоду. До того ж, за оптимальних умов росту приріст слабо корелює з кліматичними показниками, тому що ґрунтовий комплекс пом'якшує їх негативний вплив. Реакція деревостану на забруднення значною мірою часто посилюється синергетичною дією інших стрес-чинників, насамперед перепадів клімату, що ускладнює дослідження і потребує особливих підходів до їх оцінювання.

Об'єкти та методика. Для вивчення впливу комплексу негативних чинників на радіальний приріст сосни відібрані деревостани в зоні аеротехногенного забруднення викидами Рівненського ВАТ "Азот" (далі РВАТ "Азот"), який був потужним джерелом забруднення і становив загрозу для існування лісів в Українському Поліссі.

РВАТ "Азот" – аналог заводу азотних добрив в Пулавах (Польща). Ці виробництва є класичним прикладом катастрофічних екологічних наслідків непродуманого вибору місця будівництва потужного хімічного виробництва [11, 14, 19]. Значну токсичність викидів такого типу виробництв для лісів спостережено і в інших районах [1, 9, 16].

Забруднення атмосфери викидами РВАТ "Азот" спричинило негативні зміни не лише окремих компонентів, але й деградацію всієї лісової екосистеми [11, 14], зокрема істотний спад радіального приросту [5, 11, 12]. У цій публікації узагальнено результати досліджень та аналіз причин змін приросту сосняків техногенної зони в період з 1937 по 2003 рр.

Для вивчення динаміки стану та продуктивності деревостанів у зоні забруднення РВАТ "Азот" в 1982-1987 рр. у середньовікових сосняках ДП "Клеванське ЛП" було закладено, згідно з загальноприйнятими у лісівництві та таксації методиками [4, 8], мережу постійних пробних площ (ППП), які становили екологічні ряди за рівнем аеротехногенного навантаження: західний (Клеванське), північний (Суське) та північно-східний (Решуцьке) лісництва.

Орієнтовний період садіння лісових культур – 1931-1932 рр. На час закладення PPP це були деревостани I^a та I^b класів бонітету. Тип лісорослинних умов – С₂. Ґрунти – дерново-опідзолені супіщані на давньоалювіальних супісках.

На одинадцятьох PPP у біогрупах дерев відбирали по 20-25 кернів на 1,3 м висоти стовбура. Кільця вимірювали приладом HENSON з точністю 0,01 мм. З огляду на випадання річних кілець проведено їх перехресне датування за допомогою комп'ютерної програми Sofecha Річарда Холмса [20].

Під час обчислення STANDART-хронології із серій вимірювань вилучали вікові тренди. Для цього до кожної індивідуальної серії підбирали криві для моделювання росту, які апроксимували негативною експонентою. Для отримання серій без трендів

значення вимірювань у кожній серії ділили на відповідні значення кривої апроксимації, потім обчислювали середньоарифметичне індивідуальних серій. Без авторегресійного аналізу створена лише ця версія хронології. Версію хронології RESIDUAL обчислювали подібним способом, але із залишкових серій одновимірного авторегресійного моделювання. Хронологію ARSTAN обчислено на основі коефіцієнтів авторегресії, отриманих завдяки авторегресійному моделюванню [20].

У Західному Поліссі середня кількість опадів за 1945-2003 рр. становить 571 мм за рік. Однак в окремі роки вона змінюється від 322 до 802 мм. Тобто, окремі роки є з дефіцитом вологи (сухі), а інші – навпаки з надлишком опадів (мокри). При цьому виникають складнощі, коли необхідно чітко визначитися з назвою року залежно від кількості вологи. Ми пропонуємо за основу визначення взяти підхід, запропонований В.Н.Бабиченко та іншими [2], у яких критерієм аномальності для температури взято середнє квадратичне відхилення (σ) від середнього багаторічного рівня (у нас – це 1945-2003 рр.). Запропоновану класифікацію наведено в табл. 1.

Табл. 1. Критерії аномальності погодних умов у Західному Поліссі

Відхилення від середнього багаторічного рівня	Характеристика року	
	за опадами	за температурою
$> +2\sigma$	Аномально мокрий >780	Аномально теплий >9,3
$+1,01\sigma - +1,99\sigma$	Мокрий 676-780	Теплий 8,3-9,3
$-1\sigma - +1\sigma$	Нормальний 466-675	Нормальний 6,3-8,3
$-1,01\sigma - -1,99\sigma$	Сухий 361-465	Холодний 5,2-6,2
$< -2\sigma$	Аномально сухий < 360	Аномально холодний <5,2

Примітка. Чисельник – характеристика року за погодними умовами, знаменник – діапазон зміни показників

Аномально посушливим був 1961 рік, посушливими – 1945, 1946, 1951, 1953, 1957, 1979, 1982, 1983, 1987 рр., мокрими – 1954, 1955, 1962, 1970, 1991, 1998, 1999, 2001 рр., аномально мокрими – 1974, 1978 рр. Що стосується температури, то аномально теплим був лише 1997 рік, теплими – 1990, 1994, 1999, 2000, 2002 рр., холодними – 1956, 1965, 1969, 1974, 1976, 1980, 1985 рр.

Дефіцит опадів і високі температури створюють особливо небезпечну ситуацію – посуху. Посушливим вважають вегетаційний період з гідротермічним коефіцієнтом Г.Т.Селянінова (ГТК) < 0,7 [6]. Відповідно до цього, посушливими були 1946, 1961, 1979 рр.

Загрозу для рослин становить також посушливість окремих місяців. У Поліссі розподіл опадів за окремими періодами, загалом, є сприятливим. Однак в окремі періоди їх величина істотно змінюється. Тому оцінювання погодних умов необхідно проводити диференційовано для окремих періодів приросту.

Запропоновано гідротермічний коефіцієнт VL , названий згідно з прізвищами авторів цього показника: В.П. Ворона та А.В. Лемана. Принцип його визначення схожий до показника O_1 , та O_3 Т.Т. Бітвінська [3]. Новизна ж коефіцієнта VL полягає в тому, що його розраховують не за гідрологічний рік, а за період формування приросту, який починається з червня попереднього року і завершується у вересні поточного року. Відповідно, коефіцієнт VL^3 інтегрує співвідношення температур і опадів за три попередніх роки та поточний, VL^2 – за два попередніх роки та поточний. Коефіцієнти визначають за такими формулами:

$$VL = \frac{100T}{\Sigma P} \quad (1); \quad VL^2 = \frac{(3T_{-1} + 4T_0)(3P_{-1} + 4P_0) \cdot T_0}{4900} \quad (2)$$

$$VL^3 = \frac{(2T_{-2} + 3T_{-1} + 4T_0)(2P_{-2} + 3P_{-1} + 4P_0) \cdot T_0}{8100} \quad (3)$$

де: T – температури, °C, P – опади, мм.

Результати дослідження. Для досліджуваних сосняків характерний віковий природний тренд зменшення приросту. Найвищим був радіальний приріст протягом 1938-1947 рр. – від 2,1 до 5,1 мм. У наступні 1948-1957 рр. він знизився до 1,5-3,1 мм, а пізніше, у 1958-1967 рр. – до 1,2-2,1 мм.

Верифікації приросту і даних температур, опадів та обсягу викидів дала змогу чітко датувати реакцію дерева на дію стрес-чинників. Найбільш сильну депресію приросту до початку роботи РВАТ "Азот" спостережено в 1945-1947; 1951-1954; 1961-1964; 1968- 1969 рр.

Спробуємо проаналізувати ці періоди. Першу депресію приросту в 1945-1947 рр. можна вважати класичним прикладом гальмування приросту як наслідок засух у 1945 та 1946 рр. (сухі роки). Особливо жорстка погодна ситуація спостерігалася в окремі місяці. В 1945 р. в період травень – липень опадів випало лише 49-70 % від норми. Зима 1945-1946 рр. теж була малосніжною – відхилення від багаторічної норми становило 45 мм. Посуха досягла кульмінації у весняно-літній період 1946 року. Внаслідок цього приріст зменшився до 2,1-3,5 мм. У другій половині 40-х і на початку 50-х років кількість опадів зросла, однак величина радіального приросту не лише не досягла переддепресійного рівня, але й знизилася вдвічі.

Другу сильну депресію приросту спостережено в першій половині 50-х років. Так, у 1951 р. опадів випало на 123 мм менше порівняно з нормою. 3 травня по серпень кількість опадів становила лише 55-69 % від середнього рівня. Проте депресію приросту виявлено лише на деяких ППП. Очевидно ситуація дещо була пом'якшена тим, що у березні – квітні випало по півтори місячних норми опадів. Нормальним за кількістю опадів був 1952 рік. Однак саме в цей рік розпочався спад приросту. Причиною була посушливість липня та серпня 1951 р., а також те, що у квітні 1952 р. випало лише 41, а в червні – липні,

відповідно, лише 60 і 53 % опадів від середнього рівня. Найбільш несприятливим був 1953 рік. Цей рік був посушливим. У березні випало лише 22 % опадів, і хоча в наступні місяці цей дефіцит дещо знизився, однак становив лише 52-74 % від багаторічного рівня.

Наступну депресію констатовано у 1961-1964 роках. У 1959, 1960 рр. негативну роль у формуванні приросту відіграла посушливість другої половини літа (рис. 1). При цьому 1961 р. був аномально посушливим (опадів було на 249 мм менше від норми) і найбільш посушливим за весь період спостережень. У травні випало лише 22 (ГТК = 0,4), в червні – 62 і в липні – 54 % від середнього рівня. Стрес був настільки сильним, що в наступні роки, які за рівнем опадів були нормальними, тривав спад приросту. Друга половина 60-х років характеризується сприятливими умовами. Однак величина радіального приросту становила лише 1,4-1,9 мм/рік (див. рис. 1).

Отже, до пуску РВАТ "Азот" досліджувані сосняки в сухі і посушливі роки пережили три депресії приросту, після яких надалі, навіть за достатньої кількості опадів, величина приросту не досягла попереднього рівня. Тобто віковий спад приросту провокувався дією посух, деревостан стає хронічно хворим, приріст його щоразу знижується після стресу.

У рік пуску РВАТ "Азот" (1969 р.) і в наступні три роки спаду радіального приросту не виявлено (рис. 2). Інформації про величину викидів РВАТ "Азот" в атмосферу за період 1969-1975 рр. немає. Однак, оскільки впродовж 70-х років відбувався пуск нових виробництв і нарощування їх потужностей, то в цей час відбувалося істотне зростання величини викидів. У 1976 р. вони становили майже 60, а у 1978 р. досягли максимуму – 75 тис. т. При чому особливо негативну роль відіграв пуск виробництва сірчаної кислоти наприкінці 1971 р. Саме після виходу його потужностей на максимальний рівень у 1973 р. зафіксовано стрімкий спад приросту. У цей час радіальний приріст у техногенній зоні знизився до 0,8-1,2 мм. Такий спад приросту має чітку просторову залежність. Так, у сосняках північно-східного екоряду в радіусі до 7 км приріст знизився у 1,6-1,9, а в діапазоні 9-12 км – у 1,4-1,5 раза. Особливо відчутний спад приросту спостережено в розташованих найближче до РВАТ "Азот" деревостанах [5, 11], де приріст знизився у 1,65-2,2 раза.

Аварійний викид токсикантів на РВАТ "Азот" навесні 1979 р. відбувся у надзвичайно несприятливих для розсіювання викидів умовах – за низької хмарності і слабого вітру. Іншим негативним чинником у 1979 р. були жорсткі погодні умови. Опадів випало на 127 мм менше від багаторічного рівня. особливо загрозливим був дефіцит опадів у період з травня по вересень – їх було тільки 57 % від середнього рівня. Лише в липні величина ГТК була вищою за рівень посухи, а інші місяці, як і увесь вегетаційний період, були посушливими.

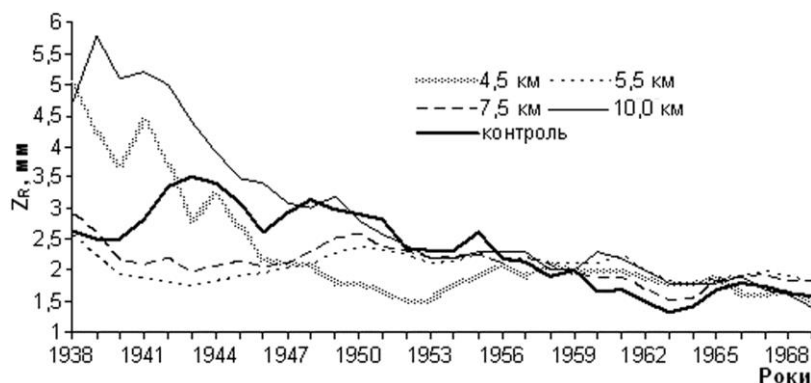


Рис. 1. Динаміка радіального приросту сосняків на ППП північно-східного екоряду до початку забруднення

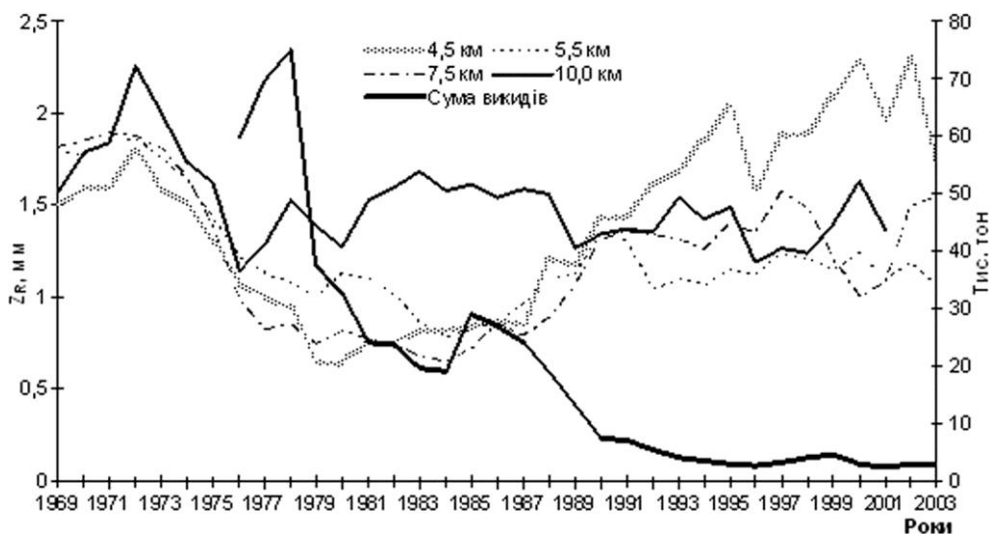


Рис. 2. Динаміка радіального приросту сосни на ППП північно-східного екоряду після початку забруднення РВАТ "Азот"

Цей викид мав катастрофічні наслідки для хвойних насаджень (кв. 38, 39, 42, 43) Решуцького лісництва [11, 14]. Пошкодження насаджень призвело до сильної депресії приросту у сосняках північно-східного екоряду, які потрапили в епіцентр разового удару. Тут, унаслідок дії фітотоксикантів, радіальний приріст зменшився до 0,7-0,9 мм, тобто в 1,75-2,0 рази (див. рис. 2).

Після цієї екологічної катастрофи і після величезних сум штрафів (1,25 млн. крб.) за заподіяні збитки, на комбінаті було вжито заходів щодо зниження викидів. До 1984 р. викиди фітотоксикантів зменшилися в 3,9 рази. Однак не зважаючи на це, стабілізації радіального приросту сосни в пошкоджених деревостанах не відбулося. Навпаки – процес деградації стрімко посилюється. Це свідчить насамперед про те, що величина викидів перевищувала допустимий для розвитку насаджень рівень.

Іншою причиною є синергізм дії забруднення та посухи. У 1982-1984 рр. випало, відповідно, на 141, 113 і 98 мм менше опадів від багаторічного рівня. Перші два роки були сухими, а останній – на межі цього. Особливо посушливими були літні місяці. Так, у червні 1983 р. опадів випало 36, у липні – 57 і серпні – 39 % від норми і ці місяці за величиною ГТК віднесені до посушливих.

Особливо істотно знизився приріст на найближчій до РВАТ "Азот" ППП північного екоряду, де в 1984 р. ширина річного кільця знизилася до 0,51 мм, тобто

була в 3,1 рази менша, ніж на контролі. У сосняках північно-східного екоряду приріст був дещо вищим – 0,6-0,9 мм, що в 1,8-2,7 рази нижче, ніж на контролі.

Подібна ситуація спостерігалася і на ППП західного екоряду. Проте ці екоряди істотно відрізнялися. При цьому спад приросту характерний для всіх сосняків північно-східного екоряду. У західному екоряду в сосняках на значній віддалі від РВАТ "Азот" спад приросту не такий значний. Не збігаються також періоди максимального спаду приросту. Так, на найближчій до РВАТ "Азот" ППП у північному екоряді мінімальне значення показника спостережено у 1982 р., на ППП північно-східного екоряду – у 1979 р. Таке явище пояснюється тим, що східні вітри (на відміну від південно-західних) не є домінуючими у цьому районі.

Починаючи з 1986 р., величина викидів токсикантів зменшується. У 1989 р. обсяг викидів становив 13,2, а в 1991 р. – 7,1 тис. т. У 90-ті роки величина викидів становила 2,7-4,1, а в 2000-2003 рр. дещо менше – 2,4-3,2 тис. т.

Надзвичайно цікаво вивчити можливий хід реабілітації приросту деревостанів у разі зниження рівня забруднення, а також можливі чинники, що активізують або навпаки – гальмують цей процес [10, 11]. Так, на найближче розташованій до РВАТ "Азот" ППП північно-східного екоряду після дуже сильного спаду радіального приросту у 1979-1980 рр. (до 0,64-0,65 мм), починаючи з 1981 р. спостережено певне його зростання, спочатку – до 0,75, а в 1983-1985 рр. –

до 0,82-0,84 мм. Це можна пояснити тим, що в цих деревостанах під час санітарних рубань було зрубано значну частину дерев і більшість дерев отримали статус вільно стоячих, для яких, як відомо, характерним є значне зростання приросту саме за діаметром (світловий приріст).

Стабілізації приросту можна було очікувати ще в 1987 р. Проте цей рік виявився сухим – випало всього 445 мм опадів, при чому в липні – лише 37% від багаторічного рівня. Очевидно тому не зафіксовані позитивні зміни приростів.

Позитивні зміни відбулися лише у 1988 р. І, якщо на контролі приріст залишався приблизно на тому ж рівні, то в сосняках техногенної зони приріст стрімко зріс. У наступні роки ця тенденція збереглася. І вже у 1990 р. лише на двох із шести ППП ширина річних кілець була меншою, ніж на контролі. До того ж, ця різниця становила лише 2-16%, а не 2-3 рази, як це було в період максимального техногенного навантаження. Надалі відмінність у приростах між контролем і сосняками техногенної зони стала мінімальною.

У першій половині 90-х років позитивні тенденції щодо зміни приросту зберігалися у всіх деревостанах, але особливо значне зростання спостерігалося в найбільш пошкоджених сосняках на найближче

розташованих ППП всіх трьох екорядів [11]. Починаючи з 1994 р., на цих ППП приріст почав перевищувати контроль. Так, у 1995 р. в сосняку на ППП 11, яка була в епіцентрі разового викиду 1979 р., приріст в 1,3 рази перевищував контроль. Позв сумнівом, у цих деревостанах, поряд із значним зменшенням техногенного навантаження на фоні сприятливих погодних умов, важливе значення відіграли санітарні рубання, внаслідок проведення яких деревостани були сильно зріджені. Внаслідок цього більшість дерев дістали статус вільно стоячих, для яких характерним є значне зростання приросту за діаметром.

Зниження приросту, порівняно з попередніми роками, спостерігалося і в період зниження рівня аеротехногенного забруднення – в 1992, 1996, 1998, 2001 рр. Однак воно не було значним і тривалим. Кількість опадів у 90-ті роки була близькою до норми, а три роки повинні бути віднесені до мокрих. Попри це, посушливі умови склалися в окремі місяці. Так, за величиною ГТК можна вважати посушливими погодні умови травня 1999, 2000, липня – 1994 і 1995 рр. Але особливо часто посушливі умови склалися в серпні – 1990, 1992, 1993, 2000, 2002 та 2003 рр.

Табл. 2. Зв'язок індексів радіального приросту та кількістю викидів

Відстань від РВАТ "Азот", км	Рівняння регресії	R	F _{факт}
Сірчистий ангідрид			
4,5	$y = -0,10x^3 + 5,39x^2 - 107,83x + 1403,02$	0,83 ^{±0,07}	16,03
7,5	$y = 0,07x^3 - 2,24x^2 - 12,17x + 1149,62$	0,77 ^{±0,10}	10,52
10	$y = -0,22x^3 + 12,38x^2 - 211,37x + 1797,43$	0,92 ^{±0,04}	38,33
20	$y = 0,21x^3 + 12,06x^2 - 196,18x + 1670,60$	0,77 ^{±0,88}	23,33
Оксиди азоту			
4,5	$y = 966,02x^3 - 676,76x^2 + 10,78x + 1414,49$	0,75 ^{±0,11}	8,78
7,5	$y = 1515,82x^3 - 016,90x^2 + 2799,31x + 570,$	0,80 ^{±0,09}	12,11
10	$y = 0,002x^3 - 0,40x^2 + 13,92x + 1407,24$	0,93 ^{±0,03}	45,84
20	$y = 1400,69x^3 - 683,73x^2 + 473,13x + 1513,47$	0,91 ^{±0,04}	34,03

Примітка: y – індекс радіального приросту; x – обсяг викиду SO₂ або NO_x т/рік; F_{теор} = 3,74. Розрахунок залежності проведено за програмою "STATISTICA", в якій індексу радіального приросту 1,0 відповідає 1000 умовних одиниць на графіку

Встановлено достовірні кореляційні зв'язки між індексами радіального приросту сосняків (версії STANDART та ARSTAN) з обсягом забруднення [5, 10]. Тіснота кореляційних зв'язків із загальним обсягом викидів, а також таких домінуючих викидів, як SO₂, NO_x, пил була сильною (див. табл. 2).

Внаслідок проведеного аналізу і порівняння радіального приросту сосняків техногенної зони РВАТ "Азот" і величин температури, опадів та інших гідротермічних показників, спостережено деяку синхронність цих кривих в періоди впливу стрес-чинників, але статистично виявити зв'язки між ними інколи важко. У помірній зоні кореляція індексів радіального приросту з кліматичними показниками є слабкою, оскільки негативний вплив раптових перепадів клімату пом'якшується багатством ґрунтів та забезпеченістю вологою [12, 18]. Якщо дерева підпадають під вплив кількох стрес-чинників, то ці зв'язки посилюються [7].

Подібні результати отримали і ми [10, 11]. Так, до початку техногенного забруднення зв'язки індексів приросту з сумами температур, опадів, відносною вологістю за окремі місяці та за весь вегетаційний період, за календарний і гідрологічний роки були

відсутні, або відзначалися лише на деяких ППП. З початком техногенного забруднення зафіксовано зростання тісноти цих зв'язків, особливо на ППП у найбільш пошкоджених сосняках, що розташовані найближче до джерела забруднення. Забруднення посилює також вплив зимових температур на формування радіального приросту сосни.

Подібні аспекти спостерігали під час аналізу зв'язків індексів приросту з гідротермічними коефіцієнтами (ГТК, T, V, A та ін.). Вони посилюлися після початку забруднення. Особливу увагу приділено динаміці показників O₁ та O₃ Т.Т. Бітвінська [3], оскільки запропоновані принципи їх визначення, на наш погляд, є важливими та перспективними. У досліджуваному регіоні між гідротермічним показником O₁, який характеризує погодні умови останнього гідрологічного року та радіальним приростом, як у абсолютному, так і відносному вираженні, не виявлено середньої тісноти зв'язків.

Водночас, середньої тісноти зв'язки отримано між індексами приросту та показником O₃, який враховує погодні умови чотирьох гідрологічних років. Причому найвище значення коефіцієнта кореляції спостережено

у разі використання для аналізу індексів радіального приросту, розрахованих за версією STANDART (0,32-0,49), для ARSTAN – 0,29-0,53. З-поміж інших версій такої тісноти зв'язок спостережено лише для найближчої до джерела забруднення ППП [10].

Основна проблема полягає в тому, який період необхідно брати для визначення вказаних гідротермічних коефіцієнтів. В основу показників Т.Т. Битвінського [3] покладено період гідрологічного року. Поняття "гідрологічний рік"

застосовують у гідрологічних розрахунках для збільшення відповідності між обсягами атмосферних опадів та стоком. Початком гідрологічного року є момент встановлення постійного снігового покриву [6]. Однак на значній території України стійкий сніговий покрив встановлюється у третій декаді грудня у північно-східних районах та в Українських Карпатах – у першій половині грудня [6]. Тобто гідрологічний рік буде близький до календарного.

Табл. 3. Коефіцієнти кореляції між індексами радіального приросту та гідротермічними коефіцієнтами

Коефіцієнти	Тип індексної хронології							
	STANDART				ARSTAN			
	Відстань від джерела забруднення, км							
	4	7	9	20	4	7	9	20
Період 1945-1968 рр.								
VL^2	0,22	0,37	0,31	0,54	0,18	0,33	0,33	0,46
VL^3	0,22	0,37	0,13	0,50	0,20	0,30	0,28	0,52
O_3	0,04	0,28	0,22	0,50	0,07	0,24	0,23	0,48
Період 1969-1994 рр.								
VL^2	0,50	0,53	0,60	0,63	0,49	0,48	0,59	0,62
VL^3	0,56	0,58	0,64	0,69	0,55	0,52	0,64	0,69
O_3	0,53	0,35	0,53	0,51	0,47	0,35	0,45	0,54
Весь період (1945-1994 рр.)								
VL^2	0,32	0,48	0,43	0,54	0,29	0,41	0,40	0,57
VL^3	0,40	0,51	0,45	0,59	0,34	0,43	0,42	0,62
O_3	0,34	0,33	0,44	0,48	0,31	0,30	0,36	0,52

Примітки: VL – гідротермічний коефіцієнт Ворона-Лемана; O_3 – гідротермічний коефіцієнт за Битвінськом; **0,39** – коефіцієнт кореляції на рівні значущості 0,5.

Водночас, ані перший, ані другий періоди не відповідають періоду формування приросту. Зважаючи на це, Н.В. Ловеллус, Ю.І. Грицан [12] пропонують виокремлювати "дендрологічний рік". Цей період охоплює як ембріональну, так і постембріональну стадію формування приросту і найбільш ефективно розкриває комплексний характер впливу чинників зовнішнього середовища на деревні рослини і не суперечить біологічній сутності процесів. Однак початком гідрологічного року ці автори вважають чомусь липень – вересень попереднього, а завершення – травень – червень поточного вегетаційного сезону. Однак ембріональна або внутрішня стадія росту починається з моменту закладання бруньок (червень попереднього року) [13, 17] і триває до початку їх розкривання та початку росту пагонів (кінець березня – початок квітня). З цього моменту починається зовнішня стадія формування річного кільця, яка завершується до початку вересня [15]. Тобто, в умовах України формування починається в травні – червні минулого і завершується в серпні – вересні поточного року.

Саме за таких термінів – травень минулого – вересень поточного років спостережено найвищі значення коефіцієнта кореляції – 0,65 (табл. 3). До початку забруднення зв'язки середньої тісноти спостережено лише для запропонованого коефіцієнта в контрольному деревостані у версіях STANDART та ARSTAN. Найбільш високі значення коефіцієнтів кореляції спостережено між індексними хронологіями STANDART та ARSTAN з одного боку і коефіцієнтами VL^3 , VL^2 з іншого, в період найбільшого техногенного впливу на деревостани у 1969-1994 рр. Така тенденція спостерігається не лише у разі 4-, але й 3- і навіть 2-річного періоду. Отже, можна припустити, що саме дія забруднення значно посилює вплив кліматичних чинників на приріст сосняків. Гідротермічний коефіцієнт O_3 показав також позитивні середні зв'язки з радіальним приростом

дерев ($r = 0,35-0,54$), але дещо поступився коефіцієнтам VL .

Висновки. Отже, мінливість радіального приросту дерев в сосняках Українського Полісся залежить від цілого комплексу негативних чинників. До пуску РВАТ "Азот" досліджувані сосняки пережили низку глибоких депресій приросту, зумовлених дією посушливих умов, які провокували віковий спад приросту. Вплив забруднення посилює зв'язок приросту з кліматичними показниками. Реабілітація приросту у разі зниження рівня забруднення може бути істотно загальмована дією посух. Водночас, після створення оптимальних умов освітлення та живлення після проведення санітарних рубань, приріст дерев за діаметром істотно зростає. Використання гідротермічних коефіцієнтів VL^2 та VL^3 дає змогу виявити ступінь чутливості радіального приросту дерев до забруднення та кліматичних стрес-чинників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Армолайтис К.Э. Состояние хвойных древостоев в зоне влияния Ионавского ПО "Азот" / К.Э. Армолайтис, М.В. Вайчис // Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости. – Каунас-Гирионис, 1984. – С. 72-73.
2. **Температура воздуха** на Украине / В.Н. Бабиченко, С.Ф. Рудышина, З.С. Бондаренко, М.Л. Гущина. – Л. : Гидрометеоздат, 1987. – 400 с.
3. **Битвінський Т.Т.** Дендрокліматическіе ісследованія / Т.Т. Битвінський. – Л. : Гидрометеоздат, 1974. – 170 с.
4. **Вороб'єв Д.В.** Методика лесотипологических исследований / Д.В. Вороб'єв. – К. : Изд-во "Урожай", 1967. – 386 с.
5. **Ворон В.П.** Вплив аеротехногенного забруднення на динаміку радіального приросту соснових деревостанів техногенної зони РВАТ "Азот" / В.П. Ворон, І.М. Коваль, С.В. Івашинюта // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук.

праць. – Харків : Вид-во УкрНДДЛГА. – 2004. – Вип. 107. – С. 230-234.

6. Географічна енциклопедія України. – К. : Українська Радянська Енциклопедія. – 1989. – Т. 1. – 416 с.

7. Грейбилл Д.А. Дендрохронологическое изучение загрязнения воздушной среды в хвойных лесах Западных районов США / Д.А. Грейбилл // Лесоведение : научн.-теорет. журнал. – М. : Изд-во "Наука". – 1991. – № 2. – С. 3-15.

8. Гром М.М. Лісова таксація : підручник [для студ. ВНЗ] / М.М. Гром. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. – 416 с.

9. Дыренков С.А. Биоиндикация воздействия выбросов в атмосферу на лесной массив / С.А. Дыренков, С.Н. Савицкая, К.А. Лукомская и др. // Общие проблемы биогеоценологии. – Ч. 2. – М., 1986. – С. 29-31.

10. Коваль І.М. Вплив клімату на динаміку радіального приросту *Pinus sylvestris* L. у лісовій і лісостеповій зонах України / І.М. Коваль // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць. – Харків : Вид-во УкрНДДЛГА. – 2007. – Вип. 116. – С. 51-58.

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

12. Ловелиус Н.В. Лесные экосистемы Украины и тепло-влажностное обеспечение / Н.В. Ловелиус, Ю.И. Грищан. – Санкт-Петербург, 1998. – 335 с.

13. Одинак Я.П. Сезонная динамика прироста наземной фитомассы буковых древостоев / Я.П. Одинак, А.И. Шевчук // Лесоведение : научн.-теорет. журнал. – М. : Изд-во "Наука". – 1980. – № 6. – С. 74-82.

14. Изменение некоторых структурных особенностей лесного биоценоза в условиях аэротехногенного загрязнения окружающей среды / Г.С. Пастернак, В.П. Ворон, В.Г. Мазепа та ін. // Экология. – 1990. – № 3. – С. 7-13.

15. Русаленко А.И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность / А.И. Русаленко. – Минск : Изд-во "Наука и техника", 1986. – 238 с.

16. Сергейчик С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды / С.А. Сергейчик. – Минск : Изд-во "Наука и техника", 1984. – 168 с.

17. Филатова О.В. Влияние экологических и наследственных факторов на формирование побегов сосны в культурах южной лесостепи УССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук / О.В. Филатова. – Харьков, 1984. – 24 с.

18. Шовган А.Д. Динамика, экологическая обусловленность и прогноз прироста сосны обыкновенной в лесных районах Украинской ССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 – "Экология" / А.Д. Шовган. – Днепропетровск : Вид-во ДГУ, 1987. – 16 с.

19. Gadzikowski R. Oddziaływanie Zakładów Azotowych w Pulawach na srodowisko lesne w latach 1967-1978 / R. Gadzikowski. – Sylwan. – 1980. – № 5. – S. 17-29.

20. Holmes R.L. Tree ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin, with procedures used in the chronology development work, including

users manuals for computer programs COFECHA and ARSTAN. Chronology Series VI Laboratory of Tree-Ring Research / R.L. Holmes, R.K. Adams, H.C. Fritts. – Tucson : University of Arisona, 1986. – P. 345-361.

В.П. Ворон, И.М. Коваль, А.В. Леман

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЯКОВ В ПОЛЕСЬЕ

Исследована изменчивость радиального прироста деревьев в сосняках Украинского Полесья под воздействием комплекса негативных факторов. Обнаружено, что возрастное падение прироста провоцируется действием засушливых условий. Аэротехногенное загрязнение усиливает связь прироста с климатическими показателями. Реабилитация прироста древостоев при снижении уровня загрязнения тормозится действием засух, а создание оптимальных условий освещения и питания после санитарных рубок усиливает их негативное воздействие. Предложен модифицированный гидротермический коэффициент для выявления связей между радиальным приростом и климатическими факторами в условиях техногенного пресса.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, засуха, радиальный прирост.

V.H. Voron, I.M. Koval, A.V. Leman

METHODICAL APPROACHES TO THE STUDY OF NEGATIVE FACTORS INFLUENCE ON PINE TREE RADIAL GROWTH IN PINE STAND OF POLISSJA

Variability of radial growth of trees in pine stand of the Ukrainian Polissya under impact of complex of negative factors is studied. It is estimated that the age-old falling of increase is provoked by the impact of droughty conditions. Aerotechnogenic pollution strengthens relationships between growth and climatic indexes. The rehabilitation of tree growth at the decline of level of pollution is broken by influence of droughts and creation of optimum conditions of lighting and nutrition after sanitary cutting accelerates it. The modified hydrothermic coefficient is proposed for the detection of relationships between tree radial growth and climatic factors in the conditions of technogenic press.

Keywords: man-made air pollution, drought, radial increment.

