

means of the differential thermography. Indices a rather high frost-resistance of all species under investigation, especially *C. hybrida* Spaeth., is prognosticated according to the complex of the differential thermal analysis.

Keywords: catalpa, introduction, freeze-thaw resistance, ice nucleation, differential thermal analysis (DTA).

УДК 630*425

Доц. В.Г. Мазена, канд. с.-г. наук; проф. Г.Т. Криницький,
д-р біол. наук – НЛТУ України, м. Львів; проф. Г.П. Леонтяк, д-р с.-г. наук –
Уманський державний аграрний університет

НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ ТА АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНЯКІВ В УМОВАХ МАЛОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Досліджено динаміку основних кліматичних показників та радіального приросту соснових деревостанів, що ростуть в умовах забруднення довкілля викидами Добротвірської ТЕС. Виявлено загальний характер динаміки приросту, його екстремальні значення, зміни амплітуди і частоту коливань та встановлено кореляційні залежності між приростом та комплексом кліматичних показників і забрудненням атмосфери.

Ключові слова: радіальний приріст, зміни клімату, аеротехногенне забруднення, кліматичні показники, соснові деревостани.

Упродовж останніх років відбуваються глобальні зміни клімату, які негативно впливають на ліси та виконання їхніх різноманітних функцій. Ряд українських учених дійшли висновку, що зміни клімату призведуть до зміщення ареалів видів та границь лісорослинних областей, а на рівні лісових фітоценозів появляться тенденції до зміни домінуючих деревних видів, ярусних структур деревостанів, динаміки росту і стійкості лісостанів [4]. Тому актуальним є вивчення наслідків комплексного впливу на лісостани змін клімату та атмосферного забруднення.

Для оцінки динаміки стану лісових екосистем більшість дослідників використовують дендрохронологічний та дендрокліматичний методи, що базуються на вивченні радіального приросту окремих дерев і деревостанів [1, 11, 12]. Радіальний приріст є найбільш універсальним і комплексним показником стану насаджень впродовж всього їх віку, а тому дає змогу виявити реакцію деревостанів на дію всього комплексу зовнішніх чинників, встановити тривалість аеротехногенного впливу, ступінь і його критичні періоди [1, 6, 12], а також планувати відповідні заходи щодо стабілізації стану пошкоджених лісів і прогнозувати їх подальший ріст [12, 14].

Метою наших досліджень є вивчення динаміки основних кліматичних показників та радіального приросту соснових деревостанів, що ростуть в умовах Малого Полісся України та зазнають впливу атмосферного забруднення Добротвірської ТЕС. Добротвірська ТЕС є найбільшим джерелом забруднення атмосфери в умовах Західного Лісостепу. Вона розташована у західній частині Малополіської низовини (Малого Полісся) біля р. Західний Буг. Максимальний обсяг викидів станцією забруднювальних речовин в атмосферу, зареєстрованих у 2001 р., становив 73.4 тис. т.

За об'єкти досліджень було вибрано 60-річні соснові насадження на віддалі 5-50 км від джерела забруднення, розміщені у східному напрямку. Вибрані деревостани подібні за породним складом, віком, структурою та різняться лише за типами лісу і таксаційними показниками. Оскільки всі деревостани є одновіковими, то вплив вікового тренду не може позначитись на результатах аналізу. За санітарним станом соснові деревостани є ослабленими та слабо пошкодженими, індекс їх стану перебуває в межах 1,6-2,2 од.

На кожній пробній площі з 15 дерев на висоті 1,3 м (в напрямках схід-захід і південь-північ) буравом Преслера було взято по 30 кернів деревини. Ширину річних кілець вимірювали мікроскопом МБС-1 з точністю до 0,01 мм. Ступінь схожості дендрорядів оцінювали візуально та за допомогою кореляційного аналізу. Тіснота зв'язку між абсолютною величиною ширини річних кілець і показниками, які характеризують динаміку кліматичних і промислових викидів в атмосферу, а також статистичні показники розраховували за методикою Б.А. Доспєхова [8].

Для оцінювання радіального приросту деревостанів порівнювали абсолютні та відносні величини приростів, а також аналізували дендрохронологічні ряди за останні 30 років залежно від кліматичних чинників та викидів забруднювальних речовин. Встановлювали загальний характер динаміки приросту, його екстремальні значення, зміну амплітуди і частоту коливань [13]. За характером зміни приросту виділяли рівномірний та нерівномірний прирости, а за частотою коливання – високу і низьку частоти.

Під час встановлення кореляційних залежностей, поряд із сумами опадів та середньою температурою за календарний рік і вегетаційний період, використовували комплексні метеорологічні (кліматичні) показники: вологість клімату, гідротермічний коефіцієнт (O_1); комплексний гідротермічний показник (O_3); комплексний гідротермічний коефіцієнт (O_2); коефіцієнт, який характеризує запас вологи (k). Вологість клімату визначали за формулою Д.В. Воробйова [5], а інші комплексні показники – за формулами, наведеними Т.Т. Битвинскасом [2].

Вивчення сучасного стану та можливих змін кліматичних умов у Малому Поліссі здійснювали за результатами даних метеостанції Кам'янка-Бузька, яка розташована найближче до об'єктів досліджень у ДП "Радехівське лісомисливське господарство" і є характерною для цього району. В основу досліджень, згідно з Кліматичним Кадастром України, покладено кліматологічну стандартну норму середньої місячної температури повітря, а також річну кількість опадів за аналогічний період, встановлених до 1990 р.

Аналіз результатів досліджень засвідчує, що найзначніших змін в останні десятиліття зазнала річна температура повітря, яка є визначальною кліматичною характеристикою для оцінювання зміни клімату – глобального потепління. Потепління інтенсивніше проявляється останніми роками (1991-2007 рр.). Про це, зокрема, свідчать такі дані щодо зміни середньорічної температури повітря, яка за різні періоди узагальнення для м. Кам'янка-Бузька становила: до 1972 р. – 7,4 °С, 1973-1990 рр. – 7,7 °С, 1991-2007 рр. – 8,3 °С (табл. 1). В останні роки, порівняно з попередніми, більш інтенсивно зросла

також середня місячна температура повітря за вегетаційний період (з 13,4 °C до 14,2 °C).

Упродовж останнього десятиліття спостерігається також тенденція до зростання річної кількості опадів – з 1972 р. по 2007 р. вони зросли з 598 мм до 655 мм (табл. 1). Однак треба зазначити, що останнім часом у період вегетації випадало менше опадів, чим у попередні 1973-1990 рр. Відтак, зменшення опадів у вегетаційний період на фоні зростання температури повітря, обумовило виникнення посух, які є досить небезпечними для лісової рослинності в умовах Малого Полісся. Для цього регіону найбільш посушливими роками, які характеризувались максимальною середньорічною температурою повітря і мінімальною кількістю опадів були: 1989 р., 1994-1995 рр., 2000 р., 2002-2003 рр., 2007 р.

Табл. 1. Динаміка основних кліматичних показників за даними метеостанції Кам'янка-Бузька

Кліматичні характеристики	Середня багаторічна		
	до 1972 р.	1973-1990 рр.	1991-2007 рр.
Середня місячна температура повітря (°C) за:			
- календарний рік	7,4	7,7	8,3
- вегетаційний період	13,5	13,4	14,2
Кількість опадів (мм) за:			
- календарний рік	598	651	655
- вегетаційний період	442	474	465

За період 1973-2007 рр. найтеплішим вегетаційним періодом характеризувалися 2006 р. і 2007 р., середньомісячна температура повітря у вегетаційний період яких становила 14,9 °C. За даними кліматологів, 2007 р. був найтеплішим за всю історію метеорологічних спостережень майже на всій території України, а середньорічна температура повітря була вища за кліматичну норму на 2,1 °C [10]. У Північно-Західному регіоні України середня температура повітря за останні роки зросла на 1,1-1,7 °C [9]. На погляд вчених [3 та ін.], збереження тенденції до глобального потепління призведе до змін у погоді, порушить усталене функціонування екологічних систем, позначиться на природних ресурсах і навіть санітарних умовах життя людей та може стати причиною соціальних і економічних потрясінь.

В охарактеризованих кліматичних умовах досліджувані соснові деревостани відзначаються значною варіабельністю товщини річних кілець протягом 1977-2006 рр. (табл. 2). Залежно від типу лісу і відстані до джерела забруднення, середній радіальний приріст перебуває в межах 1,31-2,27 мм і є найбільшим в умовах вологого субору на пробній площі 9 (табл. 2). В умовах вологого субору відзначено також і максимальний приріст річного кільця (3,41 мм), а його мінімальну величину (0,7 мм) зареєстровано у деревостані свіжого субору, що росте поблизу ТЕС (ПП 1).

Спостерігається також зростання мінливості товщини річних кілець у деревостанах свіжих суборів, що ростуть у зоні хронічного пошкодження (ПП 1; 8). Від'ємний ексцес для більшості рядів свідчить, що в умовах свіжих суборів радіальний приріст є більш згладженим, ніж у вологих суборах.

Табл. 2. Статистичні характеристики рядів радіального приросту 60-річних соснових деревостанів за 1977-2006 рр. (зона ТЕС)

№ ПП	Тип лісу	Відстань до ТЕС, км	Приріст, мм			Стандартне відхилення	Ексцес	Коефіцієнт варіації
			середній	максимальний	мінімальний			
1	B ₂ -ДС	5,0	1,63	2,48	0,70	0,451	– 0,66	27,7
8	B ₃ -ДС	5,5	1,58	2,27	0,98	0,367	– 0,86	23,2
7	B ₃ ² -ДС	8,0	1,87	2,51	1,24	0,388	– 1,16	20,7
3	B ₂ -ДС	25,0	1,31	1,57	0,88	0,162	0,68	12,3
4	B ₃ -ДС	30,0	1,44	2,02	0,71	0,313	– 0,15	21,7
6	B ₂ -ДС	36,0	1,33	1,92	0,77	0,303	– 0,96	22,8
9	B ₃ -ДС	50,0	2,27	3,41	1,24	0,535	– 0,54	23,6

Криві приросту для всіх деревостанів змінюються синхронно і характеризуються максимальним перепадом амплітуди протягом 1981-1999 рр. (рис. 1, 2). Екстремальні мінімальні величини річних кілець на усіх кривих росту спостерігаються за 1986-1987 рр., 1996 р. і 2003 р. (вологі субори), які характеризувались недостатньою кількістю опадів та мінімальною сонячною активністю або її спадом. Більш інтенсивна депресія приросту у 1996 р. і 2003 р. є характерною для вологих суборів, проте їх приріст після падіння відновлюється значно краще. Відтак, у свіжих суборах після депресії приросту у 2003 р. спостерігається подальше падіння приросту, що свідчить про посилення ефекту негативного впливу на величину радіального приросту сосняків забрудненням атмосфери і змінами клімату у цих лісорослинних умовах.

Збіг максимумів радіального приросту для усіх рядів спостерігалось лише у 2002 р., що свідчить про меншу стабільність їх прояву порівняно з мінімальними величинами (рис. 1, 2). Встановлено також, що у свіжому суборі максимальний приріст річного кільця проявляється на два роки пізніше, ніж максимуми радіального приросту у вологому суборі. Так, максимальні екстремуми приросту виявлено у 1981 р. (B₃) і 1983 р. (B₂), 1988 р. (B₃) і 1990 р. (B₂).

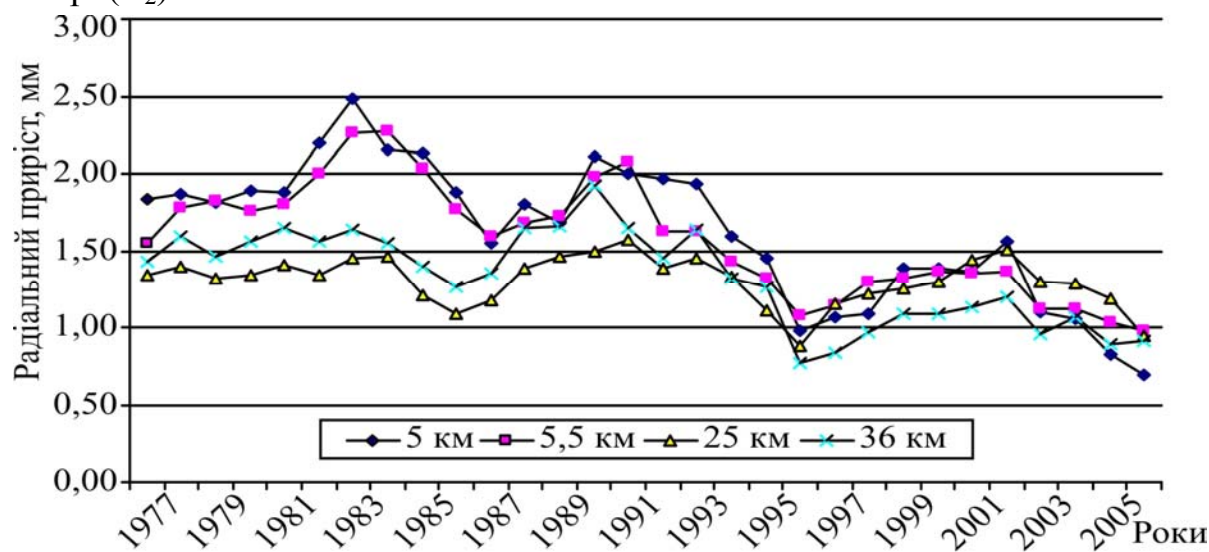


Рис. 1. Динаміка радіального приросту соснових деревостанів в умовах свіжих суборів залежно від відстані до ТЕС

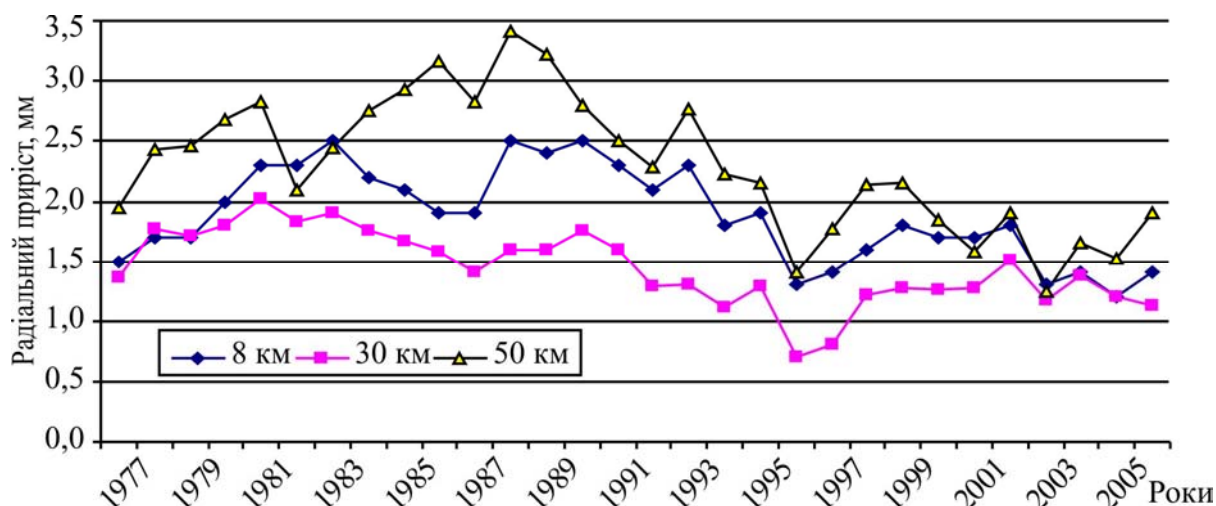


Рис. 2. Динаміка радіального приросту соснових деревостанів в умовах вологих суборів залежно від відстані до ТЕС

Доцільно зазначити, що не зважаючи на зростання у 1999-2001 рр. обсягу валових викидів ТЕС до максимальної величини (71-73 тис. т), радіальний приріст хронічно ушкоджених деревостанів у вологих суборах практично не змінився (див. рис. 2), а в умовах свіжих суборів спостерігалась тенденція до його зростання (див. рис. 1). Протилежні напрямки змін приросту у різних лісорослинних умовах свідчать про комплексний вплив на його формування антропогенних та природних чинників.

За характером коливань радіальний приріст сосни у зоні дії ТЕС є нерівномірним з 1981 р. до 1993 р. – для свіжих і до 2001 р. – для вологих суборів, тобто у період зростання валових викидів в атмосферу. У цей період спостерігається висока амплітуда коливань величини річних кілець на фоні середньої частоти, що свідчить про порушення стійкості деревостанів. Упродовж останніх років середній період коливань становить 1-3 роки – в умовах вологого субору і 4-6 років – у свіжому суборі. У динаміці приросту сосни простежується чітко виражена циклічність. Виявлено 11-14-річні цикли та менші, 7-9-річні та 2-5-річні. Найдовготривалішим є 20-річний цикл (1983-2003 рр.).

На формування приросту сосни у зоні впливу ТЕС істотно впливають об'єм спаленого вугілля, сонячна активність та окремі кліматичні показники (табл. 3). Між радіальним приростом сосни та об'ємом спаленого вугілля існує зворотний високий зв'язок у більшості досліджуваних рядів, з сонячною активністю виявлено прямий значний зв'язок, а з температурою повітря за вегетаційний період – помірний зворотний зв'язок. Слабо корелює радіальний приріст із комплексними кліматичними показниками і лише в умовах свіжого субору існує істотний помірний зв'язок приросту з комплексним гідротермічним показником O_3 .

Зміну радіального приросту добре характеризує середньорічний темп росту за певні періоди (табл. 4). Падіння приросту пошкоджених сосняків у вологих суборах за трирічні періоди перебуває в межах 5-35 % у деревостанах, що ростуть на відстані 8 і 30 км від джерела забруднення і 9-27 % – у деревостані, що віддалений на 50 км. В умовах свіжого субору приріст сосни періодично (через три роки, табл. 4) зменшується на 4-37 %. Найбільшої ве-

личини падіння приросту досягає у сосняку, що росте найближче до ТЕС (5 км). У цьому деревостані за останні три роки радіальний приріст, порівняно з попереднім періодом, зменшився на 36 %, а у контрольному деревостані (36 км) – лише на 13 %.

Табл. 3. Коефіцієнти кореляції радіального приросту сосни звичайної з кліматичними показниками, валовими викидами забруднювальних речовин в атмосферу та кількістю використаного палива на ТЕС

Показники	Тип лісорослинних умов та відстань до ТЕС, км				
	В ₂			В ₃	
	5	25	36	8	30
Сума опадів (мм) за:					
- календарний рік	0,05	- 0,01	- 0,03	0,07	0,02
- вегетаційний період	0,10	0,06	0,06	0,19	0,07
- травень (1985-2006)	- 0,05	- 0,25	- 0,11	- 0,13	- 0,39
- червень (1985-2006)	0,26	0,08	0,13	0,27	0,39
- липень (1985-2006)	- 0,14	0,07	- 0,15	- 0,12	- 0,15
Середня температура повітря за:					
- рік	- 0,06	0,44*	0,11	0,08	0,11
- вегетаційний період	- 0,41*	- 0,13	- 0,42*	- 0,37	- 0,19
Комплексні кліматичні показники:					
- W	-0,01	-0,01	-0,06	0,06	0,08
- k	-0,31	-0,30	-0,10	-0,13	-0,06
- O ₁	0,34	0,29	0,24	0,12	0,07
- O ₂	0,30	0,17	0,23	0,20	0,24
- O ₃	0,23	0,49*	0,18	-0,16	-0,12
Числа Вольфа (1985-2006)	0,42*	0,81*	0,57*	0,58*	0,51*
Валові викиди ТЕС, тис. тонн (1993-2006)	0,24	0,30	0,19	0,34	0,43*
Кількість спаленого вугілля, тис. т (1985-2004)	- 0,74*	- 0,24	- 0,76*	- 0,71*	- 0,58*
Кількість спаленого газу, млн м ³	0,28	0,13	0,15	0,19	- 0,03
Кількість спаленого мазуту, тис. тонн	- 0,14	- 0,34	- 0,27	- 0,13	- 0,02

Примітка: * – тіснота зв'язку істотна на 95 %-му рівні значущості

Табл. 4. Середньорічний темп радіального приросту соснових деревостанів у зоні впливу ТЕС

Період, роки	Тип лісорослинних умов та відстань до ТЕС, км						
	В ₂				В ₃		
	5	5,5	25	36	8	30	50
1980-1982	1,08	1,07	1,01	1,06	1,37	1,16	1,11
1983-1985	1,13	1,18	1,01	0,96	1,05	0,95	1,07
1986-1988	0,78	0,77	0,89	0,93	0,91	0,86	1,15
1989-1991	1,10	1,15	1,24	1,23	1,14	1,08	0,91
1992-1994	0,95	0,81	0,92	0,84	0,88	0,75	0,86
1995-1997	0,63	0,76	0,76	0,65	0,71	0,76	0,73
1998-2000	1,11	1,13	1,20	1,09	1,13	1,33	1,15
2001-2003	1,04	0,96	1,13	1,05	0,94	1,05	0,77
2004-2006	0,64	0,81	0,80	0,87	0,83	0,95	1,07

Таким чином, у зоні впливу ТЕС за останні 20 років спостерігається періодичний спад радіального приросту середньовікових соснових деревостанів, у міру наближення до ТЕС – падіння приросту посилюється.

Висновки. Одним із небезпечних погодних чинників, який проявився в останні десятиліття, є зміни клімату у напрямку глобального потепління. Останнім часом найбільш інтенсивно зростають середньорічна та середньомісячна за вегетаційний період температури повітря та кількість опадів. Порівняно з кліматичною стандартною нормою, середня місячна температура за вегетаційний період у Малому Поліссі зросла з 13,4 °С до 14,2 °С. Річна кількість опадів зросла з 598 мм до 655 мм, а у період вегетації випадало менше опадів.

Формування радіального приросту соснових деревостанів у зонах аеротехногенного забруднення атмосфери зумовлено впливом комплексу негативних чинників природного характеру та забруднювальних речовин. В умовах забруднення атмосфери мінливість приросту залежить від величини викидів та посилюється впливом посух.

Одночасно із атмосферним забрудненням на приріст сосняків впливають температурні умови вегетаційного періоду та геліогеофізичний фон. У зоні впливу Добротвірської ТЕС періодичний спад радіального приросту середньовікових сосняків становить 4-37 % і посилюється у міру їхнього наближення до джерела забруднення.

Література

1. **Алексеев А.С.** Колебания радиального прироста у древостанах при атмосферном загрязнении / А.С. Алексеев // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 82-86.
2. **Битвинскас Т.Т.** Дендроклиматические исследования / Т.Т. Битвинскас. – Л. : Гидрометеоиздат, 1974. – 172 с.
3. **Бойченко С.Г.** Глобальне потепління та його наслідки / С.Г. Бойченко, В.М. Волощук, В.М. Дорошенко // Український географічний журнал. – 2000. – № 2. – С. 59-68.
4. **Букша І.Ф.** Україна та глобальний парниковий ефект: вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до змін клімату / І.Ф. Букша, П.Ф. Гожиць, Ж.Л. Ємельянова та ін. / за ред. В.В. Васильченка, М.В. Рапцуна. – К. : Вид-во Агентства з раціонального використання енергії та екології, 1998. – 210 с.
5. **Воробьев Д.В.** Методика лесотипологических исследований / Д.В. Воробьев. – К. : Вид-во "Урожай", 1967. – 386 с.
6. **Ворон В.П.** Деякі методичні підходи до вивчення динаміки радіального приросту сосни під впливом промислового забруднення в умовах лісостепової зони / В.П. Ворон, І.М. Коваль, О.В. Леман, О.І. Воронцова // Лісівництво і агролісомеліорація, 2004. – Вип. 105. – С. 183-188.
7. **Ворон В.П.** Вплив аеротехногенного забруднення у зоні дії РВАТ "Азот" на динаміку радіального приросту соснових деревостанів / В.П. Ворон, І.М. Коваль, С.В. Івашенюта // Лісівництво і агролісомеліорація, 2004. – Вип. 107. – С. 230-234.
8. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. **Єремєєв В.** Регіональні аспекти глобальної зміни клімату / В. Єремєєв, В. Єфімов // Вісник НАН України. – 2003. – № 2. – С. 14-19.
10. **Косовець О.О.** Особливості температурного режиму України у 2007 р. / О.О. Косовець, О.Є. Пахалюк // Праці ЦГО. – К. : Вид-во Інтерпрес ЛТД, 2008. – Вип. 4 (18). – С. 7-10.
11. **Ловелиус Н.В.** Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н.В. Ловелиус. – Л. : Изд-во "Наука", 1979. – 232 с.
12. **Матвеев С.М.** Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной Лесостепи / С.М. Матвеев. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2003. – 272 с.

13. Матвеев С.М. Методика дендрохронологического анализа : методические указания к лабораторным работам по дендрохронологии для студентов спец. 260400 – "Лесное и лесопарковое хозяйство" дневной и заочной формы обучения / С.М. Матвеев. – Воронеж : ВГЛТА, 1999. – 31 с.

14. Nogel P. Auskeilende und fehlende Jahrrinde in abstorbenden Tannen (*Abies alba* Mill) / P. Nogel // Allg. Forstzeitschrift. – 1981. – Vol. 36, № 28. – S. 709-711.

Мазена В.Г., Криницький Г.Т., Леонтьак Г.П. Последствия влияния изменения климата и атмосферного загрязнения на радиальный прирост сосняков в условиях Малого Полесья Украины

Изучена динамика основных климатических показателей и радиального прироста сосновых древостоев, растущих в условиях загрязнения среды выбросами Добротворской ТЭС. Выявлен общий характер динамики прироста, его экстремальные значения, изменения амплитуды и частоты колебаний, установлены корреляционные зависимости между приростом и комплексом климатических показателей и загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: радиальный прирост, изменение климата, аэротехногенное загрязнение, климатические показатели, сосновые древостои.

Mazena V.G., Krynytskyi H.T., Leontjak H.P. The results of climate changes and air pollution influence on pine stands radial increment in the conditions of Small Polissya of Ukraine

The main climate indices and radial increment dynamics of pine stands growing in the conditions of the environment polluted by the Dobrotvir power station emissions is investigated. General character of increment dynamics, its extreme value, amplitude changes and oscillation frequency is found out. Correlative dependence on radial increment and climate indices as well as air pollution is determined.

Keywords: radial increment, climate changes, technogenic air pollution, climate indices, pine stand.

УДК 630*5

*Перший заступник Голови Ю.М. Марчук, канд. с.-г. наук –
Державний комітет лісового господарства України*

**ПОСИЛЕННЯ КЛІМАТОРЕГУЛЯТИВНОЇ РОЛІ ЛІСІВ
У МЕЖАХ РЕАЛЬНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ
ЕКОНОМІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ**

Викладено аналіз впливу змін клімату на ліси та окреслені заходи, що проводяться лісовим господарством та спрямовані з одного боку, на збільшення поглинання вуглецю та з іншого – на запобігання його викидам в атмосферу. Наведено аналіз різних джерел фінансування таких заходів та можливостей Кіотського протоколу для України. Зроблено висновки про те, що потрібно зробити для посилення позицій України у міжнародній кооперації в рамках LULUCF.

Ключові слова: зміни клімату, джерела фінансування, Кіотський протокол.

Незважаючи на прийняття низки міжнародних природоохоронних документів, стан навколишнього природного середовища невпинно погіршується. Тому збереження стабільності кліматичної системи є однією з найважливіших глобальних проблем.

Цей факт, що ліси відіграють вагомую роль у формуванні вуглецевого балансу атмосфери як поглиначка вуглекислоти, сьогодні є загальноновизнаним і не викликає жодних сумнівів. З іншого боку, використання продукції, ви-