

В. В. Юрко, В. Л. Юхневич, В. Е. Белаш, Ю. Д. Марченко, Е. Б. Евсеев

*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник,
Хойники, Беларусь, e-mail: yurkovaleri@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ СЕЗОНОВ И ПОДСЕЗОНОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Аннотация. На основании фенологических индикаторов за трехлетний период (2021–2023 гг.) в условиях Полесского государственного радиационно-экологического заповедника были установлены средние сроки наступления сезонов и подсезонов года, зарегистрирована их продолжительность. Были определены соотношения температур фенологических и календарных сезонов, показана их взаимосвязь. В 2023 г. из-за высоких средних январских температур наблюдалось раннее пробуждение природы, повлекшее за собой быстрое развитие растений и более раннее цветение лещины (*Corylus avellana*), березы повислой (*Betula pendula*), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), липы мелколистной (*Tilia cordata*) и других растений, и связанное с более длинным вегетационным периодом. Два сезона года (фенологические и календарные зима и осень) за трехлетний период показали положительную динамику средних температур и были выше средних многолетних значений. Календарная весна показала положительную динамику, но не превысила температуру средних многолетних значений, а средняя температура календарного лета снижалась от года к году, но оказалась выше средних многолетних значений. Средние температуры фенологических весны и лета за трехлетний период были относительно стабильными и не превысили температур средних многолетних значений. Установлено, что такие фенологические сезоны, как зима, весна и лето, в заповеднике начинаются раньше календарных сроков, а осень – позже.

Ключевые слова: фенологический год, сезон, подсезон, феноиндикаторы, пробуждение природы

V. V. Yurko, V. L. Yukhnovich, V. E. Belash, Yu. D. Marchenko, E. B. Evseev

Polesie State Radiation-Ecological Reserve, Khoyniki, Belarus, e-mail: yurkovaleri@mail.ru

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE DURATION OF PHENOLOGICAL SEASONS AND SUBSEASONS IN THE TERRITORY OF THE POLESIE STATE RADIATION-ECOLOGICAL RESERVE

Abstract. Based on phenological indicators for a three-year period (2021–2023) in the conditions of the Polesie State Radiation-Ecological Reserve, the average timing of the onset of seasons and their subseasons was determined, and their duration was recorded. The temperature ratios between phenological and calendar seasons were determined and their relationship was shown. In 2023, due to high average January temperatures, an early awakening of nature was observed, resulting in rapid development of plants and earlier flowering: hazel (*Corylus avellana*), silver birch (*Betula pendula*), mountain ash (*Sorbus aucuparia*), small-leaved linden (*Tilia cordata*) and other plants associated with a longer growing season. Two seasons of the year: winter and autumn (phenological and calendar) over a three-year period showed positive dynamics of average temperatures, which turned out to be higher than the long-term averages. The calendar spring showed positive dynamics, but did not exceed the temperature of the long-term averages, and the average temperature of the calendar summer decreased from year to year, but was higher than the long-term averages. The average temperatures of the phenological spring and summer over a three-year period proved to be relatively stable and did not exceed the temperatures of the long-term averages. It was found that the phenological seasons: winter, spring and summer in the reserve begin earlier than the calendar dates, and autumn – later.

Keywords: phenological year, season, subseason, phenological indicators, awakening of nature

В. В. Юрко, В. Л. Юхневіч, В. Я. Белаш, Ю. Д. Марчанка, Я. Б. Яўсееў

Палескі дзяржаўны радыяцыйна-экалагічны запаведнік, Хойнікі, Беларусь, e-mail: yurkovaleri@mail.ru

УПЛЫЎ ТЭМПЕРАТУРЫ НА ПРАЦЯГЛАСЦЬ ФЕНАЛАГІЧНЫХ СЕЗОНАЎ І ПАДСЕЗОНАЎ НА ТЭРЫТОРЫІ ПАЛЕСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА РАДЫАЦЫЙНА-ЭКАЛАГІчнага ЗАПОВЕДНІКА

Анатацыя. На падставе феналагічных індыхатараў за трохгадовы перыяд (2021–2023 гг.) ва ўмовах Палескага дзяржаўнага радыяцыйна-экалагічнага запаведніка былі ўстаноўлены сярэднія тэрміны наступлення сезонаў і падсезонаў года, зарэгістравана іх працягласць. Былі вызначаны суадносіны тэмператур феналагічных і календарных сезонаў, паказана іх узаемазвязь. У 2023 г. з-за высокіх сярэдніх студзенскіх тэмператур назіралі раньняе абуджэнне прыроды, якое выклікала хуткае развіццё раслін і больш раньняе цвіццenne лясшчыны (*Corylus avellana*), бярозны павіслай (*Betula pendula*), рабіны звычайнай (*Sorbus aucuparia*), ліпы драбналістай (*Tilia cordata*) і іншых раслін, і звязанае з даўжэйшым вегетацыйным перыядам. Два сезоны года (феналагічныя і календарныя зіма і восень) за трохгадовы перыяд паказалі станоўчую дынаміку сярэдніх тэмператур і былі вышэйшымі за сярэднія шматгадовыя значэнні. Календарная вясна паказала станоўчую дынаміку, але не перавысіла тэмпературу сярэдніх шматгадовых значэнняў.

а сярэдняя тэмпература каляндарнага лета зніжалася ад года да года, але была вышэйшай за сярэднія шматгадовыя значэнні. Сярэднія тэмпературы фэналагічнай вясны і лета за трохгадовы перыяд былі адносна стабільнымі і не перавысілі сярэдніх тэмпературных значэнняў. Устаноўлена, што такія фэналагічныя сезоны, як зіма, вясна і лета, у запаведніку пачынаюцца раней каляндарных тэрмінаў, а восень – пазней.

Ключавыя словы: фэналагічны год, сезон, падсезон, фэнаіндыкатары, абуджэнне прыроды

Введение. Значительные глобальные и региональные изменения климата, наблюдаемые в последние десятилетия [1, 2], делают фенологические наблюдения особенно актуальными. Существенный научный и практический интерес представляет возможность проследить воздействие температуры, увлажнения и других параметров на особенности сезонной ритмики процессов, протекающих в природе конкретного региона. Все явления природы, периодически повторяющиеся через определенные сроки, являются хорошими комплексными показателями местных физико-географических условий, поскольку в процессе своего развития они отражают воздействие всех географических факторов, и в первую очередь климата.

Материалы и методы исследований. Фенологические исследования проведены в бывшем населенном пункте (б. н. п.) Бабчин и его окрестностях на базе научной части Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ) на четырех фенологических маршрутах, проходящих по разнообразным биотопам с максимальным охватом природного биоразнообразия.

Большинство природных явлений, происходящих в умеренном климатическом поясе, подчиняются температурному режиму и соответствуют зимнему и летнему периодам. Весна и осень выступают своеобразным буфером перехода от тепла к холоду и наоборот, поэтому времена года (сезоны) были разбиты на подсезоны. Зимние подсезоны: «предзимье», «первозимье», «глубокая зима» и «перелом зимы»; весенние – «предвесенье», «оживление весны», «разгар весны»; летние – «предлетье», «начало лета», «полное лето» и «спад лета»; осенние – «начало осени», «золотая осень» и «глубокая осень».

Смена одного подсезона другим определяется фенологическими явлениями-индикаторами. Для зимнего сезона выбраны следующие феноиндикаторы: подсезон «предзимье» начинается с выпадением первого снега и его сохранением в течение суток; «первозимье» – с полным замерзанием выбранного в качестве модели озера. За индикатор третьего подсезона «глубокая зима» взят климатический показатель – переход среднесуточной температуры ниже -5°C и ее сохранение не менее трех суток. Для подсезона «перелом зимы» индикатором является начало пения большой синицы (*Parus major*), а вспомогательным феноиндикатором служит пробуждение (отрыв чехлика от основания) цветочных почек ивы козьей (*Salix viminalis*), остролистной (*Salix acutifolia*) и др.

Весенними феноиндикаторами являются прилет полевых жаворонков (*Alauda arvensis*) («предвесенье»), начало цветения лещины (*Corylus avellana*) («оживление весны») и появление различных по форме листочков березы повислой (*Betula pendula*) («разгар весны»).

Индикаторами летнего периода для подсезона «предлетье» следует считать начало цветения рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*); «начало лета» – зацветание шиповника собачьего (*Rosa canina*); «полное лето» – цветение липы мелколистной (*Tilia cordata*); «спад лета» – зацветание вереска (*Calluna vulgaris*).

Для подсезона «начало осени» характерны такие феноиндикаторы, как появление желтых ягод на березе повислой; «золотая осень» – преобладание в природе других цветов, кроме зеленого; «глубокая осень» – завершение листопада у деревьев.

В целом название подсезонов и их количество в разных регионах СНГ различно [3, 4].

Для работы использовались метод «регистратор срока» (классический) по методике В. А. Батманова и интегральный метод, при котором явление считалось наступившим при участии 10 % особей цветущих деревьев, например липы мелколистной на маршруте [5].

Наблюдение за индикаторами с целью выявления начала наступления фенологического явления на выбранных маршрутах проводилось ежедневно. При определении средней арифметической в случае, когда даты были разбросаны по двум месяцам, они приводились в единый ряд [5]. Построение графиков линейной зависимости выполнено в программе Excel.

Использованы метеорологические данные исследовательской станции Масаны (2021 г.) и данные Брагинской метеорологической станции за 2022–2023 гг., взятые из сети Интернет (<http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=33038>).

Результаты и их обсуждение. Продолжительность и сравнительная характеристика температур фенологических подсезонов. Начало зимы на территории ПГРЭЗ чаще не соответствует календарным данным. Как видно из табл. 1, за три года исследований этот сезон начинался во второй половине ноября в среднем 22 числа этого месяца.

Таблица 1. Показатели продолжительности фенологических подсезонов зимы в 2021–2023 годах

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Предзимье	18.11.2020–06.12.2020	19	01.12.2021–06.12.2021	6	19.11.2022–01.12.2022	13
Первозимье	07.12.2020–13.01.2021	38	07.12.2021–20.12.2021	14	02.12.2022–03.12.2022	2
Глубокая зима	14.01.2021–14.02.2021	32	21.12.2021–09.02.2022	51	04.12.2022–19.01.2023	47
Перелом зимы	15.02.2021–20.02.2021	6	10.02.2022–17.02.2022	8	20.01.2023–24.02.2023	36
Весь сезон	18.11.2020–20.02.2021	94	01.12.2021–17.02.2022	79	19.11.2022–24.02.2023	98

Подсезон «предзимье» в 2021 и 2023 гг. начался 18 ноября. В 2022 г. зима и первый фенологический подсезон «предзимье» совпали с общепринятым календарем и начались 1 декабря. Связано это было в основном с положительным температурным режимом, а предзимье в 2021 г. оказалось самым теплым за три года со средней температурой 1,1 °С (табл. 2). В последующие зимы температуры предзимья понижались до –1,6 °С в 2023 г. Продолжительность первого зимнего подсезона была 19, 6 и 13 дней соответственно и в среднем составила 13 дней.

Таблица 2. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов зимы в 2021–2023 годах, °С

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Предзимье*	1,1	–0,7	–1,6
Первозимье	–0,1	1,0	–3,3
Глубокая зима	–7,0	–2,8	–1,2
Перелом зимы	–12,5	1,0	–1,2
Средняя температура сезона	–4,6	–0,4	–1,8

Примечание. * – берутся данные предыдущего года.

Второй зимний подсезон «первозимье» наступает в среднем 5 декабря. Индикатором является полное замерзание озера в а.г. Стреличево. Более раннее наступление подсезона отмечено 2 декабря 2022 г., что было на пять дней раньше, чем в предыдущие годы. Колебания продолжительности второго зимнего подсезона довольно значительны – от 2 до 38 дней, в среднем его продолжительность составила 18 дней. Самым холодным подсезон «первозимье» был в 2023 г. – в среднем –3,3 °С, а самым теплым в 2022 г. – 1,0 °С.

С установившимися устойчивыми средними температурами –5 °С и ниже начинается третий подсезон «глубокая зима». В ПГРЭЗ в среднем это происходит 23 декабря, однако также со значительными колебаниями. В 2021 г. он наступил позднее всего – 14 января, а наиболее раннее наступление отмечено 4 декабря 2022 г.

Для условий ПГРЭЗ подсезон «глубокая зима» в 2021–2023 гг. являлся самым продолжительным, составившим 32, 51 и 47 суток соответственно, в среднем – 43 дня. Лишь зимой 2021 г. он был короче подсезона «первозимье» на 7 суток.



Рис. 1. Пробуждение цветочных почек ивы остролистной (20.01.2023)

Подсезон «глубокая зима» в 2023 г. оказался самым теплым – при средней температуре –1,2 °С (см. табл. 2). Средние значения температур с 17 по 23 января были положительными, а 18 февраля – самыми высокими: минимальная и максимальная температуры составили 3,7 и 8,6 °С соответственно. Такие теплые зимы в Беларуси могут наблюдаться раз в 10 лет [6]. В результате этого очень рано (20 января 2023 г.), в сравнении с предыдущими годами, начали петь большие синицы и другие виды этого рода птиц. Началась вегетация у деревьев: ив остролистной (*Salix acutifolia*) и козьей (*Salix caprea*), а также у других видов. Чехлики, укрывающие цветочные почки на ветвях указанных ив, оторвались от основания, а на некоторых отвалились полностью (рис. 1).

В среднем четвертый подсезон «перелом зимы» наступает 6 февраля, наиболее ранний срок отмечен в 2023 г. – 20 января и поздний в 2021 г. – 15 февраля. В 2021 и 2022 гг. фенологический подсезон «перелом зимы» был непродолжительным и составил 6 и 8 дней соответственно. В 2023 г. он длился больше месяца – 36 дней. Это было связано с усилившимися морозами

в конце февраля (см. табл. 2), пасмурной погодой и присутствием снега. В этот год за два последних зимних месяца было всего 14 ясных дней, в большинстве из которых солнце появлялось лишь на непродолжительное время. В связи с этим наступление весны задерживалось и ее феноиндикаторы – полевые жаворонки (*Alauda arvensis*) в массе появились лишь 25 февраля, на 4 и 7 дней позже, чем в прошлые годы.

Весна как пора года и ее первый подсезон «предвесенье» в среднем начинаются 21 февраля, как уже указывалось выше, с прилетом полевых жаворонков. Как правило, к этому времени на территории ПГРЭЗ уже сходит снег. Продолжительность подсезона в среднем составляет 22 дня, однако в 2023 г. он оказался короче двух предыдущих лет на 10 и 11 дней соответственно. Завершилось «предвесенье» в 2023 г. 11 марта с цветением лещины, что произошло на 3 и 7 дней раньше, чем в 2021 и 2022 гг., несмотря на более низкие температуры подсезона в предыдущие годы (табл. 3 и 4). Столь раннее цветение этого кустарника, как и у ив, было связано с более высокими температурами второй половины зимы и, как следствие, более продолжительной вегетацией.

Таблица 3. Показатели продолжительности фенологических подсезонов весны в 2021–2023 годах

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Предвесенье	21.02–18.03	26	18.02–14.03	25	25.02–11.03	15
Оживление весны	19.03–18.04	31	15.03–19.04	36	12.03–15.04	35
Разгар весны	19.04–23.05	35	20.04–19.05	30	16.04–13.05	28
Весь сезон	21.02–23.05	92	18.02–20.05	91	25.02–13.05	78

Таблица 4. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов весны в 2021–2023 годах, °С

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Предвесенье	1,3	0,9	0,4
Оживление весны	5,5	4,9	6,7
Разгар весны	11,0	10,9	10,3
Средняя температура сезона	5,9	5,6	5,8

Средняя дата наступления второго подсезона «оживление весны» приходится на 15 марта. В 2021 г. из-за более холодного зимнего сезона, средняя температура которого составила $-4,6^{\circ}\text{C}$ (см. табл. 2), развитие генеративных почек растения-индикатора задерживалось, несмотря на более высокую температуру подсезона «предвесенье», средняя температура которого была $1,3^{\circ}\text{C}$. Тем не менее подсезон «оживление весны» в 2021 г. наступил 19 марта, соответственно на 4 и 7 дней позже, чем в последующие два года. Средняя продолжительность подсезона за три года составила 34 дня.

Фенологический подсезон «разгар весны» начинается с появлением различных по форме листочков у березы повислой. Раньше всего он наступил в 2023 г. – 16 апреля и позднее всего в 2022 г. – 20 апреля (см. табл. 4). Средняя продолжительность подсезона составила 31 день с максимумом 35 дней в 2021 г. и минимумом в 2023 г. – 28 дней.

Несмотря на то что средние температуры весенних сезонов были почти одинаковыми, продолжительность весны 2023 г. оказалась значительно короче данной поры 2021 и 2022 гг. на 13 и 14 дней соответственно. На сокращение весеннего периода в 2023 г. оказали влияние более высокие средние температуры подсезона «глубокая зима», что стимулировало более быстрое развитие растений-индикаторов – лещину и березу повислую (см. табл. 2 и 4). Это подтверждает и более раннее начало вегетации чубушника (*Philadelphus* sp.) за все годы наблюдений. В середине февраля 2023 г. на его ветвях набухли почки, а на некоторых начали разворачиваться листочки (рис. 2).

В ПГРЭЗ индикатором наступления лета является начало цветения рябины обыкновенной. За три года исследований средняя дата наступления фенологического лета пришлась на 19 мая, с более ранним началом в 2023 г. (14 мая) и наиболее поздним в 2021 г. (с 24 мая). Как видно, подсезон «предлетье» в 2021 и 2022 гг. начался соответственно на 10 и 6 дней позже, чем в 2023 г. (табл. 5–6).



Рис. 2. Разворачивание листьев чубушника зимой (16.02.2023)

**Таблица 5. Показатели продолжительности фенологических подсезонов лета
в 2021–2023 годах**

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Предлетье	24.05–06.06	14	20.05–05.06	17	14.05–25.05	12
Начало лета	07.06–24.06	18	06.06–25.06	20	26.05–17.06	23
Полное лето	25.06–09.08	46	26.06–12.08	48	18.06–31.07	44
Спад лета	10.08–12.09	34	13.08–08.09	27	01.08–11.09	42
Весь сезон	24.05–12.09	112	20.05–08.09	112	14.05–11.09	121

**Таблица 6. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов лета
в 2021–2023 годах, °С**

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Предлетье	15,3	14,5	17,9
Начало лета	21,1	19,5	17,7
Полное лето	22,9	19,7	20,0
Спад лета	16,8	18,3	20,5
Средняя температура сезона	19,0	18,0	19,0

Средняя продолжительность первого подсезона лета за три года составила 14 дней с максимумом в 2022 г. – 17 дней и коротким периодом в 2023 г. – 12 дней.

Несмотря на то что температура подсезона «разгар весны» в предыдущие годы была на 0,7 и 0,6 °С выше, тем не менее подсезон «предлетье» в 2023 г. наступил раньше на 10 и 6 дней, чем в 2021 и 2022 г. (см. табл. 4 и 5). Это связано с тем, что более продолжительный вегетационный период позволил растениям-индикаторам раньше накопить необходимую для цветения сумму эффективных температур [7].

Второй подсезон «начало лета» связан с цветением шиповника собачьего. В среднем в заповеднике это происходит 3 июня. В 2023 г. было отмечено наиболее раннее цветение этого растения – с 26 мая, в 2021 и 2022 гг. – с 7 и 6 июня соответственно.

За три года средняя продолжительность этого подсезона составила 20 дней с минимумом в 2021 г. (18 суток) и максимумом в 2023 г. (23 дня).

Подсезон «полное лето» связан с началом цветения липы мелколистной. Средняя дата наступления подсезона приходится на 23 июня. Раньше всего подсезон начался в 2023 г. – 18 июня и позже всего в 2022 г. – 26 июня. В данном случае также прослеживается связь с более ранним началом вегетации, оказавшими влияние на раннее цветение липы в 2023 г. Подсезон «полное лето» является наиболее продолжительным. В среднем в условиях ПГРЭЗ он длится 46 дней и заканчивается 7 августа.

В среднем с 8 августа с началом цветения вереска наступает четвертый подсезон «спад лета». Наиболее позднее наступление подсезона отмечено с 13 августа в 2022 г., а раннее – с 1 августа 2023 г. Продолжительность подсезона в среднем составляет 32 дня с минимумом (27 дней) в 2022 г. и максимумом (35 дней) в 2023 г. Заканчивается подсезон в среднем 10 сентября.

Летняя пора года, по сравнению с другими сезонами, в ПГРЭЗ – самая продолжительная и в среднем составляет 115 дней со средней фенологической температурой 18,6 °С. Лето 2022 г. по температурному показателю было холоднее на 1 °С, чем два других (см. табл. 6). Однако цветение растений-феноиндикаторов в 2023 г. было более ранним, чем в предыдущие годы. Это связано с тем, что более теплый подсезон «глубокая зима» запустил механизм пробуждения природы (см. табл. 2 и 4). Он в последующем способствовал и более бурному развитию флоры, ускоряя вегетацию и начало цветения феноиндикаторов. Этот феномен был подмечен ранее другими исследователями [7–10].

Фенологическая осень начинается с появления длинных желтых прядей на березе повислой. За три года, несмотря на различия температур подсезона «спад лета» (см. табл. 6), особых отклонений в наступлении подсезона «начало осени» не обнаружено. Получилась лишь небольшая разбежка в 4 дня: 9 сентября в 2022 г. и 13 сентября в 2021 г. В среднем в ПГРЭЗ осень начинается с 11 сентября (табл. 7, 8). Первый осенний подсезон «начало осени» в среднем длится 25 суток. Минимальное количество дней (15) отмечено в 2021 г. и максимальное (34 дня) в 2023 г.

Таблица 7. Показатели продолжительности фенологических подсезонов осени в 2021–2023 годах

Подсезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Начало осени	13.09–27.09	15	09.09–05.10	27	12.09–15.10	34
Золотая осень	28.09–28.10	31	06.10–25.10	20	16.10–04.11	20
Глубокая осень	29.10–30.11	33	26.10–18.11	24	05.11–21.11	17
Весь сезон	13.09–01.12	79	09.09–18.11	71	12.09–21.11	71

Таблица 8. Показатели среднесуточных температур фенологических подсезонов осени в 2021–2023 годах, °С

Подсезон	Год		
	2021	2022	2023
Начало осени	10,9	10,9	14,3
Золотая осень	6,8	8,9	8,4
Глубокая осень	4,2	6,4	3,8
Средняя температура сезона	7,3	8,7	8,8

Более высокая температура в начале осени 2023 г. (на 3,4 °С по сравнению с предыдущими годами) значительно продлила вегетацию растений и задержала наступление второго подсезона «золотая осень» в среднем на две недели (см. табл. 8 и 7). Однако мороз –5,7 °С, отмеченный 11 октября 2023 г., резко ускорил наступление второго подсезона.

Подсезон «золотая осень» в среднем наступает 6 октября с ранней отмеченной датой 28 сентября в 2021 г. и поздней – 16 октября в 2023 г. Его продолжительность в среднем составляет 24 дня. В 2022 и 2023 гг. подсезон длился 20 дней, но в 2021 г. он оказался более продолжительным – 31 день. В 2023 г. преобладавшая в подсезоне дождливая погода (15 дней) с сильными ветрами (16–17 м/с) сократила его продолжительность, тем не менее подсезон закончился 4 ноября, на 10 и 7 дней соответственно позже, чем в два предыдущих года.

После опадения листвы с деревьев начинается подсезон «глубокая осень». В среднем начало этого подсезона пришлось на 30 октября с разбегом в 11 суток: 26 октября в 2022 г. и 5 ноября в 2023 г. Его средняя продолжительность составила 24 суток с минимумом (17 дней) в 2023 г. и максимумом (33 дня) в 2021 г.

В 2021 г. и подсезон «глубокая осень», и в целом весь осенний период закончился 30 ноября, что совпало с общепринятым календарем. Из-за этого весь осенний сезон оказался продолжительнее на 8 дней, чем эти сезоны в последующие два года.

Продолжительность и сравнительная характеристика температур фенологических и календарных сезонов. Из табл. 9 и 10 видно, что зимний фенологический сезон 2021 г. продолжался 94 дня при средней температуре –4,6 °С. В 2022 г. этот сезон был самым коротким – 79 дней при средней температуре –0,4 °С. Зима 2023 г. была холоднее на 4,2 °С и началась она на две недели раньше (табл. 9 и 10).

Начало фенологической зимы 2023 г. на один день не совпало с таковым в 2021 г. Эта зима оказалась самой продолжительной, несмотря на более высокий показатель средних температур (–1,8 °С), чем в 2021 г. (–4,6 °С).

Календарные зимние сезоны по температурному показателю стабилизировались в 2022–2023 гг. и в целом за три года средняя температура составила –2,0 °С (табл. 11).

По фенологическим среднетемпературным показателям такого равного повышения температур не наблюдалось, но потепление заметно (см. табл. 10, рис. 3).

Фенологическая зима 2023 г. оказалась холоднее зимы 2022 г. на 1,4 °С, но теплее зимы 2021 г. на 2,8 °С. Средний общий фенологический показатель зимних температур за три года составил –2,3 °С, что на 0,3 °С ниже, чем в среднем общая температура календарной зимы. В целом, за исключением 2022 г., фенологические зимы на территории ПГРЭЗ оказались холоднее зим календарных. Самая холодная и фенологическая (–4,6 °С), и календарная (–3,9 °С) зима была в 2021 г., а самыми теплыми – фенологическая (–0,4 °С) в 2022 г. и календарная (–1,3 °С) в 2022–2023 гг. (см. табл. 10 и 11).

Применив пакет Microsoft Excel удалось получить довольно показательные и достоверные полиномиальные линии тренда с коэффициентами детерминации превышающими 0,8. Тренд общих средних фенологических и календарных зимних температур указывает на потепление относительно средней многолетней (–3,7 °С) зимней температуры на 1,4 и 1,7 °С соответственно. (см. рис. 3).

Таблица 9. Показатели продолжительности фенологических сезонов в 2021–2023 годах

Сезон	Год					
	2021		2022		2023	
	Период	Количество дней	Период	Количество дней	Период	Количество дней
Зима	18.11.2020– 20.02.2021	94	01.12.2021– 17.02.2022	79	19.11.2022– 24.02.2023	98
Весна	21.02.2021– 23.05.2021	92	18.02.2022– 20.05.2022	91	25.02.2023– 13.05.2023	78
Лето	24.05.2021– 12.09.2021	112	20.05.2022– 08.09.2022	112	14.05.2023– 11.09.2023	121
Осень	13.09.2021– 30.11.2021	79	09.09.2022– 18.11.2022	71	12.09.2023– 21.11.2023	71
Весь фенологический год	18.11.2020– 30.11.2021	377	01.12.2021– 18.11.2022	353	19.11.2022– 21.11.2023	368

Таблица 10. Средние показатели температур фенологических сезонов в 2021–2023 годах

Сезон	Год			Общая средняя температура за сезон
	2021	2022	2023	
Зима	–4,6	–0,4	–1,8	–2,3
Весна	5,9	5,6	5,8	5,8
Лето	19,0	18,0	19,0	18,7
Осень	7,3	8,7	8,8	8,3
Средняя температура за фенологический год	6,9	8,0	8,0	7,6

Таблица 11. Средние показатели температур календарных сезонов в 2021–2023 годах

Сезоны	Года			Общая средняя температура за сезон
	2021	2022	2023	
Зима	–3,3	–1,3	–1,3	–2,0
Весна	7,5	7,0	9,3	7,9
Лето	21,2	20,5	20,2	20,6
Осень	7,4	7,7	9,6	8,2
Средняя температура за год	8,2	8,5	9,5	8,7

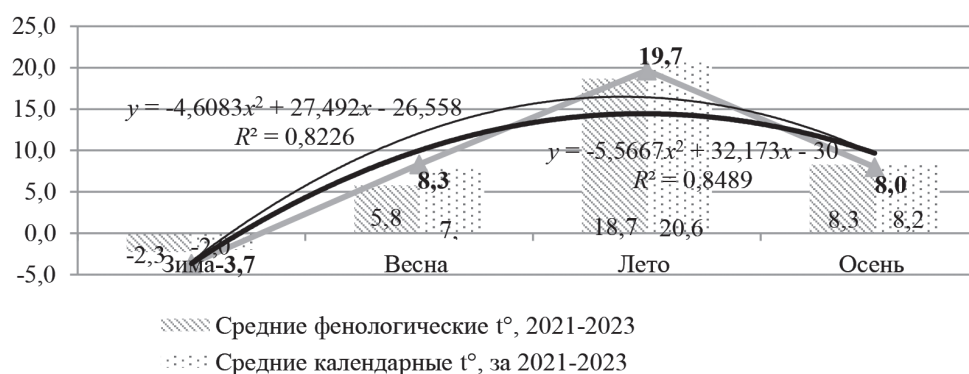


Рис. 3. Взаимосвязь средних фенологических, календарных и многолетних температур

Потепление зимой в северном полушарии при рассмотрении календарных температур отмечают и другие исследователи [11–14].

На территории ПГРЭЗ фенологическая зима длилась 79–98 дней, а средняя ее продолжительность составила 90 дней.

Фенологическая весна в среднем начинается 21 февраля, наиболее раннее ее наступление отмечено 18 февраля 2022 г. и позднее – 25 февраля 2023 г. Разбежка крайних значений начала весны составила 7 дней. Продолжительность фенологической весны в среднем составила 87 дней с минимумом (78 дней) в 2023 г. и максимумом (92 дня) в 2021 г.

По температурному режиму фенологические весны отличались на 0,2–0,3 °С, а их средняя температура составила 5,8 °С. Средняя общая температура календарной весны оказалась на 2,1 °С выше весны фенологической и составила 7,9 °С. Разбежка средних температур календарных весен составила 2,3 °С: от 7,0 °С в 2022 г. до 9,3 °С в 2023 г. (см. табл. 10 и 11). Тренд и фенологических, и календарных общих средних весенних температур показал на похолодание: фенологических – на 2,5 °С, а календарных – на 0,4 °С (см. рис. 3).

Фенологическое лето в заповеднике наступает в среднем 19 мая, самым ранним (14 мая) оно оказалось в 2023 г. и поздним (24 мая) – в 2021 г. Разбежка составила 10 дней. Заканчивается этот фенологический сезон в начале календарной осени в среднем 10 сентября. Параметры между крайними сроками окончания лета составили всего 4 дня (см. табл. 9).

Из всех фенологических сезонов лето оказалось самым долгим – в среднем 115 дней. Более продолжительным оно было в 2023 г. – 121 день, что на 9 дней больше, чем в два предыдущих года (см. табл. 9). По-видимому, столь резкое увеличение продолжительности лета является своеобразной аномалией, так как два предыдущих сезона были стабильны, однако увеличение лета на два дня за 30-летний период отмечено на востоке Русской равнины [12].

В термическом плане летний фенологический сезон оказался стабильным, однако с понижением на 1 °С в середине исследуемого трехлетнего периода. Средняя температура этого фенологического сезона составила 18,7 °С.

Календарное же лето за данный трехлетний период показывает понижение температур в 2021 г. на 0,7 °С (2022 г.) и 0,3 °С (2023 г.). Однако средняя общая температура календарного лета (2021–2023 гг.) составила 20,6 °С, что на 1,9 °С выше лета фенологического и на 0,9 °С выше средних многолетних значений (см. рис. 3).

Из четырех сезонов года фенологическая осень оказалась самой короткой, ее средняя продолжительность составила 74 дня. Осенние сезоны 2022 и 2023 гг. по продолжительности совпали (71 день) и оказались на 8 дней короче, чем в 2021 г. Закончился осенний сезон в среднем 23 ноября с разбежкой в 12 дней. Раннее окончание осени отмечено 18 ноября 2022 г. и позднее – 30 ноября 2021 г.

Термически у фенологической осени отмечалось потепление и стабилизация в 2022–2023 гг., ее средняя общая температура составила 8,3 °С.

Календарная же осень от года к году становилась теплее, со средней трехлетней температурой рассматриваемого периода 8,2 °С, но она оказалась на 0,1 °С холоднее фенологической осени (см. табл. 10 и 11) из-за того, что закончился в среднем на неделю позже.

Средняя общая температура фенологической и календарной осени также, как и зимние тренды, указывает на изменение температур в сторону их повышения относительно средних многолетних значений на 0,3 °С и 0,2 °С (см. рис. 3).

За анализируемый трехлетний период фенологический год в среднем длился 367 дней. Самый короткий (353 дня) был в 2022 г. и самый длинный (377 дней) в 2021 г.

Таким образом, в 2021–2023 гг. отмечены повышение и стабилизация фенологических общих среднегодовых температур из-за потепления зимнего и осеннего сезонов с общей средней температурой 7,6 °С. Средняя годовая календарная температура возрастала от 0,3 до 1,0 °С и в среднем составила 8,7 °С, что выше общей фенологической на 1,1 °С.

Заключение. В целом фенологические сезоны оказались холоднее сезонов календарных, что связано с тем, что они наступают несколько раньше. Природные феноиндикаторы чутко реагируют на происходящие в природе изменения и откликаются на них в рамках запрограммированных эволюцией условий среды обитания и необходимых параметров погоды, основными из которых являются температура воздуха, температура почвы и режим увлажнения. Особенно наглядно это проявилось в 2023 г. Из-за очень теплой второй половины января был запущен процесс пробуждения природы и наблюдаемые растения-индикаторы зацветали раньше, несмотря на то что в этот период были несколько меньшие температуры, чем в предыдущие годы. Таким образом, на сроки цветения деревьев и кустарников заповедника оказывают влияние не только или не столько температуры непосредственно перед началом цветения, но в большей степени продолжительность вегетационного периода.

При дальнейшем потеплении климата на территории ПГРЭЗ лето будет увеличиваться, а три остальных сезона – сокращаться.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность сотрудникам Научного отдела радиационно-экологического мониторинга за оказанную помощь в сборе полевого материала: А. А. Баленок, В. В. Головешкину, Р. А. Ненашеву, А. А. Карандевичу, Л. П. Каримовой, П. А. Черняк.

Список использованных источников

1. Глобальное изменение климата и его последствия / Л. В. Бондаренко, О. В. Маслова, А. В. Белкина, К. В. Сухарева // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2018. – № 2 (98). – С. 84–93.
2. Снакин, В. В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность / В. В. Снакин // Жизнь земли. – 2019. – Т. 41, № 2. – С. 148–164.
3. Филонов, К. П. Летопись природы в заповедниках СССР: метод. пособие / К. П. Филонов, Ю. Д. Нухимовская. – М.: Наука, 1990. – 144 с.
4. Федотова, В. Г. Фенологические сезоны в Санкт-Петербурге / В. Г. Федотова, Л. П. Достоевская // Биосфера. – 2013. – № 4. – С. 436–449.
5. Терентьева, Е. Ю. Методы феномониторинга / Е. Ю. Терентьева. – Екатеринбург: [Б. и.], 2008. – 179 с.
6. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Ин-т геол. наук АН Беларуси, 1996. – 235 с.
7. Кулыгин, А. А. Влияние температурных условий на ход цветения древесных и кустарниковых пород / А. А. Кулыгин // Лесной журнал. – 1986. – № 5. – С. 107–109.
8. Анализ изменений сроков сезонных явлений у древесных растений заповедника Столбы в связи с климатическими факторами / Т. М. Овчинникова, В. А. Фомина, Е. Б. Андреева [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – № 1–2. – С. 54–59.
9. Минин, А. А. Гомеостатические реакции растений на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты / А. А. Минин, А. В. Воскова // Онтогенез. – 2014. – Т. 45, № 3. – С. 162–169.
10. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части Европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* EHRLH. (*B. Pendula* ROTH.)), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill) / А. А. Минин, Э. Я. Ранькова, Е. Г. Рыбина [и др.] // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2016. – Т. 28, № 3. – С. 5–22.
11. Бобрецов, А. В. Влияние глобального изменения климата на фенологию растений и животных Печоро-Илычского заповедника / А. В. Бобрецов, Т. К. Тertiца, В. П. Теплова // Природные и исторические факторы формирования современных экосистем Среднего и Северного Урала: материалы докл. шк.-конф., Респ. Коми, пос. Якша, 13–17 марта 2017 г. – Якша: Изд-во Печоро-Илычского заповедника, 2017. – С. 25–30.
12. Шихова, Т. Г. Динамика границ фенологических сезонов на востоке Русской равнины / Т. Г. Шихова, А. Н. Соловьев // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2021, Т. 163, кн. 2. – С. 289–301.
13. Фокина, Н. В. Динамика климата и изменение фенологических сезонов года заповедника «Столбы» / Н. В. Фокина, Н. А. Лигаева, Л. В. Бусыгина // Вестник Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. – 2013. – № 24. – С. 228–231.
14. Любов, М. С. Влияние климатических изменений на динамику фенологических процессов в Нижегородском Правобережье / М. С. Любов, О. И. Недосеко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2022. – № 4. – С. 78–94.

Поступила 03.06.2024