

<https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.03.143>

Фенологічна реакція рослин на екстремальний термічний режим осінньо-зимового періоду 2019 року в Україні

Яків П. ДІДУХ, Оксана О. КУЧЕР, Людмила В. ЗАВ'ЯЛОВА

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна
ya.didukh@gmail.com
kucher.oksana29@gmail.com
l.zavialova7@gmail.com

Didukh Ya.P., Kucher O.O., Zavialova L.V. 2020. **Phenological reaction of vascular plants to the extreme thermal regime in autumn–winter of 2019 in Ukraine.** *Ukrainian Botanical Journal*, 77(3): 143–155.

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01004, Ukraine

Abstract. In the autumn and early winter of 2019, the weather in Ukraine was abnormally warm. For that period, numerous reports on unusual flowering of many species of plants in various regions of Ukraine have been received. This information on the established phenological reaction as a response to such extreme conditions was collected during November–December 2019 and analyzed by several indicators. The phenomena of phenological reaction at different stages of flowering have been recorded for over 80 species of plants in Ukraine. The species composition, taxonomic and fractional affiliation of species, their life forms and flowering periods during the normal season of vegetation according to the literature data have been established. The groups were determined by the duration and types of flowering. The most cases of flowering during the studied period were recorded in Zaporizhzhya, Transcarpathian, Kyiv, Odesa, and Rivne administrative regions of Ukraine, mainly in cities and other settlements. The largest number of phenological reactions were observed in the families *Rosaceae* (more than 20 species, for most of them re-flowering was recorded), *Asteraceae*, *Amaryllidaceae*, and *Violaceae*. Among life forms, phanerophytes and hemicryptophytes were generally prevalent. Most of phenological reactions were found for native, alien or introduced plant species in cultivation sites (botanical gardens, private plots, urban green plantations, etc.). Among species of alien plants, phenological reactions were observed more frequently than in native ones. The largest group is the re-flowering plants, which mainly includes species that have passed and completed the full generative cycle in spring of that year (*Galanthus nivalis*, *Scilla bifolia*, *Ficaria verna*, *Iris pumila*, *Bellis perennis*, *Syringa vulgaris*, *Fragaria vesca*, etc.), or their fruiting and seed fall ended in August–September (*Persica vulgaris*, *Armeniaca vulgaris*, *Malus domestica*, *Prunus cerasifera*, etc.). The most abundant is the group of early-flowering species that include introduced winter-blooming in the primary range *Viburnum farreri*, *Viburnum* × *bodnantense* which begin vegetation within their native range in December.

Keywords: climate, flowering, life cycle, phenological reactions, thermal regime, Ukraine, vascular plants

Submitted 14 May 2020. Published 30 June 2020

Дідух Я.П., Кучер О.О., Зав'ялова Л.В. 2020. **Фенологічна реакція рослин на екстремальний термічний режим осінньо-зимового періоду 2019 року в Україні.** *Український ботанічний журнал*, 77(3): 143–155.

Реферат. Останні місяці 2019 року відзначилися в Україні аномально теплою погодою. З'явилися численні повідомлення про нехарактерне для даного періоду квітування багатьох видів рослин у різних регіонах України. Відомості про встановлені фенологічні реакції, як відповідь на такі екстремальні умови, були зібрані впродовж листопада–грудня 2019 р. і проаналізовані за низкою показників. Фенологічна відповідь, виражена різними стадіями квітування, зафіксована у понад 80 видів рослин по всій території України. Наведено таксономічну та фракційну приналежність видів, життєві форми, періоди квітування за нормального проходження вегетаційного сезону за літературними даними, виділено групи за тривалістю та типами квітування. Найбільше випадків квітування у досліджений період зафіксовано у Запорізькій, Закарпатській, Київській, Одеській та Рівненській областях України, переважно у населених пунктах, зокрема великих містах. Найчисельнішими за кількістю виявлених фенологічних реакцій є родини *Rosaceae* (понад 20 видів, у більшості з них зафіксоване повторне квітування),

© 2020 Ya.P. Didukh, O.O. Kucher, L.V. Zavialova. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Asteraceae, *Amaryllidaceae*, *Violaceae*. Серед життєвих форм сукупно переважають фанерофіти та гемікриптофіти. Найбільше випадків фенологічних реакцій спостерігалось у рослин (аборигенних, адвентивних та інтродукованих видів), які перебувають у місцях культивування (ботанічні сади, присадибні ділянки, зони міського озеленення тощо). Серед видів адвентивних рослин фенологічні реакції спостерігалися частіше, ніж серед аборигенних. Найчисельнішою є група рослин з повторним квітанням. До неї належать переважно види, що впродовж вегетаційного сезону 2019 р. пройшли та завершили повний генеративний цикл навесні (*Galanthus nivalis*, *Scilla bifolia*, *Ficaria verna*, *Iris pumila*, *Bellis perennis*, *Syringa vulgaris*, *Fragaria vesca* та ін.), а також ті, в яких він був тривалішим у часі, проте плодоношення й опадання насіння завершувалося в серпні–вересні (*Persica vulgaris*, *Armeniaca vulgaris*, *Malus domestica*, *Prunus cerasifera* та ін.). Найменш чисельною є група ранньоквітучих видів, до якої належать інтродуковані зимовоквітучі в первинному ареалі *Viburnum farreri* та *Viburnum × bodnantense*, що в умовах первинного ареалу починають вегетацію в грудні.

Ключові слова: життєвий цикл, квітання, клімат, судинні рослини, температурний режим, Україна, фенологічна реакція

Вступ

Кліматичні зміни розцінюють як одну із найглобальніших загроз існуванню біосфери у тому вигляді, як ми її знаємо зараз (Climate Change..., 2015; Climatogenic..., 2016; Shvidenko et al., 2018). Вважається, що кліматичний складник здатний до швидкого відновлення та повернення у вихідне становище, тобто має високу резистентну стабільність. Однак наприкінці ХХ століття зафіксовано не лише суттєве відхилення температурних показників від норми, що виходить далеко за рамки природних щорічних коливань, але й зростання градієнту їхніх змін. У різних регіонах Європи за останні 100 років середня температура повітря зросла на 0,4–1,5 °С, причому тенденція до потепління найвиразніша в горах (Böhm et al., 2001; Pauli et al., 2007; Lenoir et al., 2008). Починаючи з 1950 р. багато із зареєстрованих змін кліматичної системи є нетиповими або безпрецедентними, особливо при порівнянні з нормальними чи усередненими значеннями за останні десятиліття (Balabukh et al., 2014). Температура повітря в кожному з останніх трьох десятиліть була вищою за всі попередні з 1850 р., а перше десятиріччя ХХІ століття було найтеплішим (Climate Change..., 2015; Balabukh et al., 2014). Причиною цього вважають збільшення концентрації парникових газів в атмосфері (Climate Change..., 2015). Паралельно зі зростанням середньої температури, фіксуються й інші прояви трансформації кліматичної системи: зміна тривалості сезонів, збільшення частоти максимальних і мінімальних температур, засушливих періодів, інших катаклізмів, що трактується як вираження турбулентності та свідчить про порушення стабільності екосистеми на планетарному рівні (Climate Change..., 2015; Climatogenic..., 2016).

Метеорологи встановили, що в Україні середня температура за останні 10 років підвищилася на 0,3–0,6 °С, тоді як за останні 100 років – на 0,7 °С (Daty perekhodu..., 2010; Osadchyi, Babichenko, 2013). Змінюється тривалість сезонів, кількість літніх, морозних та спекотних днів, "тропічних ночей" (коли температура повітря не опускається нижче 20 градусів протягом доби), ступінь зволоження, вітровий режим, кількість проявів екстремальних явищ (Balabukh, Malitskaya, 2017).

Біота реагує на такі зміни відповідно, оскільки є чутливим індикатором змін зовнішнього середовища (Didukh, 2012). Однією із найважливіших індикаційних біотичних ознак є фенологічна відповідь (Chmura et al., 2019), вираженням якої є хронологічні зміни фаз генеративного циклу: зтягнуте до пізньої осені або раннє від кінця календарної зими чи ранньої весни квітання, що останнім часом набуває масового характеру і фіксується в різних за кліматичними умовами регіонах України. Тепла осінь 2019 р. та ненастання метеорологічної зими 2019–2020 рр., що зафіксовано рекордними температурними показниками, спричинили і фенологічну відповідь рослин на ці екстремальні умови – квітання.

Помітна осінньо-зимова температурна аномалія 2019–2020 рр. викликала численні реакції рослин, які спостерігалися по всій території України. Фенологічні зміни виражені по-різному і стосуються як вегетаційного, так і генеративного циклів, що відбуваються в різні періоди та не відповідають одному сезону: набухання бруньок, поява перших листків, ріст стебла та пагонів, квітання тощо. За період осінь–зима 2019 р. нами простежено і проаналізовано лише квітання, як частину генеративного циклу, що відображає добре фіксовані візуально різні якісні прояви і привертає увагу не лише фахівців, а й пересічних спостерігачів. Квітання більшості ранньоквітучих, переважно декоративних

культивованих рослин, критично залежить від кліматичних умов. Отже, встановлення тенденцій до зміщення та змін генеративних циклів надасть можливість засвідчити не лише певні температурні аномалії, але й прогнозовані перебудови сезонної вегетації загалом. Такі зміни вже фіксувалися раніше і вивчаються нині (Illichevskiy, 1925, 1926; Shnelle, 1961; Misnik, 1976; Solov'yev, 2005; Firsov et al., 2008; Balabukh et al., 2017; Goncharenko, Leontyev, 2018; Shvidenko et al., 2018; Chmura et al., 2019).

Оскільки це було досить неочікуваним, подекуди масовим явищем, ми не були підготовленими до його повсюдної фіксації і збирання значних обсягів інформації, тому використовували як власні дані, так і повідомлення всіх, хто відгукнувся на наше звернення.

Матеріали та методи

У роботі використано узагальнені результати досліджень клімату України за останні десятиліття (Climate..., 2003; Balabukh, 2013; Balabukh et al., 2014; Balabukh, Malitskaya, 2017; Osadchyi, 2018; Shvidenko et al., 2018). Враховуючи те, що "температура повітря є одним з найважливіших елементів погоди і клімату, оскільки теплова енергія лежить в основі всіх атмосферних процесів і в цілому зумовлює стан кліматичної системи" (Balabukh et al., 2017a: 34), нами зведено та коротко проаналізовано попередньо встановлені показники середніх за листопад і грудень багаторічних (1950–2010) значень середньої, середньої мінімальної та середньої максимальної за місяць температури повітря та їхні значення у 2019 р. на основі даних кліматичних баз (<https://www.weatherbase.com>, <https://www.meteoprog.ua/ua/>, <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/>). Вказані показники та виявлені їхні аномальні значення у листопаді–грудні 2019 р. по містах України зведено в табл. 1, окремі з них також узагальнено на схематичному графіку (рис. 1), та задіяно при нанесенні ліній екоаномалій на картосхему (рис. 2). В областях помірного кліматичного поясу фітофенологічні показники (початок квіткування, дозрівання плодів тощо) багатьох видів рослин тісно корелюють з динамікою температури приземного шару повітря і самі перетворюються на показники термічного режиму (Malysheva, 1968). Залежність зафіксованих фенологічних реакцій рослин у листопаді–грудні 2019 р. від показників температури повітря (табл. 1) у

цей період виражена лініями екоаномалій (адаптовано за Malysheva, 1968). Для реєстрації та аналізу фенологічних реакцій судинних рослин використано також загальноприйняті методики фенологічних спостережень (Shnelle, 1961; Malysheva, 1968; Misnik, 1976; Yurkevich et al., 1980; Solov'yev, 2005). Фенологічні фази оцінювалися згідно до відомих методик (Shnelle, 1961; Yurkevich et al., 1980). Фенологічні реакції зафіксовано по всій території України з використанням оригінальних даних та відомостей з відкритих джерел: повідомлень колег, електронних ресурсів (персональні та публічні сторінки у соцмережах) з фіксуванням відповідних фотоматеріалів.

Квітування як одна із ключових фенологічних ознак, а особливо аномальне квітування, привертає увагу не лише фахівців, воно добре помітне, і тому достовірність зібраних даних є достатньо високою. Разом із тим, ця фенологічна фаза розвитку генеративних органів супроводжується суттєвими змінами в життєдіяльності рослинного організму, фіксування яких потребує послідовного документування підготовленими фахівцями та детальних досліджень, які слід проводити впродовж тривалого періоду, що надасть підстави для відповідних узагальнень (Shnelle, 1961; Malysheva, 1968; Yurkevich et al., 1980; Solov'yev, 2005) стосовно причин і механізмів аномального квітування – включно (Illichevskiy, 1925, 1926). Початок і тривалість генеративного циклу в рослин досліджених видів за один сезон вегетації визначено за літературними даними (Opredelitel..., 1987; Didukh et al., 2010), проведене їхнє порівняння з результатами спостережень для визначення типу квітування за запропонованою типологією (Illichevskiy, 1925, 1926; Vartazarova, 1961).

Результати та обговорення

Оскільки квітування як фенологічна реакція фіксувалося лише наприкінці минулого, 2019 року, то в науковій літературі ще немає публікацій кліматологів, детального аналізу, достовірних статистичних даних щодо осінньо-зимової температурної аномалії цього періоду. Тому для порівняння кліматичних показників нами використано дані відкритих джерел, зокрема кліматичних баз, достовірність яких подекуди потребує уточнень. За даними метеорологічних показників по 27 населених пунктах (переважно

Рис. 1. Середні за грудень значення середньої за місяць температури повітря в містах України (з південного заходу на південний схід) у 1950–2010 рр. та у 2019 р. (1 – Луцьк; 2 – Рівне; 3 – Житомир; 4 – Київ; 5 – Чернігів; 6 – Суми; 7 – Львів; 8 – Тернопіль; 9 – Хмельницький; 10 – Івано-Франківськ; 11 – Ужгород; 12 – Чернівці; 13 – Черкаси; 14 – Кропивницький; 15 – Вінниця; 16 – Полтава; 17 – Харків; 18 – Дніпро; 19 – Запоріжжя; 20 – Донецьк; 21 – Луганськ; 22 – Одеса; 23 – Херсон; 24 – Миколаїв; 25 – Сімферополь; 26 – Севастополь; 27 – Ялта)

Тут і в табл. 1 використані відомості відкритих ресурсів: <https://www.weatherbase.com>, <https://www.meteoprog.ua/ua/>, <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/>

Fig. 1. Average monthly temperature in cities of Ukraine in December, from north-west to south-east for the period of 1950–2010 and in December 2019 (1 – Lutsk; 2 – Rivne; 3 – Zhytomyr; 4 – Kyiv; 5 – Chernihiv; 6 – Sumy; 7 – Lviv; 8 – Ternopil; 9 – Khmelnytskyi; 10 – Ivano-Frankivsk; 11 – Uzhhorod; 12 – Chernivtsi; 13 – Cherkasy; 14 – Kropyvnytsky; 15 – Vinnytsia; 16 – Poltava; 17 – Kharkiv; 18 – Dnipro; 19 – Zaporizhzhia; 20 – Donetsk; 21 – Luhansk; 22 – Odesa; 23 – Kherson; 24 – Mykolaiv; 25 – Simferopol; 26 – Sevastopol; 27 – Yalta)

Open source information used here and in Table 1: <https://www.weatherbase.com>, <https://www.meteoprog.ua/ua/>, <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/>

обласних центрах) обрховано аномальні відхилення температури повітря періоду листопад–грудень 2019 р. (табл. 1) та побудовано лінії екоаномалій (рис. 2).

За даними довготривалих спостережень (табл. 1) у листопаді середня за місяць температура повітря на рівнинній території України (крім Південного берега Криму та гірських регіонів) є найнижчою на північному сході країни (Суми – 0,3 °C), а найвищою – на Одещині та в АР Крим (Одеса та Сімферополь, відповідно 5,7 °C та 5,8 °C), при середньому значенні для України – 2,6 °C. Відповідно для грудня показники

коливаються від –4,2 °C (Суми) до 1,3–2,0 °C (Одеса, Сімферополь), при середньому значенні для України 1,7 °C. Тобто підвищення температури відбувається в південному напрямку, що свідчить про широтний розподіл температури. У 2019 р. регіональні особливості просторового розподілу температури зберігалися: у листопаді (Суми 2,1 °C, Сімферополь 7,8 °C, Одеса 8,5 °C), у грудні (Суми –1,9 °C, Сімферополь 3,7 °C, Одеса 4,4 °C) (табл. 1; рис. 1).

Середнє значення температури повітря на території рівнинної України в листопаді становило 4,7 °C, а у грудні –0,1 °C. Тобто, значення температурних

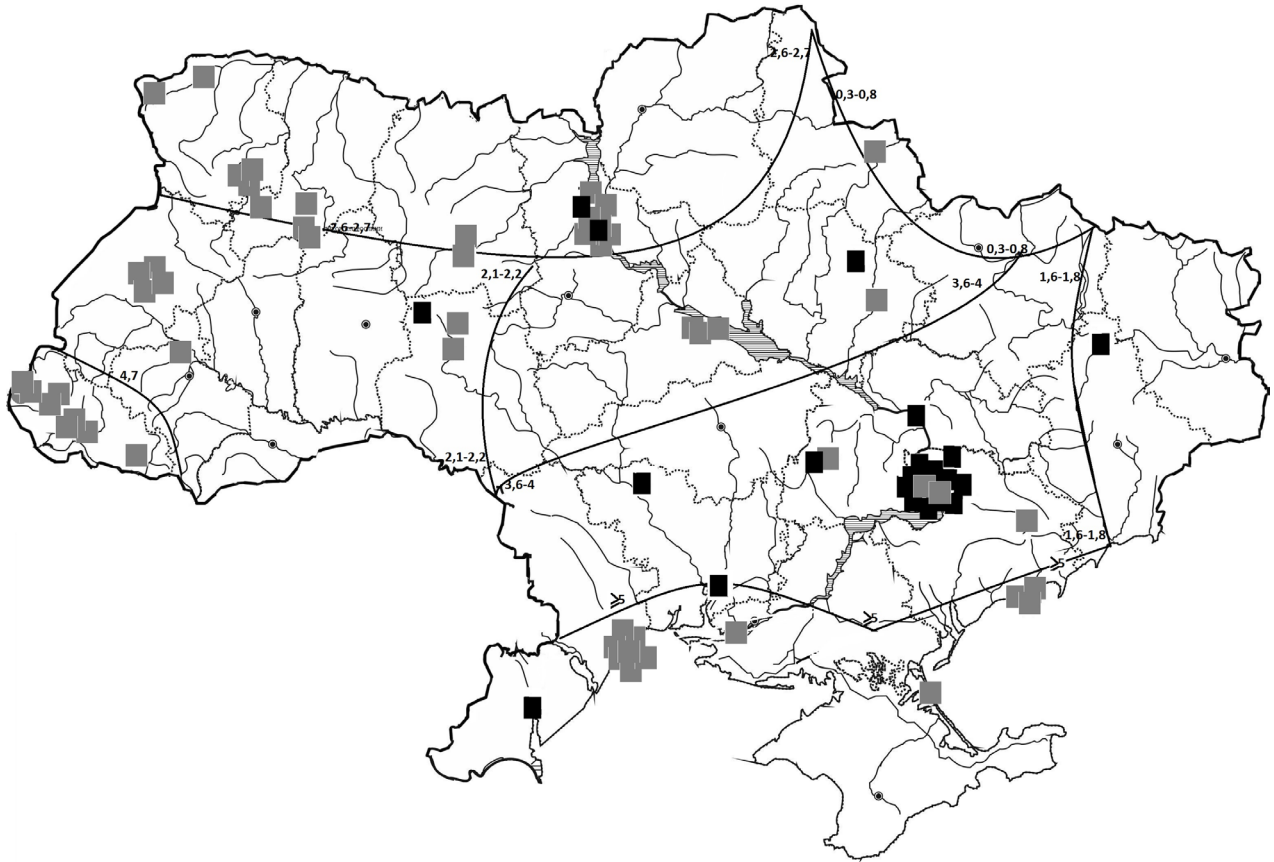


Рис. 2. Картохема локалізацій фенологічних реакцій рослин на екстремальні умови температурного режиму в листопаді–грудні 2019 р. та лінії екоаномалій.

■ – культивовані рослини (cultivated plants), ■ – дикорослі рослини (wild plants)

Fig. 2. A scheme map of locations of phenological reactions of plants due to extreme conditions of thermal regime in November and December of 2019 and contours of ecological anomalies

показників за досліджуваний період були додатними, однак спостерігалось зростання температури повітря та перевищення багаторічних середніх значень у листопаді на $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ та в грудні на $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). Загалом, нинішня зима (2019–2020 рр.) була незвично теплою. Грудень виявився одним з найтепліших за період інструментальних спостережень за погодою. Середні за місяць значення температури повітря в грудні 2019 р. були додатними майже на всій території України (табл. 1), а на півдні навіть перевищили $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Аномалії середньої за місяць температури повітря у цьому регіоні становили понад $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на значній частині території країни сягали $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище. Такі високі значення середніх за місяць температурних показників свідчать про високі значення середньої за добу, мінімальної та максимальної температури повітря. Так, середня за добу температура повітря

в Україні в окремі дні грудня 2019 р. перевищувала $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на заході країни її максимальні значення сягали $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище (<https://gazeta.ua/articles/ukraine-newspaper/>).

Відомо, що вегетація більшості рослин в умовах помірної зони розпочинається при стійкій середньодобовій температурі повітря $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище (Shnelle, 1961; Yurkevich et al., 1980; Solov'yev, 2005). Оскільки в листопаді–грудні 2019 р. для вегетації рослин зберігалися відповідні умови (табл. 1), різні стадії квітання рослин (табл. 2) стали фенологічною відповіддю на погодні аномалії. Фенологічні реакції зафіксовані у понад 80 видів рослин (включно з *Magnolia* sp., *Prunus* sp. (incl. *Cerasus*), *Rosa* sp., *Viola* sp.) по всій території України, проаналізовані нами за низкою показників (табл. 2). Аналіз кількості виявлених випадків квітання у досліджений період

Таблиця 1 (продовження). Кліматичні показники (температура) великих міст України
Table 1 (continued). Climatic indicators (temperature) in cities of Ukraine

Кліматичні показники	Міста																											
	Черкаси		Полтава		Кропивницький		Дніпро		Луганськ		Донецьк		Запоріжжя		Миколаїв		Херсон		Одеса		Сімферополь		Севастополь		Ялта			
	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII	XI	XII
середня за місяць максимальна T, °C	5,0	0,5	3,0	-1,0	5,1	0,7	9,7	3,3	5,3	0,1	4,0	0,0	6,6	2,2	8,0	2,0	7,8	2,8	8,4	3,8	10,4	5,6	11,0	7,0	12,4	8,6	12,0	9,0
середня за місяць T, °C	2,1	-2,1	1,5	-3,1	2,2	-2,0	4,0	-0,9	1,8	-2,7	1,6	-2,9	3,6	-0,4	4,4	-0,1	4,1	-0,2	5,7	1,3	5,8	2,0	8,0	4,0	9,2	5,9	11,4	6,9
середня за місяць мінімальна T, °C	-0,7	-4,7	-1,0	-5,0	-0,7	-4,6	-1,6	-5,3	-1,2	-5,5	-1,0	-5,0	0,7	-2,9	0,0	-2,0	1,0	-2,8	3,0	-1,2	2,2	-1,1	3,0	2,0	6,7	3,7	12,0	9,0
середня за місяць максимальна T, °C	5,0	0,0	4,0	0,0	5,0	0,0	8,0	0,0	6,0	1,0	5,0	0,0	8,0	1,0	8,0	3,0	8,0	3,0	9,5	5,5	12,0	9,0	13,0	8,0	12,0	9,0	12,0	9,0
середня за місяць T, °C	4,5	0,3	3,7	-0,9	4,0	-0,2	6,9	-0,5	2,8	-0,8	3,4	-1,0	7,3	1,1	6,1	2,0	6,7	3,0	8,5	4,4	7,8	3,7	11	7,1	11,4	6,9	11,4	6,9
середня за місяць мінімальна T, °C	0,0	-5,0	-1,0	-5,0	-1,0	-5,0	-1,0	-5,0	-1,0	-5,0	-1,0	-6,0	0,0	-4,0	1,0	-3,0	1,0	-3,0	2,5	-0,2	6,0	3,0	7,0	3,0	6,0	3,0	6,0	3,0
*аномалія середньої за місяць максимальної T, °C	0,0	0,5	1,0	1,0	0,1	0,7	4,7	3,3	0,7	0,9	1,0	0,0	0,6	1,1	0,0	1,0	0,2	0,2	1,1	1,7	1,6	4,4	2,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4
*аномалія середньої за місяць T, °C	2,4	2,4	2,2	2,2	1,8	2,2	2,9	0,4	1,0	1,9	1,8	1,9	3,7	1,5	1,7	2,1	2,6	3,2	2,8	3,1	2,0	1,7	3	3,1	2,2	1,0	2,2	1,0
*аномалія середньої за місяць мінімальної T, °C	0,7	-0,3	0,0	0,0	-0,3	-0,4	0,6	0,3	0,2	0,5	0,0	-1,0	1,4	-1,1	1,0	-1,0	0,0	-0,2	-0,5	1,0	3,8	4,1	4,0	1,0	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7

Листопад (XI) – грудень (XII) 1950–2010 рр.

Листопад (XI) – грудень (XII) 2019 р.

* Аномалія середніх за місяць значень середньої, мінімальної та максимальної температури повітря – це різниця між їхніми значеннями у 2019 р. та багаторічними значеннями (°C). Від'ємні/додатні аномалії означають, що в досліджуваній період у листопаді–грудні 2019 р. середні за місяць значення показників були нижчими/вищими за їхні середні багаторічні значення.

за їхньою територіальною приуроченістю показав, що із 17 адміністративних територій найбільше таких зафіксовано у Запорізькій області (21), переважно у Запоріжжі та його найближчих околицях, а також Закарпатській (11), Київській (9), Одеській (7) та Рівненській областях (6) (рис. 2). Загалом вибірка не є репрезентативною, оскільки усі випадки квітування фіксувалися спонтанно. Разом із тим, простежується тенденція до зростання кількості випадків квітування, яке не відповідає сезону вегетації, у південному напрямку, де середні показники температури повітря у досліджуваній період найвищі. Переважна більшість випадків квітування зафіксована у великих містах, що підтверджує одну з особливостей кліматичних умов урбанізованих територій, як то наявність острова тепла – підвищеної, порівняно з природними, температури повітря (Didukh, 2012; Didukh, Alioshkina, 2012; Olshanskyi et al., 2018).

Для визначення типу квітування було проведено порівняння зафіксованих фенофаз із сезонними періодами проходження генеративного циклу (табл. 2) дослідженими видами. За його результатами

встановлено три типи: зтягнуте, повторне, раннє. За кількістю видів з визначеними типами квітування виділено три групи відповідно (рис. 3). Найчисельнішою є група рослин з повторним квітуванням, до якої належать переважно види, які у вегетаційному сезоні 2019 р. пройшли і завершили повний генеративний цикл навесні (*Galanthus nivalis*, *Scilla bifolia*, *Ficaria verna*, *Iris pumila*, *Bellis perennis*, *Syringa vulgaris* та ін.), на початку літа (*Leucanthemum maximum*) або ж їхні фенофази плодоношення й опадання насіння завершувалися у серпні–вересні (*Aesculus hippocastanum*, *Aesculus × carnea*, *Persica vulgaris*, *Armeniaca vulgaris*, *Malus domestica*, *Prunus cerasifera* та ін.). Їхнє квітування у генеративному циклі зазвичай короткотривале, завершується не пізніше початку літнього сезону залежно від виду.

До другої за кількістю видів групи (рис. 3) увійшли види, для яких зафіксоване зтягнуте квітування. До кінця осіннього сезону календарного року рослини видів другої групи завершують повний цикл вегетації та переходять у стан спокою, але за аномальних умов, таких як невідповідність сезонному температурному

Таблиця 2. Квітування рослин досліджених видів за нормальних та екстремальних умов температурного режиму
Table 2. Flowering of the studied plant species under normal and extreme conditions of thermal regime

Види	Життєва форма	Квітування в нормі (місяці)	Фенофаза* Листопад 2019 р.	Фенофаза* Грудень 2019 р.	Фракційна приналежність
<i>Aesculus × carnea</i> Zeyher	Ph	V	2	–	I
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Ph	V	4	–	I
<i>Ajuga chia</i> Schreb.	H	V–VIII	2	–	АП
<i>Armeniaca vulgaris</i> L.	Ph	III–IV	–	2	I
<i>Aurinia saxatilis</i> (L.) Desv.	Ch	IV–V	1	2	АК
<i>Bellis perennis</i> L.	H	VI–VIII	–	2	АП
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	H	V–X	3–4	–	АП
<i>Calendula officinalis</i> L.	Th	VI–X	–	1–2	I
<i>Caltha palustris</i> L.	H	IV–V	–	2	АП
<i>Centaurea breviceps</i> Iljin (ЧКУ)	H	VI–VIII	3	–	АП
<i>Chimonanthus praecox</i> (L.) Link.	Ph	XII–V	–	2	I
<i>Colchicum ancyrense</i> B.L.Burt (ЧКУ)	G	II–III	–	2	АК
<i>Corylus avellana</i> L.	Ph	III–IV	–	2	АК
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	H	V–VIII	3–4	–	АП
<i>Ficaria verna</i> Huds.	G	IV–V	–	1–2	АП
<i>Forsythia × intermedia</i> Zabel	Ph	IV–V	–	2	I
<i>Fragaria vesca</i> L.	H	V–VI	–	1–2	АК, АП
<i>Galanthus nivalis</i> L. (ЧКУ)	G	III–IV	–	1–2	АК
<i>Hamamelis vernalis</i> Sarg.	Ph	IX–X	–	2	I
<i>Hamamelis virginiana</i> L.	Ph	IX–X	–	2	I

Види	Життєва форма	Квітання в нормі (місяці)	Фенофаза* Листопад 2019 р.	Фенофаза* Грудень 2019 р.	Фракційна приналежність
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	G	VIII–IX	3–4	2	I
<i>Helleborus caucasicus</i> A. Braun	H	III–IV	–	2	I
<i>Hylotelephium argutum</i> (Haw.) Holub	H	VII–VIII	–	2	АК
<i>Inula helenium</i> L.	H	VI–VIII	2	–	АП
* <i>Iris pumila</i> L.	H	IV–V	1–2	3–4	АК
<i>Kerria japonica</i> (L.) DC.	Ph	IV–V	–	2	I
<i>Leucanthemum maximum</i> DC.	H	VII–VIII	–	2	I
* <i>Malus domestica</i> Borkh.	Ph	IV–V	2	2	I
<i>Persica vulgaris</i> Mill.	Ph	IV	–	2	I
<i>Primula veris</i> L.	H	IV–V	–	2	I
<i>Primula obconica</i> Hance	H	IV–V	–	2	I
<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort.	H	IV–V	–	2	АП
<i>Reseda lutea</i> L.	H	VI–VIII	4	–	АП
<i>Ribes nigrum</i> L.	Ph	V–VI	–	2	АК
<i>Scilla bifolia</i> L.	G	III–IV	–	2	АК
<i>Sempervivum ruthenicum</i> Schnittsp. & C.B.Lehm.	H	VII–VIII	1–2	–	АП
<i>Silene supina</i> M.Bieb.	H	VI–VII	3–4	–	АП
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Ph	V–VI	1–2	3–4	АП
<i>Syringa vulgaris</i> L.	Ph	V	–	2	I
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	H	IV–VII	–	2	АП
<i>Tussilago farfara</i> L.	H	IV–V	–	2–3	АП
<i>Verbascum densiflorum</i> Bertol.	H	VI–VII	1–2	–	АП
<i>Viburnum</i> × <i>bodnantense</i> Aberc. ex Stearn	Ph	III–IV	–	2	I
<i>Viburnum farreri</i> Stearn	Ph	III–IV	–	2	I
<i>Viburnum lantana</i> L.	Ph	V	–	2	I
<i>Viola matutina</i> Klokov	Th	V–VIII	1–2	–	АП
<i>Viola suavis</i> M.Bieb.	H	IV–V	2	–	АП
* <i>Viola tricolor</i> L.	Th	VI–VIII	1–2	2	АК
<i>Magnolia</i> sp.	Ph	IV–IX	–	2	I
<i>Prunus</i> sp. (incl. <i>Cerasus</i>)	Ph	III–VI	1–2	2	I
<i>Rosa</i> sp.	Ph	V–X	–	2	АК
* <i>Viola</i> sp.	Th	III–X	1–2	1–2	АК, АП

Життєва форма (за Raunkiaer, 1937): Ph – фанерофіт; Ch – хамефіт; H – гемікриптофіт; G – геофіт; Th – терофіт. **Квітання в нормі**: період календарного року, на який припадає генеративний цикл у сезон вегетації. **Фенофаза**: етап генеративного циклу розвитку (бутонізація (1) → початок квітання (2) → масове квітання (3) → кінець квітання (4)); * – види, які в різних областях перебували у різних фенофазах протягом досліджуваного періоду або в однаковій фенофазі – у різні місяці. **Фракційна приналежність**: I – інтродуковані види, що перебувають у місцях культивування або здичавілі; АК – аборигенні культивовані види; АП – аборигенні види, відмічені в природних біотопах. ЧКУ – види, включені до Червоної книги України (Chervona..., 2009), які перебувають у місцях культивування.

режиму, їхнє квітання затягується. До цієї групи увійшли види із пізнім або тривалим протягом вегетаційного періоду квітанням (*Erysimum cheiranthoides*, *Helianthus tuberosus* та ін.), яке продовжувалося або завершувалося в період спостереження. Характерною особливістю цієї групи є те, що всі види її складу – трав'яні багаторічники (гемікриптофіти), які зростали в напівприродних або природних біотопах (табл. 2).

Інтродуковані зимовоквітучі види (*Viburnum farreri*, *Viburnum × bodnantense*) увійшли до найменшої за чисельністю групи з раннім квітанням (рис. 3). Початок квітання цих видів у місцях інтродукції в Європі зазвичай припадає на першу декаду березня (табл. 2), а на території первинного ареалу – на кінець листопада – початок грудня. Повторення аномальних за температурним режимом погодних умов надалі, на нашу думку, сприятиме зростанню кількості випадків аномальних фенологічних реакцій у зимовоквітучих інтродуцентів. Серед іншого фенофази і фенодати генеративного циклу цих інтродукованих видів у місцях культивування (лютий–березень) наблизяться до таких у первинному ареалі (листопад–грудень), як фенологічна відповідь на кліматогенні зміни.

За результатами аналізу таксономічної приналежності досліджених видів встановлено, що найбільше аномальних фенологічних реакцій спостерігалось у рослин родини *Rosaceae* (понад 20 видів, у більшості з них зафіксоване повторне квітання). Найбільша кількість випадків фенологічних реакцій серед видів цієї родини, на нашу думку, пов'язана зі значно ширшим їхнім використанням в інтродукції і селекції. Меншу кількість видів з фенологічними реакціями виявлено серед *Asteraceae*, *Amaryllidaceae*, *Violaceae* (у межах 10, переважно з повторним квітанням). Серед видів з інших родин (рис. 4) квітання у листопаді–грудні 2019 р. спостерігалось значно рідше (від 1 до 5 видів). Кількість аномальних фенологічних реакцій видів, на нашу думку, також пов'язана із культивуванням рослин, селекцією, інтродукцією тощо. Часто наслідками такої діяльності є міжвидова та міжродова гібридизація, здичавіння і подальша натуралізація рослин інтродукованих видів та їхніх сортів, які, на нашу думку, можуть впливати на терміни сезонної вегетації. Найбільша кількість фенологічних реакцій спостерігалась серед аборигенних, адвентивних чи інтродукованих видів (табл. 2), рослини яких перебувають у місцях культивування (ботанічні сади, присадибні ділянки, зони міського озеленення

тощо). Серед видів адвентивних рослин аномальні фенологічні реакції спостерігалися частіше, ніж серед аборигенних.

У спектрі життєвих форм представлені фанерофіти, хамефіти, гемікриптофіти, геофіти, терофіти (табл. 2). Серед досліджених видів переважають кущі, дерева – фанерофіти та трав'яні багаторічники – гемікриптофіти (понад 20 в обох групах), розвиток яких більше залежить від температури повітря, ніж ґрунтів.

Висновки

Отже, зафіксовані фенологічні реакції досліджених видів у період спостережень протягом листопаду–грудня 2019 р., представлені різними типами квітання, не є випадковими і розглядаються як індикаторні ознаки кліматогенних змін, що важливо для подальшого моніторингу. Культивування рослин, міжвидова та міжродова гібридизація, здичавіння і подальша натуралізація рослин інтродукованих видів, їхніх сортів, що часто є наслідками інтродукції, впливають на терміни сезонної вегетації. На нашу думку, фіксування фенологічних реакцій рослин на аномальні чи екстремальні погодні умови доповнить відомості фенологічних календарів, і, в подальшому, стане підставою для критичного перегляду термінів сезонної вегетації для різних видів рослин, різних природних зон. Встановлення особливостей перебігу нинішніх періодів вегетації необхідне для осучаснення районувань відповідно до наявних кліматогенних змін.

Подяки

Автори висловлюють щирі подяку Анатолію Льовину, Олені Коваленко, Катерині Листван, Тетяні Ростовській, Володимирі Яценку, Наталії Колісниченко за допомогу в зборі даних та Катерині Соколовій – за поміч в їх опрацюванні.

Робота виконана за кошти цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України "Фундаментальні засади прогнозування та упередження негативного впливу змін кліматичних умов на біотичні системи України" (КПКВК 6541030).

Рис. 3. Розподіл видів за типом квітування рослин в екстремальних умовах температурного режиму листопада–грудня 2019 р.

Fig. 3. Distribution of species by flowering type of plants under extreme conditions of thermal regime in November and December 2019

Рис. 4. Спектр родин за кількістю видів з аномальними фенологічними реакціями

Fig. 4. The range of families by number of species with abnormal phenological reactions

Список посилань

- Balabukh V.O. 2013. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 13: 55–62. [Балабух В.О. 2013. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Закарпатській області. *Український гідрометеорологічний журнал*, 13: 55–62].
- Balabukh V.O., Lavrynenko E.M., Malitskaya L.V. 2014. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 14: 79–94. [Балабух В.О., Лавриненко О.М., Малицька Л.В. 2014. Особливості термічного режиму 2013 року в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*, 14: 79–94].
- Balabukh V.O., Malitskaya L.V. 2017. *Geoinformatika*, 4(64): 34–49. [Балабух В.О., Малицька Л.В. 2017. Оцінювання сучасних змін термічного режиму України. *Геоінформатика*, 4(64): 34–49].
- Balabukh V.O., Odnoletok L.P., Kryvoshein O.O. 2017. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 3(46): 72–85. [Балабух В.О., Однолеток Л.П., Кривошеїн О.О. 2017. Вплив зміни клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у періоди вегетаційного циклу. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 3(46): 72–85].
- Böhm C., Berchtold S., Keim D.A. 2001. Searching in high-dimensional spaces: Index structures for improving the performance of multimedia databases. *ACM Computing Surveys*, 33(3): 322–373.
- Chervona knyha Ukrainy. Roslynniy svit (Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom)*. 2009. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, 912 pp. [Червона книга України. Рослинний світ. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, 912 с.].
- Chmura H.E., Kharouba H.M., Ashander J., Ehlman S.M., Rivest E.B., Yang L.H. 2019. The mechanisms of phenology: the patterns and processes of phenological shifts. *Ecological Monographs*, 89(1): 1–22. <https://doi.org/10.1002/ecm.1337>
- Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2015. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Climate of Ukraine*. 2003. Eds V.M. Lipins'kyu, V.A. Dyachuk, V.M. Babichenko. Kyiv: Vydavnytstvo Rayevs'koho, 2003, 343 pp. [Клімат України. 2003. За ред. В.М. Липинського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 343 с.].
- Climatogenic changes of plant life of the Ukrainian Carpathians*. 2016. Ed. Ya.P. Didukh, I.I. Chorney. Chernivtsi: Druk Art, 280 pp. [Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат. 2016. Ред. Я.П. Дідух, І.І. Чорней. Чернівці: Друк Арт, 280 с.].
- Daty perekhodu temperatury povitrya v Ukraini za suchasnykh umov klimatu*. 2010. Eds V.I. Osadchyi, V.M. Babichenko. Kyiv: Nika-Tsentr, 304 pp. [Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату. 2010. За ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. Київ: Ніка-Центр, 304 с.].
- Didukh Ya.P. 2012. *Funfamentals of bioindication*. Kyiv: Naukova Dumka, 343 pp. [Дідух Я.П. 2012. *Основи біоіндикації*. Київ: Наукова думка, 343 с.].
- Didukh Ya.P., Alioshkina U.M. 2012. *Biotopes of Kyiv*. Kyiv: Ahrar Media Hrup, 154 pp. [Дідух Я.П., Альошкіна У.М. *Біотопи м. Києва*. 2012. Київ: Аграр Медіа Груп, 154 с.].
- Didukh Ya.P., Korotchenko I.A., Fitsailo T.V., Burda R.I., Moysiienko I.I., Pashkevich N.A., Iakushenko D.M., Shevera M.V. 2010. *Ekoflora Ukrainy (Ecoflora of Ukraine)*, vol. 6. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Phytosociocentre, 422 pp. [Дідух Я.П., Коротченко І.А., Фіцайло Т.В., Бурда Р.І., Мойсієнко І.І., Пашкевич Н.А., Якушенко Д.М., Шевера М.В. 2010. *Екофлора України*, т. 6. Відпов. ред. Я.П. Дідух. Київ: Фітосоціоцентр, 422 с.].
- Firsov G.A., Fadeeva I.V., Volchanskaya A.V. 2008. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik*, 6: 22–27. [Фирсов Г.А., Фадеева И.В., Волчанская А.В. 2008. Влияние метеорологической аномалии зимы 2006/07 года на древесные растения в С. Петербурге. *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*, 6: 22–27].
- Goncharenko Y.V., Leontyev D.V. 2018. *Biologiya ta valeologiya*, 20: 17–20. [Гончаренко Я.В., Леонтьев Д.В. 2018. Особливості впливу температурних умов на терміни початку квітання представників роду *Magnolia L.* і *Forsythia Vahl.* в умовах ботанічного саду ХНПУ імені Г.С. Сковороди. *Біологія та валеологія*, 20: 17–20]. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2543509>
- Illichevskiy S.O. 1925. *Zhurnal Russkogo botanicheskogo obshchestva*, 10(1–2): 168–172. [Илличевский С.О. 1925. Второе цветение, его механизм и причины в связи с причинами цветения вообще. *Журнал Русского ботанического общества*, 10(1–2): 168–172].
- Illichevskiy S.O. 1926. In: *Dnevnik Vsesoyuznogo sezda botanikov*. Ed. E.E. Uspenskiy. Moscow, pp. 82–83. [Илличевский С.О. 1926. Второе цветение, его механизм и причины в связи с причинами цветения вообще. В кн.: *Дневник Всесоюзного съезда ботаников*. Под ред. Е.Е. Успенского. Москва, с. 82–83].
- Lenoir J., Gégout J.C., Marquet P.A., de Ruffray P., Brisse H. 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 320: 1768–1771.
- Malysheva G.S. 1968. *Methodical text–book on the composing of phytophenological maps*. Leningrad: Nauka, 64 pp. [Мальшева Г.С. 1968. *Методическое руководство по составлению фитофенологических карт*. Ленинград: Наука, 64 с.].
- Misnik G.E. 1976. *Sroki i kharakter tsveteniya derevev i kustarnikov*. Kiev: Naukova Dumka, 390 pp. [Мисник Г.Е. 1976. *Сроки и характер цветения деревьев и кустарников*. Киев: Наукова думка, 390 с.].
- Olshanskyi I.G., Futorna O.A., Badanina V.A., Tyshchenko O.V., Boichenko S.G., Svetlova N.B., Taran N.Yu. 2018. In: *Teoretychni ta prykladni aspekty vyvchennya, zberezheniya ta zbahachennya fitoriznomanitya u naukovo-doslidnykh ustanovakh ta navchalnykh zakladakh Ukrainy (prysvyachena 5-richchyu zasnuvannya Khorolskoho botanichnoho sadu): materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. Poltava*, 2018. [Ольшанський І.Г., Футорна О.А., Баданіна В.А., Тищенко О.В., Боіченко С.Г., Светлова Н.В., Таран Н.Ю. 2018. Теоретичні та практичні аспекти вивчення, збереження та багачення фиторизноманії у науково-дослідних установах та навчальних закладах України (присвячено 5-річчю заснування Хорольського ботанічного саду): матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Полтава, 2018.].

- pp. 163–166. [Ольшанський І.Г., Футорна О.А., Баданіна В.А., Тищенко О.В., Бойченко С.Г., Светлова Н.Б., Таран Н.Ю. 2018. Міський острів тепла: феномен та перспективи досліджень. У зб.: *Теоретичні та прикладні аспекти вивчення, збереження та збагачення фіторізноманіття у науково-дослідних установах та навчальних закладах України (присвячена 5-річчю заснування Хорольського ботанічного саду): матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (Хорол, 4 жовтня 2018 р.)*. Полтава, с. 163–166].
- Opredelel tel vysshikh rastenyi Ukrainy*. 1987. Eds Yu.N. Prokudin, D.N. Dobrochaeva. Kiev: Naukova Dumka, 548 pp. [*Определитель высших растений Украины*. 1987. Ред. Ю.Н. Прокудин, Д.Н. Доброчаева. Киев: Наукова думка, 548 с.].
- Osadchy V., Aguilar E., Skrynuk O., Boichuk D., Sidenko V., Skrynuk O. 2018. *Ukrainian Geographical Journal*, 3(103): 21–30. [Осадчий В.І., Агуілар Е., Скриник О.А., Бойчук Д.О., Сіденко В.П., Скриник О.Я. 2018. Добова асиметрія кліматичних змін температури повітря в Україні. *Український географічний журнал*, 3(103): 21–30. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.03.021>]
- Osadchy V., Babichenko V. 2013. *Ukrainian Geographical Journal*, 4: 32–39. [Осадчий В.І., Бабіченко В.М. 2013. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал*, 4: 32–39].
- Pauli H., Gottfried M., Reiter K., Klettner C., Grabherr G. 2007. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology*, 13: 147–156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01282.x>
- Raunkiær Ch. 1937. *Plant life forms*. Oxford: Clarendon Press, 104 pp.
- Shnelle F. 1961. *Fenologiya rastenyi*. Ed. I.A. Goltsberg. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izdatelstvo, 260 pp. [Шнелле Ф. 1961. *Фенология растений*. Ред. И.А. Гольцберг. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 260 с.].
- Shvidenko A., Buksha I., Krakovska S. 2018. *Vulnerability of Ukraine's forests to climate change*. Kyiv: Nika-Center, 184 pp. [Швиденко А.З., Букша І.Ф., Краковська С.В. 2018. *Уразливість лісів України до змін клімату*. Київ: Ніка-Центр, 184 с.].
- Solov'yev A.N. 2005. *Biota i klimat v XX stoletii. Regionalnaya fenologiya*. Moscow: Pasva, 288 pp. [Соловьев А.Н. 2005. *Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология*. Москва: Пасва, 288 с.].
- Vartazarova L.S. 1961. *Byulleten Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR*, 42: 3–9. [Варгазарова Л.С. 1961. Итоги интродукции древесно-кустарниковой флоры Дальнего Востока. *Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР*, 42: 3–9].
- Yurkevich I.D., Golod D.S., Yaroshevich E.P. 1980. *Fenologicheskie issledovaniya drevesnykh i travyanistykh rastenyi (metodicheskoe posobie)*. Minsk: Nauka i tekhnika, 88 pp. [Юркевич И.Д., Голод Д.С., Ярошевич Э.П. 1980. *Фенологические исследования древесных и травянистых растений (методическое пособие)*. Минск: Наука и техника, 88 с.].

Рекомендує до друку М.М. Федорончук