

## ОСОБЕННОСТИ ФЕНОЛОГИИ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ НА СЕВЕРНОМ И ЮЖНОМ ПРЕДЕЛЕ ИХ АРЕАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИОННОГО СТРЕССА

Н.Р. Сунгурова<sup>1✉</sup>, Г.А. Солтани<sup>2</sup>, С.Р. Страдаускене<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), Россия, 163002, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, д. 17

<sup>2</sup>ФГБУ «Сочинский национальный парк», Россия, 354002, г. Сочи, Курортный проспект, д. 74

n.sungurova@narfu.ru

Приведен анализ процессов роста и фенологического развития растений. Рассмотрены древесные и кустарниковые виды, произрастающие на северном и южном пределе их ареалов: ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), липа американская (*Tilia Americana* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.) в дендрологических садах Архангельска и Сочи. Зафиксированы фенологические даты сезонного развития данных видов и предложены рекомендации по использованию изучаемых интродуцентов в системе озеленения городов. Установлено, что сирень венгерская успешно растет и плодоносит на северной границе интродукции и имеет балл зимостойкости I, в то время как в субтропическом климате этот вид хотя и формирует генеративные органы, однако находится в угнетенном состоянии. Выявлено, что туя западная в условиях Архангельска цветет очень редко, не образует доброкачественных семян, вымерзает в суровые зимы, а в субтропиках широко используется в системе озеленения городов и в топиарном искусстве.

**Ключевые слова:** интродуценты, озеленение, фенология, наблюдения, вегетационный период, фазы роста и развития, древесные виды

**Ссылка для цитирования:** Сунгурова Н.Р., Солтани Г.А., Страдаускене С.Р. Особенности фенологии древесных видов на северном и южном пределе их ареалов в условиях интродукционного стресса // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 2. С. 49–58. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-2-49-58

Древесные растения в городах выполняют множество функций: эстетическую — оформление населенных мест, где деревья и кустарники являются частью объекта или самим объектом садово-паркового искусства, санитарно-гигиеническую — защита урбанистической среды от пыли, шума, солнечной радиации, фитонцидного обогащения, поглощения диоксида углерода и оксида серы, выделения кислорода и т. п., микроклиматическую — регулирование влажности воздуха и почвы, изменение температурного режима, уменьшение скорости ветра и т. д. [1–8].

Для анализа адаптационных возможностей высаживаемых видов и сортов к новым условиям обитания, определения возможности планомерного использования растений в системе озеленения городов используют интродукционную фенологию с фиксацией фенодат при визуальном наблюдении [9, 10].

Фенология является составной частью программы исследуемых интродукционных видов, разработанной Советом ботанических садов России.

Для понимания сущности процессов адаптации изучаемых интродуцентов к новым лесоводственно-экологическим условиям необходимо исследование закономерностей их сезонного ритма,

так как реакция растений при переносе их в эти новые условия оказывается различной для отдельных видов и сказывается на габитусе и сезонном развитии, например на календарных датах начала и окончания вегетационного периода [11–14].

Поэтому очень важно изучить возможность произрастания инорайонных пород в конкретных почвенно-климатических условиях и провести отбор перспективных видов для озеленения, что позволит создавать ценнейшие интродукционные объекты.

### Цель работы

Цель работы — сравнительное изучение особенностей развития древесных и кустарниковых видов в зависимости от географического местоположения — в умеренно-континентальной и субтропической климатических зонах (северном и южном направлениях).

### Материалы и методы

Для изучения фенологических особенностей подобраны древесные растения, отличающиеся по жизненной форме, виду и продолжительности жизни листвы: ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), липа американская (*Tilia Americana* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.),

произрастающие в дендрологических садах Архангельска (умеренно-континентальный климат) и Сочи (субтропическая климатическая зона). Благодаря ступенчатой интродукции именно эти виды являются связующим звеном данных дендрариев.

**Ель колючая (*Picea pungens* Engelm.).** Родина — скалистые горы Северной Америки. Успешно растет на севере и юге России, достигает в дендрологическом саду Архангельска к 20 годам высоты 5 м, в дендрологическом саду Сочи в этом же возрасте — 8 м. Созревание семян в зоне умеренно континентального климата начинается с 25 лет, в субтропиках — с 20 лет. Обильные урожаи повторяются через 3–4 года. После суровых зим может наблюдаться покраснение хвои, что положительно сказывается на декоративности вида. Устойчива к стресс-факторам города — пыли, дыму и газу. На юге страдает от недостатка влаги, поэтому требуется регулярный обмыв крон. Летучие фитонциды и выделяемые эфирные масла растения оказывают успокаивающее действие, способствуют снятию стрессовых состояний [15]. Ель колючая способна поглощать тяжелые металлы из почвы. Согласно исследованиям Н.А. Бабича и др. [1] в ассимиляционном аппарате данного интродуцента содержится свинца 0,63 мг/кг, кадмия 0,06, цинка 74,69. Поэтому вид включают в основной ассортимент древесно-кустарниковой растительности и высаживают у парадных входов в административные здания, на театральные и привокзальные площадях, у лечебных учреждений, на приусадебных участках, а также включают в придорожные лесополосы.

**Туя западная (*Thuja occidentalis* L.).** Родина — восточные районы Северной Америки. В культуре растет в виде кустарника или деревца, достигает в дендрологическом саду Архангельска в 15 лет высоты 2,2 м, в дендрологическом саду Сочи в 10 лет — 7 м. Туя западная в условиях Севера цветет очень редко, не образует доброкачественных семян, потому как развитие этого интродуцента не укладывается в изменившийся вегетационный период в связи с недостаточным количеством солнечной радиации, необходимым для прохождения генеративного цикла [16]. В свою очередь, на юге нашей страны наблюдается ежегодное цветение туи западной, она здесь к тому же хорошо переносит городские условия. При создании парков и скверов тую высаживают в виде живых изгородей, группами или одиночно. Тую западную широко используют в топиарном искусстве, включают в декоративный (редкого использования) ассортимент древесно-кустарниковой растительности. В садово-парковом строительстве Архангельска туя практически не применяется.

**Липа американская (*Tilia Americana* L.).** Родина — восток Северной Америки. В дендроло-

гическом саду Архангельска в возрасте 45 лет высота деревьев достигает 7 м, в дендрологическом саду Сочи в возрасте 15 лет — 10 м. В дендрологическом саду Архангельска в отличие от субтропического климатического пояса имеет семена низкого качества. Хорошие и обильные урожаи наблюдаются через 5 лет и более. Липа американская отличается высокой декоративностью и устойчивостью к городским стресс-факторам, хотя в суровую зиму могут подмерзать молодые побеги. Поздневесенние и раннелетние заморозки повреждают тронувшиеся в рост побеги, отрицательно влияют на бутонизацию растения, поэтому применение данного вида в системе озеленения Архангельской обл. можно рекомендовать для ее южных районов в качестве обогащения основного ассортимента древесно-кустарниковой растительности.

**Сирень венгерская (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.).** Естественно произрастает в горных смешанных лесах, Украине и Румынии. Это кустарник высотой до 5 м с направленными вверх густо разветвленными коричнево-серыми ветвями. Как в дендрологическом саду Архангельска, так и в дендрологическом саду Сочи начинает плодоносить с 3–4 лет. Семена отличаются хорошим качеством. Обильные урожаи повторяются через 2–3 года. Сирень венгерская благодаря компактной форме кроны, обильному цветению, высокой фитонцидности, устойчивости к городским условиям можно успешно применять в системе озеленения Архангельска в виде одиночных или групповых посадок на газонах, либо живой изгороди и т. д. В дендрологическом саду Сочи сирень венгерская хотя и проходит весь цикл развития, однако не развивается должным образом — у нее малое количество листы, недоразвита крона, слабое цветение и плодоношение (1 балл по шкале В.Г. Каппера). Соцветия мелкие. Растения ослаблены и часто повреждаются тлей. С наступлением фенологической фазы — появления первых листьев — у данного интродуцента активизируется пылефильтрующая способность. По шкале пылеулавливания [17] сирень венгерская относится ко второй категории с пылефильтрующей способностью, адсорбирующей 0,3...0,6 г/м<sup>2</sup>. Сирень венгерская обладает способностью поглощать тяжелые металлы. Данные Н.А. Бабича, О.С. Залывской и Г.И. Травниковой [1] свидетельствуют о том, что в фотосинтезирующем аппарате данного интродуцента, произрастающего в урбанизированных зонах, присутствует свинец в количестве 0,97 мг/кг, кадмий — 0,03, цинк — 55,14 мг/кг.

Краткая характеристика природных условий района расположения дендрариев приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1  
**Природные условия дендрологических садов  
 Сочи и Архангельска**

Natural conditions of the arboretum gardens of Sochi and Arkhangelsk

Характеристика	Дендрологический сад	
	Сочи	Архангельск
Температура воздуха, °С		
среднегодовая	+14,2	+0,8
абсолютный минимум	-13,4	-49,1
абсолютный максимум	+39,4	+34,0
среднемесячная в январе	+6,0	-12,5
среднемесячная в июле	+23,2	+15,6
Годовое количество осадков, мм	1684	494
Продолжительность вегетационного периода, дней	317	110

Приоритетным методом исследования инорайонных видов считается сравнительное изучение ритмов сезонного роста, которое направлено на определение сроков прохождения различных фаз развития растений, оценку декоративности, устойчивости, продуктивности в условиях урбанизированной среды. При проведении фенологических наблюдений пользовались методиками Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина Российской академии наук

(ГБС РАН) [18], П.М. Малаховца и В.А. Тисовой [19], а также учитывали другие методические рекомендации [20–23]. Сумму накопленных эффективных температур рассчитывали согласно практическим рекомендациям А.П. Лосева [24]. Суммировали среднесуточные температуры воздуха выше +5 С (для древесно-кустарниковых видов) за определенный промежуток времени для установления прохождения растениями определенной фенологической фазы.

В ходе изучения роста побегов фиксировали начало и окончание роста, закладку верхушечной почки. С южной стороны растения подбирали и помечали 5...10 модельных побегов. На каждом побеге краской делали отметку у основания верхушечной почки, от которой с точностью до 1 мм с интервалом 5 сут линейкой измеряли длину побега в течение всего периода роста.

Для определения зимостойкости исследуемых интродуцентов использована шкала ГБС РАН [18].

Обилие цветения и плодоношения устанавливали по шкале В.Г. Каппера [25].

Весь диапазон данных, полученных за три вегетационных периода, обработан с помощью пакета программ Microsoft Excel с 95%-м уровнем надежности.

Фазы сезонного развития изучаемых пород наглядно представлены на рисунке.



Фазы сезонного развития изучаемых пород: а — Ель колючая; б — Липа американская; в — Туя западная; з — Сирень венгерская; 1 — зимний покой; 2 — набухание почек; 3 — распускание почек; 4 — разворачивание листьев; 5 — цветение (пыление у ели и туи)

Phases of seasonal development of the studied breeds: а — *Picea pungens* Engelm.; б — *Tilia Americana* L.; в — *Thuja occidentalis* L.; з — *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rechb.; 1 — winter rest; 2 — bud swelling; 3 — bud budding; 4 — leaf unfolding; 5 — flowering (dusting in spruce and thuja)

**Средние сроки наступления фенологических фаз изучаемых видов и суммы эффективных температур в дендрологических садах Сочи и Архангельска**

The average timing of the onset of the phenological phases of the studied species and the sum of the effective temperatures in the arboretum gardens of Sochi and Arkhangelsk

Параметр	Дендрологический сад							
	Сочи				Архангельск			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Набухание почек календарная дата сумма эффективных температур, °С	12.04	13.04	26.03	28.03	21.05	24.05	11.05	10.05
	836	852	633	649	257	294	97	81
Конус листьев календарная дата сумма эффективных температур, °С	14.04	15.04	01.04	01.04	24.05	26.05	14.05	11.05
	872	885	682	682	294	323	150	97
Появление первых листьев календарная дата сумма эффективных температур, °С	15.04	17.04	04.04	05.04	01.06	30.05	18.05	16.05
	885	909	705	720	375	367	219	180
Цветение начало календарная дата сумма эффективных температур, °С конец календарная дата сумма эффективных температур, °С	15.04	05.05	17.05	14.05	10.06	–	11.07	25.06
	885	1170	1399	1328	447	–	1034	692
	20.04	16.05	26.05	29.05	16.06	–	20.07	02.07
	939	1373	1579	1646	523	–	1194	795
Созревание плодов календарная дата сумма эффективных температур, °С	30.08	28.08	14.09	16.08	29.09	–	01.11	08.10
	3940	3889	4291	3581	2284	–	2369	2306
Появление осенней окраски листьев календарная дата сумма эффективных температур, °С	–	–	02.11	30.10	–	–	01.10	03.10
	–	–	5190	5158	–	–	2292	2292
Листопад начало календарная дата сумма эффективных температур, °С конец календарная дата сумма эффективных температур, °С	–	–	09.11	10.11	–	–	03.10	18.10
	–	–	5311	5329	–	–	2299	2357
	–	–	20.11	19.11	–	–	18.10	20.10
	–	–	5488	5474	–	–	2357	2357

Примечание: 1 — Ель колючая *Picea pungens* Engelm.; 2 — Туя западная *Thuja occidentalis* L.; 3 — Липа американская *Tilia Americana* L.; 4 — Сирень венгерская *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.

## Результаты и обсуждение

Сроки наступления фенологических фаз исследуемых видов варьируют в различные вегетационные периоды в зависимости от погодных условий текущего года. Средние показатели наступления фенофаз и суммы эффективных температур (начиная с набухания почек и заканчивая массовым опадением листьев) за три вегетационных периода 2017–2019 гг. приведены в табл. 2.

Анализ результатов фенологических наблюдений показал, что в зоне умеренно-континентального климата вегетационный период изучаемых голосеменных интродуцентов наступает 21–24 мая при сумме накопленных эффективных температур 257...294 °С. В зоне субтропиков эти виды начинают вегетацию 12–13 апреля, когда сумма эффективных температур составляет 836...852 °С.

Исследуемые покрытосеменные виды начинают выходить из стадии зимнего покоя раньше

хвойных на 11...13 сут, когда показатель накопленных эффективных температур варьирует от 81 до 97 °С (Архангельск) и от 633 до 649 °С (Сочи). Отметим, что за полярным кругом — в г. Мурманске — разворачивание почек у сирени венгерской начинается 23.05–01.06 при сумме положительных температур 81,8...236 °С [26].

Точно также у покрытосеменных интродуцентов раньше в среднем на две недели наступает фенологическая фаза появления первых листьев. На южном пределе их ареала данная фаза фиксируется в первой декаде апреля, на северном — во второй декаде мая. При этом сумма эффективных температур составляет соответственно 705...720 °С и 180...219 °С. В целях понимания биоэкологических особенностей интродуцентов для последующего использования их в озеленении городов необходимо изучение их сезонных ритмов.

У древесных видов побеги начинают расти в зависимости от биологических особенностей расте-

## Генеративное развитие исследуемых древесных видов и оценка их зимостойкости

## Generative development of the studied tree species and assessment of their winter hardiness

Название вида	Вегетирует		Цветет		Плодоносит		Признаки зимостойкости	Зимостойкость в баллах
	А	С	А	С	А	С		
Ель колючая <i>Picea pungens</i> Engelm.	+	+	+	–	+	–	не обмерзает	I
Туя западная <i>Thuja occidentalis</i> L.	+	+	+	+	–	+	однолетние побеги обмерзают на 50...100 % длины	III
Липа американская <i>Tilia Americana</i> L.	+	+	+	+	+	+	однолетние побеги обмерзают не более 50 % длины	II
Сирень венгерская <i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb.	+	+	+	+	+	+	не обмерзает	I

*Примечание.* А — Архангельск, дендрологический сад; С — Сочи, дендрологический сад.

ний и суммы эффективных весенних температур. Например, побеги сирени на Севере трогаются в рост в среднем 21–25 мая при сумме эффективных температур 235 °С (к примеру, в Красноярске — 6 мая [27], в Карелии — 20 мая [28]); побеги липы — при сумме эффективных температур 263 °С — 6–10 июня.

Активный рост побегов ели колючей в дендрологическом саду Архангельска длится в среднем  $14 \pm 4$  сут (например, в Республике Адыгея — 53 сут [29]), липы —  $40 \pm 7$  сут. Причем в сутки интенсивность роста побегов у ели колючей составляет  $1,8 \pm 0,20$  мм, у липы —  $4,2 \pm 0,31$ , у сирени —  $4,8 \pm 0,34$  мм.

Цветение туи западной в условиях Севера наблюдается очень редко, один раз в 10–12 лет, иногда реже [19]. Массовое пыление туи западной в дендрологическом саду Сочи наблюдается в среднем в период с 25 апреля по 06 мая, а в Республике Адыгея, например, по данным Е.А. Кучинской [29], с 19 марта по 9 апреля.

Пыление ели колючей в дендрологическом саду Сочи наблюдается во второй половине апреля при накоплении суммы эффективных температур 885 °С, а в дендрологическом саду Архангельска — в середине июня при достижении суммы эффективных температур 447 °С. В Республике Адыгея [29] данная фенологическая фаза рассматриваемого вида укладывается в период 30 апреля — 6 мая. В Дендрарии Поволжского государственного технологического университета ель колючая начинает пыление 29 мая [30].

Цветение липы американской и сирени венгерской на северной границе интродукции менее продолжительно (9 и 8 сут соответственно), чем на южной (10 и 16 сут). Для прохождения данной фенологической фазы в районах с умеренно континентальным климатом требуется сумма эффективных температур 692...1034 °С; в субтропических — 1328...1399 °С. Продолжительность

цветения сирени венгерской в Южно-Уральском ботаническом саду-институте Уфимского федерального исследовательского центра РАН (УФИЦ РАН) составляет  $12,6 \pm 2,44$  сут [31], в парках Мурманска 7–16 сут [26].

Одной из первых пород, у которой начинают созревать плоды, является сирень венгерская. Массовое созревание плодов у данного интродукта на южном пределе своего ареала отмечается во второй декаде августа. В то время как на Севере наступление данной фенофазы у сирени зафиксировано 8 октября. Следующими видами, примерно одновременно вступающими в эту фенологическую фазу, являются ель колючая и туя западная в дендрологическом саду Сочи. У липы американской созревание плодов происходит позднее по сравнению с другими интродуктами, выбранными для исследований: на южном пределе ее ареала — 14.09, на северном — 01.11.

Листопад у покрытосеменных видов в дендрологическом саду Архангельска протекает в более короткие сроки и наблюдается при сумме эффективных температур в пределах 2299...2357 °С, Сочи — 5311...5488 °С.

Проведенные исследования показывают приспособленность исследуемых пород к экстремальным условиям как Севера, так и субтропиков при интродукционном стрессе. У всех интродуктов наблюдается полный цикл развития, за исключением туи западной, произрастающей в дендрологическом саду Архангельска. Здесь она не формирует репродуктивные органы (табл. 3). Самым главным лимитирующим фактором выступает тепло.

Одним из основных биологических признаков, устанавливающих успешность интродукции на Севере, является зимостойкость растений (см. табл. 3). Зимостойкость, оцененная наивысшим баллом 1, характерна для ели колючей и сирени венгерской. Это свидетельствует о том, что ель и сирень перезимовывают без повреждений.

## Фенологический календарь изучаемых видов по декадам месяца

## Phenological calendar of the studied species by a third of the month

Место исследования	Март			Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
<i>Ель колючая Picea pungens Engelm.</i>																										
Архангельск																										
Сочи																										
<i>Туя западная Thuja occidentalis L.</i>																										
Архангельск																										
Сочи																										
<i>Липа американская Tilia Americana L.</i>																										
Архангельск																										
Сочи																										
<i>Сирень венгерская Syringa josikaea J. Jacq. ex Rchb.</i>																										
Архангельск																										
Сочи																										
Набухание почек							Цветение (пыление)							Созревание плодов												
Конус листьев							Появление осенней окраски листьев							Период вегетации растения												
Появление первых листьев							Листопад							Период покоя												

Анализ фенологических наблюдений показывает, что прохождение всего цикла вегетации от фазы набухания почек до созревания плодов у голосеменных и окончания листопада у покрытосеменных наиболее растянут в субтропическом поясе. Например, у сирени венгерской продолжительность вегетационного периода в дендрологическом саду Архангельска составляет 164 сут, сумма накопленных эффективных температур — 2276 °С, в то время как в дендрологическом саду Сочи у сирени венгерской период вегетации длится 237 сут, сумма накопленных эффективных температур за это промежуток времени составляет 4825 °С. Для сравнения, например, в Мурманске продолжительность вегетационного периода сирени венгерской составляет 123–136 сут [26], в Тюмени — 175–225 сут [31].

Что касается голосеменных, то здесь различия в вегетации не такие явные. Календарный период прохождения всех фенологических фаз у ели колючей на Севере равен 132 сут, на юге — 141 сут, сумма эффективных температур за это время составила соответственно 2027 и 3104 °С.

В условиях влажных субтропиков России стресс-факторами для сирени венгерской и ели колючей являются переувлажнение почв в зимний период и их пересыхание в летний. Эти виды, хотя и произрастают в условиях юга нашей страны, но лучше развиваются в северных широтах. Два других исследуемых интродуцента, родиной происхождения которых является восточная часть Северной Америки (липа американская и туя западная), наоборот, «успешнее» растут на юге, чем на севере России. Туя западная в условиях Архангельска не цветет и не плодоносит, в суровые

зимы вымерзает. На южной границе интродукции туя широко используется в системе озеленения городов и в топиарном искусстве.

Все проанализированные фенофазы представлены в табл. 4 в виде фенологического календаря, где каждая фенофаза имеет свое цветовое обозначение. Календарь охватывает полный период вегетации растений и период покоя.

Такие календари можно использовать при подборе деревьев и кустарников для проектирования объектов ландшафтной архитектуры, чтобы добиться эстетической привлекательности сада. Например, включая в проект виды, цветущие в различные календарные периоды, отличающиеся тональностью и сроками осеннего расцветивания листвы, получают постоянно изменяющиеся живописные картины пейзажа. Можно установить периодичность плодоношения декоративных пород. Материалы фенологических наблюдений находят применение и в пчеловодстве при выборе пород-медоносов.

## Выводы

Анализ фенологических наблюдений показывает, что прохождение всего цикла вегетации от фазы набухания почек до созревания плодов у голосеменных и окончания листопада у покрытосеменных наиболее растянут в субтропическом поясе. У сирени венгерской продолжительность вегетационного периода в дендрологическом саду Сочи составляет 237 сут, сумма накопленных эффективных температур — 4825 °С, в дендрологическом саду Архангельска — 164 сут, сумма накопленных эффективных температур 2276 °С.

Определение календарных дат сезонного развития инорайонных видов, а именно начала и окончания вегетации, начала цветения и плодоношения всех изученных видов принесет практическую пользу организациям, занимающимся озеленением городов и населенных пунктов. Результаты исследований помогут при планировании и проведении работ по посадке, уходу и сбору плодов, а также по борьбе с болезнями растений.

## Список литературы

- [1] Бабич Н.А., Зальвская О.С., Травникова Г.И. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. 144 с.
- [2] Ivanova E.E., Bibich N.A. Evaluation of main parameters for the growth model of pine crops in the european north of Russia // *Journal of Agriculture and Environment*, 2022, no. 1 (21), at. no. 12.
- [3] Barrio I.C., Hik D.S. Herbivory in Arctic Ecosystems. *Encyclopedia of the World's biomes*. Oxford, Elsevier, 2020, pp. 446–456.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11791-9>
- [4] Duan M., House J., Chang S.X. Understory Plant Communities Vary with Tree Productivity in Two Reclaimed Boreal Upland Forest Types in Canada // *Forest Ecology and Management*, 2019, v. 453, art. 117577.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117577>
- [5] Cowett F., Bassuk N. Street Tree Diversity in Three Northeastern U.S. States // *Arboriculture & Urban Forestry*, 2017, v. 43, iss. 1, pp. 1–14.  
<https://doi.org/10.48044/jauf.2017.001>
- [6] Dover J.W. Introduction to Urban Sustainability Issues: Urban Ecosystem. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* / Eds. G. Pérez, K. Perini. Butterworth-Heinemann, 2018, pp. 3–15.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00001-X>
- [7] Ghafari S., Kaviani B., Sedaghatthoor Sh., Allahyari M.S. Ecological Potentials of Trees, Shrubs and Hedge Species for Urban Green Spaces by Multi Criteria Decision Making // *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, v. 55, art. 126824. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126824>
- [8] Hedayat K.M., Lapraz J.-C. Chapter 16 – Introduction to the Usage of Medicinal Plants. *The Theory of Endobiogeny. Vol. 1: Global Systems Thinking and Biological Modeling for Clinical Medicine* // Academic Press, 2019, pp. 255–266.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816903-2.00016-1>
- [9] Sjöman H., Hirons A.D., Bassuk N.L. Urban Forest Resilience through Tree Selection – Variation in Drought Tolerance in Acer // *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, v. 14, iss. 4, pp. 858–865.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.08.004>
- [10] Strimbeck G.R., Schaberg P.G., Fossdal C.G., Schröder W.P., Kjellsen T.D. Extreme Low Temperature Tolerance in Woody Plants // *Frontiers in Plant Science*, 2015, v. 6, art. 884. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00884>
- [11] Лапин П.И., Сиднева С.В. Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии // Бюл. ГБС АН СССР, 1988. Вып. 69. С. 14–21.
- [12] Kiehl K. Plant Species Introduction in Ecological Restoration: Possibilities and Limitations // *Basic and Applied Ecology*, 2010, v. 11, iss. 4, pp. 281–284.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baec.2010.02.008>
- [13] Łopucki R., Klich D., Kitowski I., Kiersztyn A. Urban Size Effect on Biodiversity: The Need for a Conceptual Framework for the Implementation of Urban Policy for Small Cities // *Cities*, 2020, v. 98, art. 1002590.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.1002590>
- [14] Maiti R., Rodriguez H.G., Ivanova, N.S. *Autecology and Ecophysiology of Woody Shrubs and Trees: Concepts and Applications*. UK, Wiley Blackwell, 2016, 352 p.  
<https://doi.org/10.1002/9781119104452>
- [15] Малаховец П.М., Тисова В.А. Декоративные деревья и кустарники на Севере. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2002. 127 с.
- [16] Малаховец П.М., Тисова В.А. Краткое руководство по озеленению северных городов и поселков. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2002. 108 с.
- [17] Наквасина Е.Н., Побирашкина Е.А. Комплексная оценка озеленительных полос вдоль транспортных магистралей г. Архангельска // *Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр.* Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. № 8. С. 93–98.
- [18] Методика фенологических наблюдений в Ботанических садах СССР // Бюл. ГБС АН СССР, 1979. Вып. 113. С. 3–8.
- [19] Малаховец П.М., Тисова В.А. Фенологические наблюдения за сезонным развитием деревьев и кустарников. Архангельск: АГТУ, 1999. 48 с.
- [20] Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л.: Наука, 1979. 97 с.
- [21] Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология. М.: МГУЛ, 2001. 528 с.
- [22] Буторова О.Ф. Интродукция растений рода *Fraxinus* в Ботаническом саду им. В.М. Крутовского // *Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений*. 2021. Т. 24. С. 15–16.
- [23] Холявко В.С., Глоба-Михайленко Д.А. Дендрология и основы зеленого строительства. М.: Высш. школа, 1980. 248 с.
- [24] Лосев А.П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства. СПб.: Гидрометеоздат, 1994. 246 с.
- [25] Редько Г.И., Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесные культуры. В 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / отв. ред. Г.И. Редько. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2018. 197 с.
- [26] Василевская Н.В., Морозова Д.А. Мониторинг роста и развития *Syringa josikaea* Jacq. Fil. в условиях Евро-Арктического региона (на примере г. Мурманска) // *Принципы экологии*. 2020. № 2. С. 4–16.
- [27] Козик Е.В., Сунцова Л.Н., Иншаков Е.М. Сезонное развитие древесных интродуцентов в урбозооэкосистемах // *Хвойные бореальной зоны*, 2009. Т. 26. № 2. С. 217–220.
- [28] Кищенко И.Т., Потапова М.Н. Развитие интродуцированных видов *Syringa (Oleaceae)* в условиях Карелии // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. 2014. № 2 (139). С. 15–18.
- [29] Кучинская Е.А. Влияние экологических факторов на сезонный ритм развития голосеменных интродуцентов Адыгеи // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2006. № 23. С. 303–311.
- [30] Лазарева С.М. Фенология видов рода *Picea (Pinaceae)* Ботанического сада-института // *SCI-ARTICLE.RU*, 2013. № 1. URL: <http://sci-article.ru/> (дата обращения 20.03.2021).
- [31] Видякина А.А., Семенова М.В. Фенологические наблюдения за развитием вегетативных и генеративных органов *Syringa josikaea* Jacq. в различных районах г. Тюмени // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтноведения*, 2009. № 9. С. 142–145.

## Сведения об авторах

**Сунгурова Наталья Рудольфовна**<sup>✉</sup> — д-р с.-х. наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Высшей школы естественных наук и технологий, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), n.sungurova@narfu.ru

**Солтани Галина Александровна** — канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. ФГБУ «Сочинский национальный парк», soltany2004@yandex.ru

**Страздаускене Светлана Рудольфовна** — аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Высшей школы естественных наук и технологий, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), svsun@bk.ru

Поступила в редакцию 24.11.2022.

Одобрено после рецензирования 10.01.2023.

Принята к публикации 01.02.2023.

## TREE SPECIES PHENOLOGY AT NORTHERN AND SOUTHERN BORDERS OF THEIR HABITAT UNDER CONDITIONS OF INTRODUCTION STRESS

N.R. Sungurova<sup>1✉</sup>, G.A. Soltani<sup>2</sup>, S.R. Strazdauskene<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>FGBU «Sochi national Park», 74, Kurortny Prospekt, 354002, Sochi, Russia

n.sungurova@narfu.ru

Decorative types and varieties of trees and shrubs have long been widely used in the practice of gardening and landscape construction. Significant enrichment of the range of urban green spaces is possible due to the introduction of introduced plants. The arboretum garden is studying the possibility of growing non-district rocks in specific soil and climate conditions and selecting promising species for gardening, which will create valuable introduced objects. The processes of plant growth and phenological development are analyzed in detail. In this paper, tree and shrub species that grow on the Northern and southern borders of their introduction within the Russian Federation are selected. Observations were made in dendrological gardens in the cities of Arkhangelsk and Sochi. The phenological dates of seasonal development of these species are established and recommendations are given for the use of the studied introduced species in the urban greening system. It is established, for example, that Hungarian lilac grows successfully and bears fruit on the Northern border of introduction and has a winter hardiness score of I, while in subtropical climate this species, although it forms generative organs, has a depressed state. Western thuja in the conditions of Arkhangelsk does not bloom and does not bear fruit, it dies out in severe winters. On the southern border of its introduction, it is widely used in the urban greening system and in topiary art. The correct selection of species on the introduction site will allow you create a highly decorative, aesthetically charming, recreational-attractive, health-improving plantings.

**Keywords:** introduced species, gardening, phenology, observations, vegetation period, growth and development phases, tree species

**Suggested citation:** Sungurova N.R., Soltani G.A., Strazdauskene S.R. *Osobennosti fenologii drevesnyh vidov na severnom i uznom predele ih arealov v usloviyah introduktsionnogo stressa* [Tree species phenology at northern and southern borders of their habitat under conditions of introduction stress]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 2, pp. 49–58. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-2-49-58

## References

- [1] Babich N.A., Zalyvskaya O.S., Travnikova G.I. *Introducenty v zelyonom stroitel'stve severnyh gorodov* [The exotic species in green building in Northern cities]. Arkhangelsk: AGTU, 2008, 144 p.
- [2] Ivanova E.E., Bibich N.A. Evaluation of main parameters for the growth model of pine crops in the european north of Russia // *Journal of Agriculture and Environment*, 2022, no. 1 (21), at. no. 12.
- [3] Barrio I.C., Hik D.S. Herbivory in Arctic Ecosystems. *Encyclopedia of the World's biomes*. Oxford, Elsevier, 2020, pp. 446–456. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11791-9>
- [4] Duan M., House J., Chang S.X. Understory Plant Communities Vary with Tree Productivity in Two Reclaimed Boreal Upland Forest Types in Canada. *Forest Ecology and Management*, 2019, v. 453, art. 117577. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117577>



- [5] Cowett F., Bassuk N. Street Tree Diversity in Three Northeastern U.S. States. *Arboriculture & Urban Forestry*, 2017, v. 43, iss. 1, pp. 1–14. <https://doi.org/10.48044/jauf.2017.001>
- [6] Dover J.W. Introduction to Urban Sustainability Issues: Urban Ecosystem. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Eds. G. Pérez, K. Perini. Butterworth-Heinemann, 2018, pp. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00001-X>
- [7] Ghafari S., Kaviani B., Sedaghatthoor Sh., Allahyari M.S. Ecological Potentials of Trees, Shrubs and Hedge Species for Urban Green Spaces by Multi Criteria Decision Making. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020, v. 55, art. 126824. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126824>
- [8] Hedayat K.M., Lapraz J.-C. Chapter 16 – Introduction to the Usage of Medicinal Plants. *The Theory of Endobiogeny. Vol. 1: Global Systems Thinking and Biological Modeling for Clinical Medicine*. Academic Press, 2019, pp. 255–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816903-2.00016-1>
- [9] Sjöman H., Hiron A.D., Bassuk N.L. Urban Forest Resilience through Tree Selection – Variation in Drought Tolerance in Acer. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, v. 14, iss. 4, pp. 858–865. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.08.004>
- [10] Strimbeck G.R., Schaberg P.G., Fossdal C.G., Schröder W.P., Kjellsen T.D. Extreme Low Temperature Tolerance in Woody Plants. *Frontiers in Plant Science*, 2015, v. 6, art. 884. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00884>
- [11] Lapin P.I., Sidneva S.V. *Opredelenie perspektivnosti rasteniy dlya introduksii po dannym fenologii* [Determining the prospects of plants for introduction according to the data of phenology]. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden], 1988, v. 69, pp. 14–21.
- [12] Kiehl K. Plant Species Introduction in Ecological Restoration: Possibilities and Limitations. *Basic and Applied Ecology*, 2010, v. 11, iss. 4, pp. 281–284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.02.008>
- [13] Łopucki R., Klich D., Kitowski I., Kiersztyn A. Urban Size Effect on Biodiversity: The Need for a Conceptual Framework for the Implementation of Urban Policy for Small Cities. *Cities*, 2020, v. 98, art. 1002590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102590>
- [14] Maiti R., Rodriguez H.G., Ivanova, N.S. *Autoecology and Ecophysiology of Woody Shrubs and Trees: Concepts and Applications*. UK, Wiley Blackwell, 2016, 352 p. <https://doi.org/10.1002/9781119104452>
- [15] Malahovec P.M., Tisova V.A. *Dekorativnye derev'ya i kustarniki na Severe* [Decorative trees and shrubs in the North]. Arhangelsk, 2002, p. 127.
- [16] Malahovec P.M., Tisova V.A. *Kratkoe rukovodstvo po ozeleneniyu severnykh gorodov i poselkov* [Brief guide to greening Northern cities and towns]. Arhangelsk, 2002, p. 108.
- [17] Nakvasina E.N., Pobirashkina E.A. *Kompleksnaya otsenka ozelenitel'nykh polos vdol' transportnykh magistraley g. Arkhangel'ska* [Comprehensive assessment of landscaping strips along the transport highways of Arkhangelsk]. *Ekologicheskie problemy Severa: mezhevuz. sb. nauch. tr.* [Ecological problems of the North: interuniversity collection of scientific proceedings] Arhangel'sk: Izd-vo AGTU, 2005, no. 8, pp. 93–98.
- [18] *Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v Botanicheskikh sadakh SSSR* [Methods of Phenological Observations in the Botanical Gardens of the USSR]. *Byull. GBS AN SSSR*, 1979, v. 113, pp. 3–8.
- [19] Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Fenologicheskie nablyudeniya za sezonnym razvitiem derev'ev i kustarnikov* [Phenological observations of seasonal development of trees and shrubs]. Arhangelsk: AGTU, 1999, 48 p.
- [20] Bulygin N.E. *Fenologicheskie nablyudeniya nad drevesnymi rasteniyami* [Phenological observations on woody plants]. Leningrad: Nauka, 1979, 97 p.
- [21] Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow: MSFU, 2001, 528 p.
- [22] Butorova O.F. *Introduktsiya rasteniy roda Fraxinus v Botanicheskom sadu im. V.M. Krutovskogo* [Introduction of plants of the genus Fraxinus in the Botanical Garden V.M. Krutovskiy]. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy* [Fruit growing, seed production, introduction of woody plants], 2021, v. 24, pp. 15–16.
- [23] Kholyavko V.S., Globa-Mikhaylenko D.A. *Dendrologiya i osnovy zelenogo stroitel'stva* [Dendrology and fundamentals of green construction]. Moscow: Vyssh. shkola, 1980, 248 p.
- [24] Losev A.P. *Praktikum po agrometeorologicheskomu obespecheniyu rastenievodstva* [Practicum on agrometeorological support of crop production]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1994, 246 p.
- [25] Red'ko G.I., Merzlenko M.D., Babich N.A., Danilov Yu.I. *Lesnye kul'tury i zashchitnoe lesorazvedenie* [Forest cultures and protective afforestation]. Moscow: Akademiya, 2008, 400 p.
- [26] Vasilevskaya N.V., Morozova D.A. *Monitoring rosta i razvitiya Syringa josikaea Jacq. Fil. v usloviyakh Evro-Arkticheskogo regiona (na primere g. Murmanska)* [Monitoring of growth and development of Syringa josikaea Jacq. Fil. in the conditions of the Euro-Arctic region (on the example of Murmansk)]. *Principy ekologii*, 2020, no. 2, pp. 4–16.
- [27] Kozik E.V., Suntsova L.N., Inshakov E.M. *Sezonnoe razvitie drevesnykh introdutsentov v urboekosistemakh* [Seasonal development of wood introducents in urban ecosystems]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Coniferous boreal zone]. 2009, t. 26, no. 2, pp. 217–220.
- [28] Kishchenko I.T., Potapova M.N. *Razvitie introdutsirovannykh vidov Syringa (Oleaceae) v usloviyakh Karelii* [Development of introduced Syringa (Oleaceae) species in Karelia]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta], 2014, no. 2 (139), pp. 1518.
- [29] Kuchinskaya E.A. *Vliyaniye ekologicheskikh faktorov na sezonnyy ritm razvitiya golosemnykh introdutsentov Adygei* [Influence of environmental factors on the seasonal rhythm of development of gymnosperms introduced in Adygea]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. 2006, no. 23, pp. 303–311.
- [30] Lazareva S.M. *Fenologiya vidov roda Picea (Pinaceae) Botanicheskogo sada-instituta* [Phenology of species of the genus Picea (Pinaceae) Botanic Garden-Institute]. *SCI-ARTICLE.RU*, 2013, no. 1. Available at: <http://sci-article.ru/> (accessed 20.03.2021).

- [31] Vidyakina A.A., Semenova M.V. *Fenologicheskie nablyudeniya za razvitiem vegetativnykh i generativnykh organov Syringa josikaea Jacq. v razlichnykh rayonakh g. Tyumeni* [Phenological observations of the development of vegetative and generative organs *Syringa josikaea* Jacq. in various districts of Tyumen]. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftnovedeniya* [Bulletin of Ecology, Forest Science and Landscape Science], 2009, no. 9, pp. 142–145.

## Authors' information

**Sungurova Natal'ya Rudol'fovna** <sup>✉</sup> — Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, n.sungurova@narfu.ru

**Soltani Galina Aleksandrovna** — Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of the Sochi national Park, soltany2004@yandex.ru

**Strazdauskene Svetlana Rudol'fovna** — pg. of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, svsun@bk.ru

Received 24.11.2022.

Approved after review 10.01.2023.

Accepted for publication 01.02.2023.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article  
The authors declare that there is no conflict of interest