

ЗАЛЕЖНІСТЬ СТРОКІВ ПОЧАТКУ ЦВІТІННЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ВІД ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ЧЕРНІГІВЩИНІ

Мета — виявити напрям зміщення строків початку цвітіння деревних видів в умовах дендропарку «Тростянець» НАН України під впливом змін кліматичних умов у 2008–2017 рр. порівняно із 1960–1969 рр.; провести порівняльний аналіз способів розрахунку суми ефективних температур та визначити вплив кліматичних умов окремих зимово-весняних місяців на дати початку цвітіння видів.

Матеріал та методи. Об'єкт досліджень — три групи видів деревних рослин: з початком цвітіння у березні—квітні, травні та червні. Для аналізу теплового режиму досліджуваних періодів використано дані Прилукської метеорологічної станції. Дані обробляли за допомогою комп'ютерної програми Excel. Спостереження за фенологічними фазами розвитку деревних рослин у 2008–2017 рр. проведено за методикою Л.С. Плотнікової (1972). Статистичну обробку даних фенологічних спостережень здійснено за методикою Г.М. Зайцева (1981) у модифікації В.І. Івлева (2014).

Результати. Установлено, що за останні 10 років на Чернігівщині відбулися зміни річної температури повітря в бік потепління: середньорічна температура повітря підвищилась на 1,8 °С, взимку — на 2,7 °С, навесні — на 2,4 °С, влітку — на 1,6 °С і восени — на 0,7 °С. Найбільше потепління характерне для березня — на 3,9 °С. Підвищення температури повітря призвело до більш раннього початку цвітіння (в умовах дендропарку — на 2–15 днів порівняно з 1960–1969 рр.). Оптимальним способом розрахунку суми ефективних температур є плавна математична функція. Виявлено тісний обернено пропорційний кореляційний зв'язок між сумами ефективних температур в окремі місяці та їх сполученнями і датами початку цвітіння деревних видів.

Висновки. Формування суми ефективних температур, необхідних для початку цвітіння виду, відбувається з початку року. Найбільший вплив чинить місяць, який безпосередньо передує місяцю цвітіння виду.

Ключові слова: зміни клімату, деревні рослини, початок цвітіння, зміщення дати початку цвітіння.

Зміна клімату на глобальному і регіональному рівнях є незаперечним фактом. Більшість дослідників пояснює підвищення температури повітря за останні 70 років не лише природною мінливістю, а й зростанням впливу інтенсифікації промислового виробництва, що супроводжується суттєвим збільшенням викидів в атмосферу парникових газів та інших забруднювачів. За останнє десятиріччя температура повітря значно збільшилася [10]. Потепління клімату супроводжується частішим виникненням таких кліматичних явищ, як посуха, град, різкі перепади температури взимку і навесні, аномальне підвищення температури повітря у літні місяці, повінь, шторм, ураган тощо.

Зміни клімату в бік потепління та пов'язані з ними аномальні клімато-екологічні явища

істотно змінюють умови зростання рослин, що виявляється зокрема зміщенням строків настання і зміною тривалості фенологічних фаз. Дуже чутливою до кліматичних змін у деревних рослин є фенодата початку цвітіння [3], яка значною мірою залежить від суми ефективних температур, строки формування якої своєю чергою залежать від кліматичних умов року. Під ефективними температурами розуміють кількість тепла, яка виражається сумою середньодобових температур повітря за певний період, зменшених на значення біологічного мінімуму температур для певного виду рослин [12]. Крім стандартної методики розрахунку суми ефективних температур, існують декілька її модифікацій з різними методичними підходами, що зумовлено величезним різноманіттям видів рослин та їх індивідуальними біологічними властивостями.

У дендропарку «Тростянець» НАН України строки і характер цвітіння деревних рослин досліджено у 1960—1969 рр. Г.Є. Мисником [7] і нами у 2008 р.

Мета — виявити напрям зміщення строків початку цвітіння деревних видів у дендропарку «Тростянець» під впливом змін кліматичних умов у 2008—2017 рр. порівняно із 1960—1969 рр.; провести порівняльний аналіз способів розрахунку суми ефективних температур та визначити вплив кліматичних умов окремих зимово-весняних місяців на дати початку цвітіння видів.

Матеріал та методи

Об'єкт досліджень — 24 види деревних рослин, які за строками початку цвітіння було розподілено на три групи: 1) початок цвітіння у березні—квітні (*Corylus avellana* L., *Acer saccharinum* L., *Cornus mas* L., *Forsythia giraldiana* Lingelsh., *Acer negundo* L., *A. platanoides* L., *Buxus sempervirens* L., *Sambucus racemosa* L., *Chaenomeles maulei* (Mast.) C. K. Schneid.), 2) у травні (*Cercis canadensis* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Syringa vulgaris* L., *Lonicera tatarica* L., *Acer tataricum* L., *Padus serotina* (Ehrh.) Agardh., *Robinia pseudoacacia* L., *Rosa rugosa* Thunb.); 3) у червні (*Ptelea trifoliata* L., *Amorpha fruticosa* L., *Ligustrum vulgare* L., *Rhus typhina* L., *Tilia cordata* Mill., *Spiraea japonica* L. та *Catalpa bignonioides* Walt.).

Для характеристики теплового режиму досліджуваних періодів використано дані Прилукської метеорологічної станції.

Для виявлення оптимального варіанта розрахунку суми ефективних температур для кожного виду порівнювали декілька способів: 1) сума середньодобових температур повітря від +5 °С і вище [9], 2) сума середньодобових температур повітря вище +5 °С мінус 5 [2, 13], 3) розрахунок суми ефективних температур способом плавної математичної функції за формулами [8]:

$$\begin{aligned} T_{\text{эф}} &= 0 \text{ при } T_{\text{сер}} < 1; \\ T_{\text{эф}} &= (T_{\text{сер}} - 1)^2 : 16, \text{ при } 1 \leq T_{\text{сер}} < 9; \\ T_{\text{эф}} &= T_{\text{сер}} - 5 \text{ при } T_{\text{сер}} \geq 9, \end{aligned}$$

де $T_{\text{эф}}$ — ефективна температура; $T_{\text{сер}}$ — середньодобова температура.

Спостереження за фенологічними фазами розвитку деревних рослин за період 2008—2017 рр. проведено за методикою Л.С. Плотнікової [11].

Середню дату початку цвітіння розраховували як середнє арифметичне за 10 років. Дати початку цвітіння у пропущені з різних причин роки обчислювали так: розраховували середню суму ефективних температур на початок цвітіння в роки з фактичними фенодатами, за цією сумою визначали дату початку цвітіння виду в пропущений рік [13].

Обробку даних проводили за допомогою програми Excel. Для статистичної обробки даних фенологічних спостережень застосовували методику Г.М. Зайцева [3] у модифікації В.І. Івлева [4]. Методика Зайцева передбачає перетворення календарних дат у неперервний ряд чисел. Залежно від дати відліку одержують різні величини середньої арифметичної, що зумовлює неоднозначність параметрів варіаційного ряду, зокрема коефіцієнта варіювання. Модифікація Івлева полягає у відмові від використання у формулах похідних параметрів варіаційного ряду середньої арифметичної і заміни її стандартним відхиленням (σ), яке не залежить від обраної дати відліку неперервного ряду чисел.

Коефіцієнт варіювання (CV) розраховували за формулою: $CV (\%) = 10 \sqrt{\sigma}$.

Результати та обговорення

Загальну тенденцію зміни температури повітря у бік її підвищення протягом 1960—2017 рр. демонструє лінія тренду (рис. 1), яка являє собою апроксимовану (згладжену) криву. Вона описується рівнянням

$$y = 0,1137 \cdot x + 6,6063,$$

де y — апроксимоване значення температури повітря в будь-якій точці лінії тренду; 0,1137 — підвищення температури за один рік; x — кількість років; 6,6063 — апроксимований температурний показник першого року спостережень.

Рівняння дає змогу підрахувати наближене значення температури повітря у будь-який рік досліджуваного періоду. Однак через низький

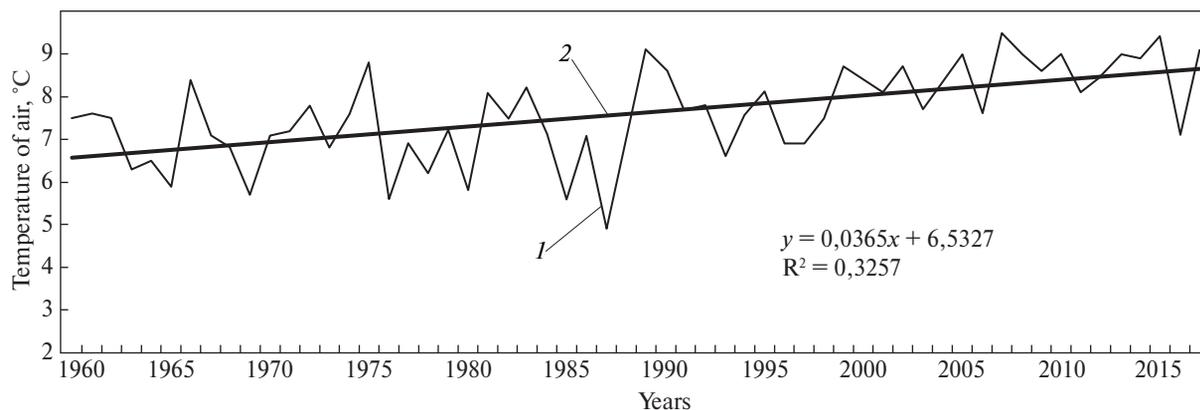


Рис. 1. Зміни середньомісячної температури повітря (1960–2017 рр.): 1 — середньомісячна температура; 2 — лінія тренду для середньомісячної температури

Fig. 1. Changes of average annual temperature of air (1960–2017): 1 — an average annual temperature; 2 — a line of trend for an average annual temperature

Таблиця 1. Середньомісячна температура повітря досліджуваних періодів (метеорологічна станція м. Прилуки, Чернігівська обл.)

Table 1. Average monthly temperature of air of investigated periods (the meteorological station in Pryluky, Chernihiv Region)

Рік	Середньомісячна температура повітря, °С											
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1960	-5,4	-6,3	-3,4	6,8	14,8	19,7	21,5	17,7	11,2	8,4	2,6	2,3
1961	-5,1	-2,6	2,4	8,6	13,0	19,6	20,1	18,3	13,1	7,2	1,7	-4,7
1962	-2,7	-5,0	-1,5	9,7	15,3	17,1	18,1	18,4	12,9	8,0	3,7	-4,6
1963	-16,2	-5,8	-4,9	6,0	18,3	17,3	21,9	20,9	16,1	8,2	3,2	-8,9
1964	-8,2	-10,0	-5,5	7,3	13,2	21,8	20,2	16,6	13,7	8,2	0,8	-0,3
1965	-6,0	-8,4	-1,5	4,5	12,6	17,4	18,5	17,2	13,9	5,4	-2,6	-0,1
1966	-2,9	-2,9	2,7	11,1	16,2	16,4	20,5	19,6	12,0	10,3	1,6	-4,1
1967	-11,3	-8,7	-0,1	9,2	17,7	17,8	19,6	18,7	14,8	9,9	3,5	-5,8
1968	-11,0	-5,8	-0,9	9,9	15,2	19,7	17,7	19,3	13,9	6,0	0,5	-3,2
1969	-9,7	-7,9	-4,3	6,9	14,2	17,1	18,8	18,2	12,3	5,8	4,7	-7,5
Середня	-7,9	-6,3	-1,7	8,0	15,1	18,4	19,7	18,5	13,4	7,7	2,0	-3,7
2008	-4,0	-0,7	4,5	10,9	13,9	18,1	20,3	20,6	12,9	9,8	2,9	-1,2
2009	-4,8	-2,2	1,9	9,4	15,0	20,7	20,8	17,9	15,8	8,5	4,4	-4,0
2010	-9,4	-3,6	-0,8	9,8	17,6	22,1	24,4	23,8	14,3	5,6	7,4	-4,2
2011	-4,8	-7,6	-0,3	9,1	16,4	20,4	21,8	18,8	13,9	6,3	1,6	1,2
2012	-4,5	-10,8	0,3	11,9	18,2	19,6	22,7	19,5	15,2	9,6	3,9	-4,9
2013	-4,7	-0,8	-2,1	9,7	19,3	21,6	20,0	19,2	12,0	8,3	5,9	1,4
2014	-5,9	-0,8	5,8	9,6	17,7	18,0	21,8	20,7	14,3	5,7	1,6	-2,8
2015	-2,0	-2,1	4,0	8,9	16,1	19,1	20,6	20,5	17,7	5,6	3,7	0,7
2016	-7,6	1,1	3,6	12,0	14,8	15,9	—	22,9	13,7	4,2	0,4	-2,8
2017	-6,3	-3,7	5,2	9,9	14,4	19,1	19,8	21,5	16,1	7,6	2,7	1,8
Середня	-5,4	-3,1	2,2	10,1	16,3	19,5	21,4	20,5	14,6	7,1	3,5	-1,5

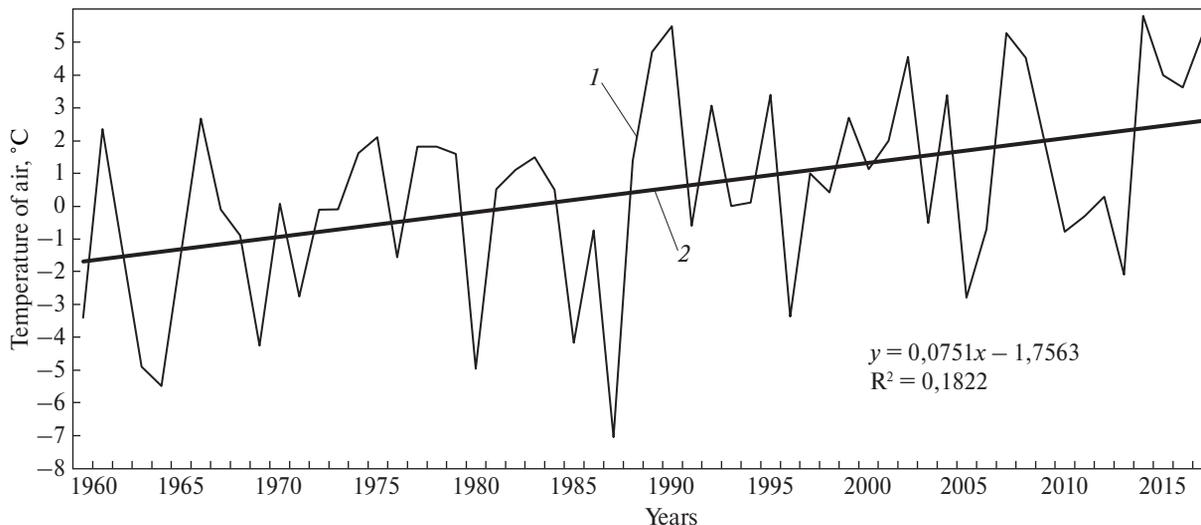


Рис. 2. Зміни середньомісячної температури повітря у березні: 1 — середньомісячна температура; 2 — лінія тренду для середньомісячної температури

Fig. 2. Changes of average monthly temperature of air in March: 1 — an average monthly temperature; 2 — a line of trend for an average monthly temperature

коефіцієнт достовірності апроксимації ($R^2 = 0,3368$) лінія тренду корисна тим, що чіткіше, ніж крива графіка, відображує загальну тенденцію напрямку динаміки теплового режиму, тоді як крива графіка — фактичні зміни середньорічної температури повітря по роках. Так, у 1960—1969 рр. діапазон зміни температур повітря становив 5,7—8,4 °С, а у 2008—2017 рр. — 7,1—9,4 °С.

Зіставлення температури повітря двох десятирічних періодів (1960—1969 та 2008—2017 рр.) протягом кожного із сезонів року (табл. 1) виявило, що всі зимові місяці були теплішими: найбільше потепління характерне для лютого (на 3,2 °С), найменше — для грудня (на 1,9 °С). У весняний період у цілому підвищення середньомісячної температури становило 2,4 °С. Найменше підвищення зафіксоване у травні — на 1,2 °С. У квітні середньодобова температура підвищилась на 2,1 °С. Найбільше потепління спостерігали у березні — на 3,9 °С, при цьому від'ємні значення змінилися на додатні (рис. 2). Літній період 2008—2017 рр. порівняно з таким 1960—1969 рр. став теплішим на 1,6 °С. Найтеплішим був серпень — на 2,0 °С, тоді як середньодобова

температура липня збільшилась на 1,7 °С, червня — на 1,1 °С. Осінні місяці в цілому були теплішими на 0,7 °С, середньодобова температура листопада збільшилася на 1,5 °С, вересня — на 1,2 °С, жовтня — знизилася на 0,6 °С.

Таким чином, за останні 10 років на Чернігівщині відбулися зміни річної температури повітря в бік потепління: середньорічна температура повітря підвищилась на 1,8 °С, взимку — на 2,7 °С, навесні — на 2,4 °С, влітку — на 1,6 °С, восени — на 0,7 °С. Найбільше потепління характерне для березня — на 3,9 °С.

Підвищення температури повітря призвело до більш раннього початку цвітіння, зокрема в умовах дендропарку «Тростянець» на 2 (*Aesculus hippocastanum* L. і *Syringa vulgaris* L.) — 15 (*Catalpa bignonioides* та *Corylus avellana* L.) днів (табл. 2). У 50 % видів прискорення початку цвітіння становило 6—10 днів.

У табл. 2 наведено коефіцієнти варіації дат початку цвітіння, розраховані за стандартною формулою [1] і модифікованою [4]. З урахуванням того, що коефіцієнт варіації є функцією стандартного відхилення, передбачається тісний прямо пропорційний зв'язок між

їх величинами. Однак візуальне порівняння показує, що величини, розраховані за стандартною формулою, не завжди однозначно порівнювані. Так, значенню σ 5,04 відповідає значення CV 18,32 % (для *Sambucus racemosa*), а значенню σ 4,06 — значення CV 54,16 % (для *Ligustrum vulgare*). В цілому для сукупності досліджуваних видів коефіцієнт кореляції між величинами стандартного відхилення і коефіцієнта варіації, розрахованого з використанням стандартної формули, становить 0,479, а із застосуванням модифікованої — 0,994.

Виявлено значну розбіжність у датах початку цвітіння видів в окремі роки, але загальний порядок цвітіння у більшості видів зберігався (табл. 2). Серед досліджених видів найраніше зацвітають *Acer saccharinum*, *Cornus mas*, *A. negundo*, *A. platanoides*. Дата початку цвітіння у них сильно варіює (CV — 37,2 %). Так, у *Corylus avellana* найраніша дата початку цвітіння — 02.03.2008 р. і 02.03.2016 р., найпізніша — 10.04.2013 р. Найменший коефіцієнт варіювання початку цвітіння (18,8 %) — у *Syringa vulgaris*: найраніше зацвітання — 04.05.2016 р., найпізніше — 15.05.2011 р.

Таблиця 2. Середньорічні дати початку цвітіння деревних рослин в умовах дендропарку «Тростянець» НАН України
Table 2. Average annual dates of beginning of flowering of woody plants in conditions of dendropark Trostynets of the NAS of Ukraine

Вид	1960—1969 pp.	2008—2017 pp.				Відхилення строку початку цвітіння, доба
	Середня дата початку цвітіння	Середня дата початку цвітіння	σ	CV [4]	CV [1]	
<i>Corylus avellana</i> L.	07.04	23.03 ± 13	15,34	39,17	67,89	15
<i>Acer saccharinum</i> L.	13.04	08.04 ± 6	7,36	27,12	19,41	5
<i>Cornus mas</i> L.	16.04	11.04 ± 6	7,30	27,01	17,41	5
<i>Forsythia giraldiana</i> Lingelsh	24.04	10.04 ± 6	7,55	27,48	18,37	14
<i>Acer negundo</i> L.	24.04	14.04 ± 6	6,80	26,07	47,85	10
<i>Acer platanoides</i> L.	28.04	19.04 ± 6	6,70	25,89	34,55	9
<i>Buxus sempervirens</i> L.	05.05	27.04 ± 4	5,41	23,26	19,9	8
<i>Sambucus racemosa</i> L.	05.05	28.04 ± 4	5,04	22,45	18,32	7
<i>Chaenomeles maulei</i> (Mast.) C.K. Schneid.	07.05	28.04 ± 4	5,04	22,45	18,25	9
<i>Cercis canadensis</i> L.	10.05	05.05 ± 4	4,32	20,77	12,26	5
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	10.05	08.05 ± 3	3,78	19,45	47,90	2
<i>Syringa vulgaris</i> L.	11.05	09.05 ± 3	3,53	18,79	37,95	2
<i>Lonicera tatarica</i> L.	19.05	10.05 ± 3	3,81	19,51	40,08	9
<i>Acer tataricum</i> L.	24.05	19.05 ± 4	4,26	20,65	22,21	5
<i>Padus serotina</i> (Ehrh.) Agardh.	27.05	19.05 ± 4	4,15	20,37	21,72	8
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	30.05	22.05 ± 4	4,60	21,45	21,40	8
<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	31.05	23.05 ± 3	4,03	20,07	17,72	8
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	07.06	01.06 ± 4	4,48	21,17	14,05	6
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	10.06	01.06 ± 4	4,57	21,38	14,28	9
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	18.06	08.06 ± 3	4,06	20,15	54,16	10
<i>Rhus typhyna</i> L.	22.06	17.06 ± 4	4,85	22,02	29,29	5
<i>Tilia cordata</i> Mill.	24.06	11.06 ± 4	4,25	20,61	37,26	13
<i>Spiraea japonica</i> L.	28.06	16.06 ± 5	5,22	22,85	33,46	12
<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	03.07	18.06 ± 4	4,70	21,68	26,28	15

Примітка: σ — середньоквадратичне відхилення; CV — коефіцієнт варіювання.
Note: σ — standard deviation; CV — a coefficient of varying.

У табл. 3 наведено результати зіставлення трьох варіантів розрахунку суми ефективних температур. Критерієм оцінки було порівняння коефіцієнтів варіювання суми ефективних температур по роках у межах досліджуваного періоду. Оптимальним варіантом вважали такий, який забезпечує найменше значення цього статистичного показника. Для всіх досліджених видів найменша величина CV була одержана при використанні плавної математичної функції.

При дослідженні впливу температури повітря на строки зацвітання рослин визначали роль окремих місяців року, який передував фенодаті початку цвітіння. Відомо, що цвітіння *Alnus incana* (L.) Moench та *Corylus avellana* настає після нетривалого (протягом декількох днів) впливу на них ефективних температур [6, 13], а для інших видів потрібне тривале та інтенсивне тепло. Який саме місяць впливав на дату початку цвітіння виду визначали, порівнюючи коефіцієнти кореляції між сумами

Таблиця 3. Сума ефективних температур залежно від способу її розрахунку

Table 3. A sum of effective temperatures is depending of the method of her calculation

Вид	Середня дата початку цвітіння	Статистичні показники								
		М			σ			CV		
		Варіанти розрахунку суми ефективних температур								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Acer saccharinum</i> L.	07.04	94,0 ± 9,1	34,0 ± 1,3	46,0 ± 1,6	28,71	4,26	4,97	30,46	12,62	10,90
<i>Cornus mas</i> L.	11.04	144,0 ± 3,5	53,0 ± 1,7	65,0 ± 1,3	11,03	5,44	4,12	7,67	10,26	6,38
<i>Acer negundo</i> L.	15.04	172,0 ± 3,2	68,0 ± 1,3	81,0 ± 0,8	10,13	3,99	2,43	5,88	5,83	3,00
<i>Acer platanoides</i> L.	19.04	222,0 ± 3,4	96,0 ± 2,2	110,0 ± 1,3	10,74	7,01	4,04	4,83	7,29	3,67
<i>Buxus sempervirens</i> L.	27.04	322,0 ± 4,9	157,0 ± 3,1	171,0 ± 1,8	15,32	9,91	5,58	4,75	6,30	3,26
<i>Chaenomeles maulei</i> (Mast)C.K. Schneid.	28.04	329,0 ± 5,7	162,0 ± 2,8	174,0 ± 2,0	17,86	8,77	6,17	5,43	5,42	3,54
<i>Sambucus racemosa</i> L.	28.04	330,0 ± 6,2	161,0 ± 3,7	174,0 ± 2,5	19,60	11,57	7,88	5,93	7,21	4,54
<i>Cercis canadensis</i> L.	05.05	435,0 ± 6,9	229,0 ± 3,4	241,0 ± 2,1	21,71	10,75	6,50	4,99	4,71	2,70
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	08.05	472,0 ± 9,4	253,0 ± 2,8	266,0 ± 2,2	29,71	8,83	6,97	6,29	3,49	2,62
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	08.05	1009,0 ± 15,9	631,0 ± 4,4	645,0 ± 2,9	50,22	13,77	9,15	4,98	2,18	1,42
<i>Syringa vulgaris</i> L.	09.05	491,0 ± 8,1	266,0 ± 3,5	279,0 ± 2,5	25,51	11,20	7,92	5,19	4,21	2,84
<i>Lonicera tatarica</i> L.	10.05	495,0 ± 8,0	268,0 ± 3,4	281,0 ± 2,5	25,40	10,88	8,14	5,13	4,06	2,90
<i>Padus serotina</i> (Ehrh.) Agardh.	19.05	649,0 ± 7,7	374,0 ± 5,0	389,0 ± 3,9	24,41	15,64	12,25	3,76	4,18	3,15
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	22.05	692,0 ± 15,8	403,0 ± 6,1	415,0 ± 5,0	49,99	19,14	15,71	7,22	4,75	3,79
<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	23.05	722,0 ± 10,3	426,0 ± 4,7	440,0 ± 3,5	32,46	14,86	11,00	4,50	3,49	2,50
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	31.05	883,0 ± 9,0	536,0 ± 4,9	551,0 ± 3,7	28,44	15,58	11,68	3,22	2,91	2,12
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	01.06	875,0 ± 10,3	539,0 ± 3,8	552,0 ± 3,0	32,50	11,96	9,42	3,71	2,22	1,71
<i>Tilia cordata</i> Mill.	11.06	1067,0 ± 11,0	688,0 ± 4,2	695,0 ± 3,3	34,92	13,34	10,54	3,27	1,94	1,52
<i>Spiraea japonica</i> L.	16.06	1162,0 ± 14,0	754,0 ± 6,7	768,0 ± 6,3	41,96	20,24	18,89	3,61	2,68	2,46
<i>Rhus typhyna</i> L.	17.06	1187,0 ± 8,6	768,0 ± 4,7	781,0 ± 3,5	25,66	14,17	10,49	2,16	1,84	1,34
<i>Catalpa bignonioides</i> alt.	18.06	1205,0 ± 11,6	788,0 ± 5,2	802,0 ± 3,7	34,85	15,62	11,02	2,89	1,98	1,37

Примітка: М — середнє значення дати початку цвітіння; σ — середньоквадратичне відхилення; CV — коефіцієнт варіювання; 1 — +5 °C і вище; 2 — вище +5 °C мінус 5; 3 — плавна математична функція.

Notes: M — a average value of date of the beginning of flowering; σ — standard deviation; CV — a coefficient of varying; 1 — +5 °C and higher; 2 — higher 5 °C -5; 3 — a smooth mathematical function.

ефективних температур в окремі місяці та їх сполученнями і датами початку цвітіння (табл. 4). Розрахунки провели для трьох видів: зі строком цвітіння у квітні (*Acer saccharinum*), травні (*Aesculus hippocastanum*) і червні (*Tilia cordata*). Аналіз одержаних результатів виявив наявність тісного обернено пропорційного

зв'язку між зазначеними показниками. Більшу величину коефіцієнта кореляції одержали при розрахунку суми ефективних температур за допомогою стандартної формули ($> +5\text{ }^{\circ}\text{C} - 5$) та плавної математичної функції. Для *Acer saccharinum* на дату початку цвітіння більшою мірою впливав тепловий режим березня.

Таблиця 4. Вплив температури повітря окремих місяців на строки зацвітання деревних рослин

Table 4. Influence of air temperature of some monthes on terms of the beginning of flowering of woody plants

Місяць	Спосіб розрахунку суми ефективних температур											
	1			2			3			4		
	г	м _г	t _г	г	м _г	t _г	г	м _г	t _г	г	м _г	t _г
<i>Acer saccharinum L.</i>												
Березень	-0,861	0,082	10	-0,880	0,071	12	-0,856	0,085	10	-0,858	0,084	10
Лютий	-0,356	0,276	1,3*	-0,560	0,217	2,6*	-0,336	0,281	1,2*	-0,584	0,209	2,8*
Лютий + березень	-0,873	0,075	12	-0,896	0,062	15	-0,861	0,082	11	-0,864	0,080	11
Січень + лютий + березень	-0,869	0,077	11	-0,889	0,066	13	-0,857	0,084	10	-0,851	0,087	10
<i>Aesculus hippocastanum L.</i>												
Квітень	-0,890	0,066	13	-0,883	0,070	13	-0,811	0,108	7	-0,869	0,077	11
Березень	-0,345	0,279	1,2*	-0,327	0,283	1,2*	-0,293	0,289	1,0*	-0,308	0,287	1,1*
Квітень + березень	-0,923	0,047	20	-0,898	0,061	15	-0,746	0,140	5	-0,684	0,168	4
Квітень + березень + лютий	-0,919	0,049	19	-0,892	0,065	14	-0,730	0,148	5	-0,655	0,181	3,6
Квітень + березень + лютий + січень	-0,919	0,049	19	-0,888	0,067	13	-0,728	0,149	5	-0,655	0,181	3,6
<i>Tilia cordata Mill.</i>												
Травень	-0,879	0,072	12	-0,877	0,073	12	-0,876	0,074	12	-0,874	0,075	12
Квітень	-0,293	0,289	1,0*	-0,242	0,298	0,8*	-0,163	0,308	0,5*	-0,164	0,308	0,5*
березень	-0,178	0,306	0,6*	-0,089	0,314	0,3*	0,103	0,313	0,3*	0,158	0,309	0,5*
Травень + квітень	-0,913	0,053	17	-0,911	0,054	17	-0,851	0,087	10	-0,896	0,062	14
Травень + квітень + березень	-0,960	0,025	39	-0,960	0,025	39	-0,825	0,101	8	-0,782	0,123	6
Травень + квітень + березень + лютий	-0,958	0,026	37	-0,957	0,027	36	-0,779	0,124	6	-0,684	0,168	4
Травень + квітень + березень + лютий + січень	-0,959	0,026	38	-0,957	0,026	35	-0,786	0,121	7	-0,684	0,168	4

Примітка: г — коефіцієнт кореляції; м_г — основна похибка коефіцієнта кореляції; t_г — показник достовірності коефіцієнта кореляції; 1 — вище +5 °C -5; 2 — плавна математична функція; 3 — +5 °C і вище; 4 — сума додатних температур; * — коефіцієнт кореляції недостовірний.

Note: г — a coefficient of correlation; м_г — a basic error of coefficient of correlation; t_г — an index of authenticity of coefficient of correlation; 1 — higher +5 °C -5; 2 — a smooth mathematical function; 3 — +5 °C and higher; 4 — a sum of positive temperatures; * — the coefficient of correlation is unreliable.

Вплив додатних температур лютого був малим, а додатних температур січня — баластним і врахування їх, якщо порівнювати варіанти лютий + березень і січень + лютий + березень, дещо зменшувало величину коефіцієнта кореляції. На строки зацвітання *Aesculus hippocastanum* найбільшою мірою впливала температура квітня, а *Tilia cordata* — температура травня. Отже, визначальним для трьох досліджених видів є місяць, який безпосередньо передує місяцю цвітіння виду. Однак, на підставі наявності кореляційного зв'язку між температурними показниками окремих місяців та їх сполученнями і датами початку цвітіння можна дійти висновку, що формування суми ефективних температур відбувається з початку року.

Висновки

1. За останні 10 років на Чернігівщині відбулися зміни річної температури повітря в бік потепління: середньорічна температура повітря підвищилася на 1,8 °С, взимку — на 2,7 °С, навесні — на 2,4 °С, влітку — на 1,6 °С, восени — на 0,7 °С. Найбільше потепління характерне для березня — на 3,9 °С.

2. Підвищення температури повітря зумовило більш ранній початок цвітіння (в умовах дендропарку «Тростянець» — на 2—15 діб).

3. Спостерігається значна розбіжність у датах початку цвітіння видів в окремі роки, але загальний порядок цвітіння у більшості видів зберігається.

4. Оптимальним способом розрахунку ефективних температур є плавна математична функція. Цей спосіб забезпечував найменше значення коефіцієнта варіювання суми ефективних температур по роках в межах досліджуваного періоду.

5. Виявлено тісний обернено пропорційний зв'язок між сумами ефективних температур в окремі місяці та їх сполученнями і датами початку цвітіння. Формування суми ефективних температур, необхідних для початку цвітіння виду, відбувається з початку року. Найбільшу величину коефіцієнта кореляції виявлено у місяць, який безпосередньо передує місяцю цвітіння виду.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике / М.Л. Дворецкий. — М.: Лесн. пром-сть 1971. — 104 с.
2. Жоголева В.Г. Влияние температуры на сроки зацветания некоторых сортов сирени / В.Г. Жоголева, Л.М. Шиман // Бюл. ГБС АН СССР. — 1963. — Вып. 49. — С. 47—49.
3. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений / Г.Н. Зайцев. — М.: Наука, 1981. — 120 с.
4. Ивлев В.И. О статистической обработке фенологических дат в ботанических исследованиях / В.И. Ивлев // Известия НАН Республики Казахстан. Сер. биологическая и медицинская. — 2014. — № 1. — С. 44—47.
5. Кондратенко Т.С. Фенология яблони (*Malus domestica* Borkh.) на Київщині в умовах зміни клімату / Т.С. Кондратенко, П.В. Кондратенко // Рослинництво. — 2015. — № 1—2. — С. 49—53.
6. Косенко І.С. Ліщини в Україні / За ред. проф. М.А. Кохна. — К.: Академперіодика, 2002. — 266 с.
7. Мисник Г.Е. Сроки и характер цветения деревьев и кустарников / Г.Е. Мисник. — К.: Наук. думка, 1976. — 392 с.
8. Монитор расцветания как развитие проекта «Флора ДВРЗ». — [Електронний ресурс]. — 2016. — Режим доступу: <http://lisky.org.ua/site/news2299.shtml>.
9. Олексійченко Н.О. Залежність початку цвітіння гарнокувітучих кущів від кліматичних змін у районі міста Києва / Н.О. Олексійченко, Н.Ю. Бреус // Наук. пр. Лісівничої академії наук України. — Львів: РВВ НЛТУ України, 2013. — Вип. 11. — С. 126—129.
10. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінка та наслідки / В.І. Лялько, О.І. Сахаський, М.І. Кульбіда [та ін.]. — К.: Наук. думка, 2015. — 284 с.
11. Плотникова Л.С. Методика фенологических наблюдений за интродуцированными древесными растениями / Л.С. Плотникова // Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. — М.: ГБС АН СССР, 1972. — С. 40—46.
12. Практикум по агрометеорологии: учеб. / В.А. Сенников [и др.]. — М.: Колос, 2006. — 215 с.
13. Шиголев А.А. Сезонное развитие природы Европейской части СССР / А.А. Шиголев, А.П. Шиманюк. — Гос. изд-во географ. лит-ры, 1949. — 240 с.
14. Poldervaart G. Climate change influence variety choice and fruit quality // European Fruitgrowers Magazine. — 2011. — N 6. — P. 16—18.

Рекомендував Ю.О. Клименко

Надійшла 30.04.2018

REFERENCES

1. *Dvoretzkiy, M.L.* (1971), Posobie po variatsionnoy statistike [Manual on variation statistics]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 104 p.
2. *Zhogoleva, V.G. and Shiman, L.M.* (1963), Vliyanie temperatury na sroki zatsvetaniya nekotoryih sortov sireni [Influence of temperature on the terms of efflorescing of some sorts of lilac]. Byul. Gl. botan. sada AN SSR [Bulletin of Main Botanical Garden of the USSR], vyp. 49, pp. 47—49.
3. *Zaytsev, G.N.* (1981), Fenologiya drevesnyih rasteniy [Phenology of arboreal plants]. Moscow: Nauka, 120 p.
4. *Ivlev, V.I.* (2014), O statisticheskoy obrabotke fenologicheskikh dat v botanicheskikh issledovaniyah [About statistical treatment of phenological DATS in botanical researches]. Izvestiya NAN Respubliki Kazakhstan [News of the National Scademy of Sciences of Republic of Kazakhstan]. Seriya biologicheskaya i meditsinskaya, N 1, pp. 44—47.
5. *Kondratenko, T.E. and Kondratenko, P.V.* (2015), Fenologiya yabluni (*Malus domestica* Borkh.) na Kiyivshchini v umovah zmini klimatu [Phenologi of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) is on Kyivshchyna in conditions of change of climate]. Roslinnitstvo [Plant-grower], N 1-2, pp. 49—53.
6. *Kosenko I.S.* (2002), Lischini v Ukrayini [Hazel in Ukraine]. Kyiv: Akadempriodika, 266 p.
7. *Misnik, G.E.* (1976), Sroki i karakter tsveteniya derev i kustarnikov [Terms and character of flowering of trees and bushes]. Kyiv: Naukova dumka, 392 p.
8. *Moniitor rastsveteniya kak razvitie proekta «Flora DVRZ»* [Monitor of blossoming as development of project “Flora DVRZ”]. Moda access: <http://lisky.org.ua/site/news/2299.shtml>.
9. *Oleksiychenko, N.O. and Breus, N.Yu.* (2013), Zalezhnist pochatku tsvitinnya garno kvituchih kuschiv vid klimatichnih zmin u rayoni mista Kieva [Dependence of beginning of flowering beautifully of flowering bushes is on climatic changes in the borough of Kyiv]. Naukovi pratsi Lisivnichoyi akademiyi nauk Ukrayini [Scientific works of Forest of academy of sciences of Ukraine]. Lviv: RVV NLTU Ukrayini, vyp. 11, pp. 126—129.
10. *Lyalko, V.I., Sahatskiy, O.I., Kulbida, M.I. ta in.* (2015), Parnikoviy efekt i zmini klimatu v Ukrayini: otsinka ta naslidki [Hotbed effect and changes of climate in Ukraine: estimation and consequences]. Kyiv: Naukova dumka, 284 p.
11. *Plotnikova, L.S.* (1972), Metodika fenologicheskikh nablyudeniy za introdutsirovannyimi drevesnyimi rasteniyami [Methodology of the phenological watching introduction arboreal plants]. Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadah SSSR [Methodology of phenological supervisions is in the botanical gardens of the USSR]. Sbornik statey [Collection of reasons]. Moscow: GBS AN SSSR, pp. 40—46.
12. *Sennikov, V.A. i dr.* (2006), Praktikum po agrometeorologii [Practical work on agricultural meteorology] ucheb. [Textbook]. Moscow: Kolos, 215 p.
13. *Shigolev, A.A. and Shimanyuk, A.P.* (1949), Sezonnoe razvitie prirody Evropeyskoy chasti SSSR [Seasonal development of nature of European part of the USSR]. Gos. izd-vo geograf. lit-ryi, 240 p.

Recommended by Yu.O. Klymenko

Received 30.04.2018

V.A. Medvedev, A.A. Ilyenko

Государственный дендрологический парк «Тростянец» НАН Украины, Украина, Черниговская обл., Ичнянский р-н, с. Тростянец

ЗАВИСИМОСТЬ СРОКОВ НАЧАЛА ЦВЕТЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ОТ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЧЕРНИГОВЩИНЕ

Цель — выявить направление смещения сроков начала цветения древесных видов в условиях дендропарка «Тростянец» НАН Украины под влиянием изменений климатических условий 2008—2017 гг. по сравнению с 1960—1969 гг.; провести сравнительный анализ способов расчета суммы эффективных температур и определить влияние отдельных зимне-весенних месяцев на даты начала цветения видов.

Материал и методы. Объект исследований — три группы видов древесных растений с началом цветения в марте — апреле, мае и июне. Для анализа теплового режима исследуемых периодов использовали данные Прилукской метеорологической станции. Данные обрабатывали с помощью компьютерной программы Excel. Наблюдение за фенологическими фазами развития древесных растений в 2008—2017 гг. проводили по методике Л.С. Плотниковой (1972). Статистическая обработка данных фенологических наблюдений осуществлена по методике Г.Н. Зайцева (1981) в модификации В.И. Ивлева (2014).

Результаты. Установлено, что за последние 10 лет на Черниговщине произошли изменения годовой температуры воздуха в сторону потепления: среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,8 °С, зимой — на 2,7 °С, весной — на 2,4 °С, летом — на 1,6 °С, осенью — на 0,7 °С. Наибольшее потепление характерно для марта — на 3,9 °С. Повышение температуры воздуха привело к более раннему цветению (в условиях дендропарка «Тростянец» — на 2—15 суток по сравнению с 1960—1969 гг.). Оптимальным способом расчета суммы эффективных температур является плавная математическая функция. Выявлена тесная

обратно пропорциональная связь между суммами эффективных температур в отдельные месяцы и их сочетаниями и фенодатами начала цветения древесных видов.

Выводы. Формирование суммы эффективных температур, необходимых для начала цветения вида, происходит с начала года. Наибольшее влияние оказывает месяц, предшествующий месяцу цветения вида.

Ключевые слова: изменения климата, древесные растения, начало цветения, смещение даты начала цветения.

V.A. Medvedev, O.O. Ilyenko

The State Dendrological Park *Trostjanets*,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Chernigov Region, Ichnjansky District,
village *Trostjanets*

DEPENDENCE OF PHENODATE OF THE BEGINNING OF FLOWERING OF TREE PLANTS FROM CHANGES OF CLIMATIC CONDITIONS OF CHERNIHIV REGION

Objective — to reveal the direction of the shift in the timing of the beginning of flowering of tree species in the conditions of the dendropark under the influence of changes in climatic conditions in the period 2008—2017 vs 1960—1969 as well as to conduct a comparative analysis of different methods of selecting of temperature indexes during recalculating of positive temperatures into effective ones and to determine the effect of individual winter-spring months on the phenodata of the onset of the flowering of the species.

Material and methods. The subject of the researches — three groups of species of woody plants that differ in terms

of flowering: with the beginning of flowering in March — April, May and June. To characterize the thermal regime of the periods studied were used the air temperature parameters of Prilukskoy meteorological station. Data processing was carried out using the computer program “Excel”. Observation of the phenological phases of development of woody plants in the period 2008—2017 were conducted as per method of L.S. Plotnikova (1972). The statistical data processing of these phenological observations was carried out according to the method of G.N. Zaitsev (1981) in the modification of V.I. Ivlev (2014).

Results. The conducted researches established that over the past 10 years in Chernigov region the annual air temperature has changed towards warming: the average annual air temperature increased by 1.8 °C, in winter — by 2.7 °C, in spring — by 2.4 °C, in summer — by 1, 6 °C, in autumn — by 0.7 °C. The greatest warming was observed in March — by 3.9 °C. The increasing in air temperature leads to the movement of the beginning of flowering in the direction of acceleration, which in the dendropark conditions varies within 2—15 days. The optimal option for recalculation of positive temperatures into effective ones is the formation of the sum of effective temperatures by a smooth mathematical function. A close inverse correlation was found between the sums of the effective temperatures in some months and their combinations and the phenodata of the beginning of the flowering of tree species.

Conclusions. An analysis of the results shows that the formation of the sum of the effective temperatures necessary for the blooming of the species occurs from the beginning of the year. The greatest influence is manifested in the month preceding the month of flowering of the species.

Key words: climate change, tree plants, the beginning of flowering, the shift of the phenodata of the beginning of flowering.