

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ФЕНОФАЗ ДЕНДРОИНТРОДУЦЕНТОВ В ШИРОТНОМ НАПРАВЛЕНИИ

О. С. Залывская, Н. А. Бабич, Ю. В. Александрова

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова
Российская Федерация, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17

Аннотация. Статья посвящена изучению фенологии древесных и кустарниковых пород в новых для них условиях.

Цель исследований – выявить различия в сроках наступления фенологических фаз инорайонных деревьев и кустарников в урбансистемах при движении в северном направлении. Объектами исследований стали дендроинтродуценты в городских насаждениях. Исследования проведены в 2002–2025 гг. Методология работы основана на общепринятых методиках по выявлению сезонных изменений у древесных пород. Сроки наступления фенофаз сопоставлялись применительно для Архангельской и Вологодской областей.

В результате получены данные скорости продвижения каждой фенологической фазы с юга на север на 1° географической широты. Выявлено, что скорость движения каждой фенофазы зависит от количества тепла, необходимого растению в данный период вегетации. Наибольшие различия феноритмов дендроинтродуцентов Архангельской и Вологодской агломерации проявляются в фазе «начало цветения» – 3,5 суток на 1° широты, наименьшее – в фазе «окончание листопада» – 0,3 суток на 1° широты в северном направлении.

Данные исследования являются частью теоретической основы введения интродуцентов на Север.

Ключевые слова: фенологический спектр, сезонное развитие, интродукция, дендроинтродуценты.

Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 5, P. 65–70

DEVELOPMENT DYNAMICS OF DENDROINTRODUCED PHENOPHASES IN THE LATITUDINAL DIRECTION

O. S. Zalivskaya, N. A. Babich, Yu. V. Aleksandrova

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk, Russian Federation

Annotation. Seasonal development of plants is the most important biological indicator of their relationship with the environment and is used to assess the adaptive capabilities of dendrointroducers.

The purpose of these studies is to identify differences in the timing of the onset of phenological phases of non-district trees and shrubs in urban systems when moving northward. The methodology of the work is based on generally accepted methods for detecting seasonal changes in tree species. The plants showed the duration of the growth period, the beginning and end of vegetation, the duration of foliage retention on trees and other phenological phases. The phase of bud swelling was taken as the beginning of the growing season, and the end of leaf fall was taken as the end. The timing of the onset of phenophases was compared for the Arkhangelsk and Vologda regions. The objects of research were non-district tree species of urban plantations. The research was conducted in 2002–2025. As a result, data on the rate of advance of each phenological phase when moving one degree north latitude were obtained.

The rate of advance of each phenophase at 1° latitude depends on the amount of heat required by the plant during this growing season. The greatest differences in the phenorhythms of dendrointroducers of the Arkhangelsk and Vologda agglomeration are manifested in the “beginning of flowering” phase – 3.5 days at 1° latitude, the smallest – in the “end of leaf fall” phase – 0.3 days at 1° latitude in the north direction.

These studies are part of the theoretical basis for introducing introductions to the North.

Keywords: Phenological spectrum, seasonal development, introduction, dendrointroduc-

ВВЕДЕНИЕ

При введении древесных пород в новые условия первостепенное значение имеют исследования их фенологии. Ученые-северяне в своих работах неоднократно обращались к тематике исследования сезонного развития интродуцентов [2; 3; 8–13; 16; 17; 19; 21; 22].

Естественно-климатические изменения и их связь с жизнедеятельностью растений при движении в южном направлении интересовали лесное хозяйство и ранее. Так, в работе П. Н. Львова и Л. Ф. Ипатова (1976) отмечается, что на 1° географической широты (что составляет около 111 км) средняя высота древо-

стоеv ельников и сосняков черничных возрастает почти на 1,5 м, а средний диаметр – на 1,7 см [14]. В работе И. В. Волосевича (1984) отмечается следующее: на каждый градус широты величина показателей суммы положительных температур, класса бонитета и текущего прироста подроста в высоту изменяется в процентном выражении на одинаковую величину [7]. В работе Н. Р. Сунгуревой и Д. Н. Клевцова (2021) выявлено, что по мере движения с юга на север запас фитомассы уменьшается на 4,5–5,3 т/га в зависимости от типов условий местопроизрастания на каждый градус по широте [20]. В работе Н. А. Березиной и Н. Б. Афанасьевой (2009) указывается, что в северном полушарии наступление у вида одной фенофазы при движении на север в среднем запаздывает на 4 дня на каждый градус широты [5].

Цель данных исследований – выявить различия в сроках наступления фенологических faz инорайонных деревьев и кустарников в урбанизированных системах при продвижении на север.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методология работы основана на общепринятых методиках по выявлению сезонных изменений древесных пород [6; 15; 18]. Объектами многолетних (2002–2025 гг.) исследований стали инорайонные древесные породы городских насаждений.

Сроки наступления фенофаз сопоставлялись применительно для Архангельской и Вологодской областей. Вычисляли коэффициент скорости продвижения на север каждой фенологической фазы, выражая его в км за сутки, а затем в км на 1° географической широты.

Представленные в работе температурные данные являются частью наших многолетних климатических и микроклиматических исследований в Архангельской агломерации на территории города и за его пределами. Аналогичные данные для Вологодской агломерации проанализированы нами за те же временные периоды (табл. 1).

По результатам статистической обработки данных ошибка среднего значения наступления фенофаз составила от 1 до 3 дней.

Таблица 1
Сравнительная характеристика климатических показателей исследуемых регионов

Параметр	г. Архангельск (наши данные)	г. Вологда [4]
Средняя месячная температура, °C		
самого теплого месяца (июля)	15,6	17,5
самого холодного месяца (января)	-11,01	-10,7
Годовая амплитуда температуры, °C	26,7	28,2
Абсолютный максимум температуры воздуха, °C	35,1	36,4
Абсолютный минимум температуры воздуха, °C	-47,0	-47,1
Годовая амплитуда (абсолютная), °C	82,1	83,5
Продолжительность периода (дни) со средней температурой, °C		
выше 5	138	159
выше 10	92	115
выше 15	33	54

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Индикаторами начала и окончания фенологических faz является наступление сезонных явлений в жизни растений. Феноисследованиями авторов охвачены породы, произрастающие в Архангельской агломерации. Фенодаты дендроинтродуцентов насаждений Вологодской агломерации представлены по опубликованным источникам [1; 4]. Средние многолетние даты для отдельных пород и в целом по группам приведены в табл. 2.

В качестве хвойной породы приведены данные для ели колючей как наиболее часто встречающейся породы в центральной части северных городов. Листственные деревья представлены яблоней ягодной и липой мелколистной, которые также являются широко распространенными в урбанизированных системах. Барбарис амурский и карагана древовидная применяются в жилых изгородях обоих городов.

В результате анализа проведенных исследований, очевидно, что все фенофазы в более южном пункте интродукции наступают раньше, чем в более северном. При этом наступление фенофазы набухание почек у некоторых видов лишь на 3 дня различается в сравниваемых регионах. Однако полное облистение в Вологодской агломерации наступает значительно раньше, чем в Архангельской.

Распускание листьев древесных и кустарниковых пород в г. Архангельске зафиксировано в третьей декаде мая и к началу июня облистение становится полным, в г. Вологде листья распускаются во второй декаде мая. Ель колючая, как и остальные хвойные породы Архангельской и Вологодской агломерации (сосна кедровая сибирская, ель обыкновенная, сосна обыкновенная), относится к видам, поздно начинающим и рано заканчивающим вегетацию.

Цветение древесных и кустарниковых пород в Архангельской области наступает значительно позже, чем в Вологодской, балл же цветения большинства инорайонных пород одинаков при сравнении его с аналогичными видами в данных регионах. В то же время значение балла плодоношения расходится у одних и тех же видов незначительно, а сроки плодоношения отличаются не более чем на неделю.

Таблица 2
Сезонное развитие инорайонных видов

Порода	Географическое местоположение	Распускание листьев	Цветение	Созревание плодов и семян		Листопад
				октябрь октябрь октябрь октябрь октябрь октябрь	октябрь октябрь октябрь октябрь октябрь октябрь	
Ель колючая	г. Вологда	24.04	30.04	11.05	21.05	16.05
	г. Архангельск	18.05	01.06	06.06	20.06	01.06
	Разница, сутки	24	31	25	29	19
Липа мелкопыльцевая	г. Вологда	03.05	08.05	11.05	28.05	24.06
	г. Архангельск	10.05	17.05	24.05	12.06	12.07
	Разница, сутки	7	9	13	15	18
Яблоня ягодная	г. Вологда	10.05	14.05	18.05	24.05	21.05
	г. Архангельск	13.05	17.05	24.05	12.06	10.06
	Разница, сутки	3	3	6	19	20
Барбарис амурский	г. Вологда	09.05	11.05	14.05	19.05	05.06
	г. Архангельск	20.05	25.05	01.06	11.06	10.06
	Разница, сутки	11	14	18	23	5
Карагана древовидная	г. Вологда	06.05	11.05	14.05	19.05	24.05
	г. Архангельск	09.05	18.05	22.05	06.06	02.06
	Разница, сутки	3	7	8	18	9

Более высокая пластичность кустарниковых форм и их толерантность к условиям окружающей среды подтверждается целым рядом исследований ученых-интродукторов [1–4; 16; 17; 19]. Большинство инорайонных видов имеют высокий балл плодоношения, семеношение же закономерно ниже и более изменчиво по годам. Плодоношение кустарников оценивается в 2 балла по шкале В. Г. Каппера, т. е. его интенсивность ниже, чем интенсивность цветения, что является закономерностью при интродукции на Север.

Осеннее расцвечивание проходит в обоих исследуемых регионах до наступления низких температур, но фенофаза начало листопада у кустарников происходит значительно раньше, чем у деревьев, как на севере Архангельской области, так и в г. Вологде, что свидетельствует об их более успешной и полной адаптации.

Метеоусловия каждого года напрямую влияют на сроки прохождения фенофаз древесными растениями. Так, жаркое лето 2010 года предопределило снижение балла плодоношения, а холодная весна 2017 года вызвала позднее вступление инорайонных видов в фазу цветения.

На сроки наступления и продолжительность фенофаз древесных и кустарниковых растений оказывает также воздействие изменение состава воздуха в городских условиях. Данное обстоятельство объясняет различия результатов феноисследований одного и того же вида в сходных климатических условиях в публикациях разных авторов.

Учитывая, что расстояние между городами Архангельск и Вологда по прямой линии составляет 592 км, вычисляем скорость продвижения фенологических изменений в северном направлении (табл. 3). За инди-

каторные фенофазы в данном анализе приняли основные этапы сезонных изменений в жизни древесных растений: набухание почек, начало цветения, массовое созревание плодов, появление осенней окраски листьев, конец листопада.

Анализируя полученные данные, отмечаем, что сезонное развитие древесных и кустарниковых пород в г. Вологде закономерно отличается от аналогичных показателей в г. Архангельске. При этом различия максимально достигают 3,5 суток на 1° широты в северном направлении (фенофаза «начало цветения»), минимальный показатель – 0,3 суток на 1° широты в северном направлении имеет фенофаза «окончание листопада».

Высокие показатели скорости продвижения у всех исследуемых лиственных пород демонстрирует фенофаза «окончание листопада», у хвойной породы ель колючая максимальные различия в скорости продвижения фенофаз при движении с юга на север демонстрирует фенофаза «массовое созревание плодов (семеношение)». Фенофаза «набухание почек» у всех исследуемых пород имеет минимальную скорость продвижения, то есть в Вологодской агломерации почки у деревьев и кустарников, используемых в озеленении набухают значительно раньше, чем в Архангельской.

Наши данные скорости продвижения фенофаз в северном направлении подтверждаются расчётами других исследователей. Так, М. М. Андронова (2021) утверждает, что средняя скорость продвижения с юга на север фенофазы зацветания дуба черешчатого на север составляет до 30 км в сутки [1].

Представленные исследования являются частью теоретической основы внедрения древесных интродуцентов на Север.

Таблица 3
Скорость продвижения сезонных явлений дендроинтродуцентов

Фенофаза	Породы	Скорость продвижения фенофазы	
		км/сутки	1° географической широты/сутки
Набухание почек	Ель колючая	24,7	0,23
	Липа мелколистная	84,6	0,76
	Яблоня ягодная	197,3	1,78
	Деревья	141,0	1,27
	Барбарис амурский	33,8	0,30
	Карагана древовидная	197,3	1,78
	Кустарники	125,6	1,13
	Все	133,3	1,20
Начало цветения	Ель колючая	31,1	0,28
	Липа мелколистная	32,9	0,30
	Яблоня ягодная	29,6	0,27
	Деревья	31,3	0,28
	Барбарис амурский	118,4	1,07
	Карагана древовидная	65,8	0,59
	Кустарники	92,1	0,83
	Все	61,7	0,55
Массовое созревание плодов	Ель колючая	592,0	5,33
	Липа мелколистная	84,6	0,76
	Яблоня ягодная	98,7	0,89
	Деревья	91,6	0,83
	Барбарис амурский	148,0	1,33
	Карагана древовидная	65,8	0,59

Окончание таблицы 3

Фенофаза	Породы	Скорость продвижения фенофазы	
		км/сутки	1° географической широты/сутки
Появление осенней окраски листьев	Кустарники	106,9	0,96
	Все	99,3	0,89
Конец листопада	Липа мелколистная	118,4	1,06
	Яблоня ягодная	84,6	0,76
	Деревья	101,5	0,91
	Барбарис амурский	197,3	1,78
	Карагана древовидная	49,3	0,44
	Кустарники	123,3	1,11
	Все	112,4	1,01
Конец листопада	Липа мелколистная	148,0	1,33
	Яблоня ягодная	592,0	5,33
	Деревья	370,0	3,33
	Барбарис амурский	296,0	2,66
	Карагана древовидная	592,0	5,33
	Кустарники	444,0	4,00
	Все	407,0	3,67

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты обогащают научные основы ступенчатой интродукции дендрофлоры в высокие широты.

2. При движении в северном направлении каждая фенологическая фаза имеет свою скорость, выраженную в км/сутки и в градусах географической широты в сутки.

3. Скорость продвижения каждой фенофазы на север зависит от видовых особенностей, степени акклиматизации растения, его жизненной формы.

4. Наибольшие различия феноритмов дендроинтродуцентов Архангельской и Вологодской агломерации проявляются в фазе «начало цветение» – 3,5 суток на 1° географической широты, наименьшее – в фазе «окончание листопада» – 0,3 суток на 1° широты в северном направлении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Андронова М. М., Бабич Н. А., Хамитов Р. С. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины. Архангельск : САФУ, 2021. 412 с.

2. Концептуальная модель интродукции дендрофлоры в северных широтах Русской равнины / Н. А. Бабич, Е. Б. Карбасникова, О. С. Залывская [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2024. № 6(402). С. 66–77.

3. Ступенчатая интродукция видов дендрофлоры в Северо-Восточную часть Русской равнины (обзор) / Н. А. Бабич, Е. Б. Карбасникова, М. М. Андронова, О. С. Залывская, Ю. В. Александрова, Г. П. Гаевский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3(381). С. 73–85.

4. Бабич Н. А., Карбасникова Е. Б. Натурализация видов дендрофлоры в условиях интродукционного стресса. Архангельск : САФУ, 2022. 236 с.

5. Березина Н. А., Афанасьева Н. Б. Экология растений. М. : Академия, 2009. 400 с.

6. Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л. : ЛТА, 1979. 96 с.

7. Волосевич И. В. Закономерности широтной изменчивости роста древесной растительности в лесах Европейского Севера и их практическое использование // Лесоводственные исследования на зонально-типовологической основе. Архангельск : АИЛХ, 1984. 157 с.

8. Демидова Н. А. Опыт интродукции древесных растений в дендрологическом саду СевНИИЛХ и его использование в зеленом строительстве // Озеленение городов и поселков Архангельской области : материалы Научно-практической конференции (семинара). Архангельск, 1999. С. 15–17.

9. Результаты интродукционного испытания представителей рода *Betula L.* Европейской флоры в коллекции дендрологического сада им. В. Н. Нилова / Н. А. Демидова, Т. М. Дуркина, Л. Г. Гоголева, Н. Н. Васильева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2022. № 1(66). С. 83–90.

10. Представители семейства сосновые (*Pinaceae Lindl.*) североамериканской флоры в коллекции дендрологического сада ФБУ «СЕВНИИЛХ» / Н. А. Демидова, Т. М. Дуркина, Л. Г. Гоголева, Н. Н. Васильева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 4(382). С. 36–54.

11. Залывская О. С., Бабич Н. А. Оценка декоративности насаждений // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 6(378). С. 98–110.

12. Залывская О. С., Бабич Н. А., Хамитов Р. С. Таксономическая структура видов дендрофлоры в урбанизированных Архангельской области // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 2. С. 67–75.

13. Лапин П. И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюл. ГБС Академии наук СССР. М. : Наука, 1968. Вып. 65. С. 13–17.

14. Львов П. Н., Ипатов Л. Ф. Лесная типология на географической основе. Архангельск : Северо-Западное книжное издательство, 1976. 200 с.

15. Лыпа А. Л. Методические и методологические предпосылки к проведению работ по ступенчатой

- акклиматизации растений // Бюлл. ГБС. 1965. Вып. 59. С. 3–8.
16. Нилов В. Н. Рекомендации по ассортименту древесных растений для озеленения городов и поселков Севера. Архангельск, 1981. 19 с.
17. Малаховец П. М., Тисова В. А. Интродукция древесной растительности в условиях Севера // Искусственное лесовосстановление и интродукция на Европейском Севере. Архангельск : АГТУ, 1998. С. 127–171.
18. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюлл. ГБС. 1979. Вып. 113. С. 3–8.
19. Орлов Ф. Б. Дендрарий Архангельского лесотехнического института // Лесное хозяйство. 1952. № 7. С. 91.
20. Сунгуррова Н. Р., Клевцов Д. Н. Биоэнергетический потенциал северных лесов // Хвойные boreальской зоны. 2021. Т. 39, № 5. С. 385–391.
21. Сунгуррова Н. Р., Солтани Г. А., Страздаускене 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.
22. Семеношение хвойных в условиях интродукции в Г. Архангельске / Р. С. Хамитов, А. М. Антонов, Н. О. Пастухова, И. А. Попкова, А. А. Боровикова // Естественные и технические науки. 2023. № 5(180). С. 182–187.
- REFERENCES**
1. Andronova M. M., Babich N. A., Hamitov R. S. Stupenchataya introdukciya drevesnyh rastenij na severe Russkoj ravniny. Arhangel'sk : SAFU, 2021. 412 s.
 2. Konceptual'naya model' introdukciyi dendroflory v severnyh shirotah Russkoj ravniny / N. A. Babich, E. B. Karbasnikova, O. S. Zalyvskaya [i dr.] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2024. № 6(402). S. 66–77.
 3. Stupenchataya introdukciya vidov dendroflory v Severo-Vostochnyyu chas' Russkoj ravniny (obzor) / N. A. Babich, E. B. Karbasnikova, M. M. Andronova, O. S. Zalyvskaya, Yu. V. Aleksandrova, G. P. Gaevskij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2021. № 3(381). S. 73–85.
 4. Babich N. A., Karbasnikova E. B. Naturalizaciya vidov dendroflory v usloviyah introdukcionnogo stresa. Arhangel'sk : SAFU, 2022. 236 s.
 5. Berezina N. A., Afanas'eva N. B. Ekologiya rastenij. M. : Akademiya, 2009. 400 s.
 6. Bulygin N. E. Fenologicheskie nablyudenija nad drevesnymi rasteniyami. L. : LTA, 1979. 96 s.
 7. Volosevich I. V. Zakonomernosti shirotnoj izmenchivosti rosta drevesnoj rastitel'nosti v lesah Evropejskogo Severa i ih prakticheskoe ispol'zование // Lesovodstvennye issledovaniya na zonal'no-tipologicheskoy osnove. Arhangel'sk : AILiLH, 1984. 157 s.
 8. Demidova N. A. Opyt introdukciyi drevesnyh rastenij v dendrologicheskem sadu SevNIILH i ego ispol'zование v zelenom stroitel'stve // Ozelenenie gorodov i poselkov Arhangel'skoj oblasti : materialy Nauchno-prakticheskoy konferencii (seminara). Arhangel'sk, 1999. S. 15–17.
 9. Rezul'taty introdukcionnogo ispytaniya predstavitelej roda Vetula L. Evropejskoj flory v kollekciyi dendrologicheskogo sada im. V. N. Nilova / N. A. Demidova, T. M. Durkina, L. G. Gogoleva, N. N. Vasil'eva // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V. R. Filippova. 2022. № 1(66). S. 83–90.
 10. Predstavitelei semejstva sosnovye (Pinaceae Lindl.) severoamerikanskoy flory v kollekciyi dendrologicheskogo sada FBU "SEVNIIILH" / N. A. Demidova, T. M. Durkina, L. G. Gogoleva, N. N. Vasil'eva // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2021. № 4(382). S. 36–54.
 11. Zalyvskaya O. S., Babich N. A. Ocenka dekorativnosti nasazhdennij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2020. № 6(378). S. 98–110.
 12. Zalyvskaya O. S., Babich N. A., Hamitov R. S. Taksonomicheskaya struktura vidov dendroflory v urbanosistemah Arhangel'skoj oblasti // Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin. 2023. T. 27, № 2. S. 67–75.
 13. Lapin P. I. Sezonnyj ritm razvitiya drevesnyh rastenij i ego znachenie dlya introdukciyi // Byul. GBS Akademii nauk SSSR. M. : Nauka, 1968. Vyp. 65. S. 13–17.
 14. L'vov P. N., Ipatov L. F. Lesnaya tipologiya na geograficheskoy osnove. Arhangel'sk : Severo-Zapadnoe knizhnoe izdatel'stvo, 1976. 200 s.
 15. Lypa A. L. Metodicheskie i metodologicheskie predposylki k provedeniyu rabot po stupenchatoj akklimatizacii rastenij // Byull. GBS. 1965. Vyp. 59. S. 3–8.
 16. Nilov V. N. Rekomendacii po assortimentu drevesnyh rastenij dlya ozeleneniya gorodov i poselkov Severa. Arhangel'sk, 1981. 19 s.
 17. Malahovets P. M., Tisova V. A. Introdukciya drevesnoj rastitel'nosti v usloviyah Severa // Iskusstvennoe lesovosstanovlenie i introdukciya na Evropejskom Severe. Arhangel'sk : AGTU, 1998. S. 127–171.
 18. Metodika fenologicheskikh nablyudenij v botanicheskikh sadakh SSSR // Byull. GBS, 1979. Vyp. 113. S. 3–8.
 19. Orlov F. B. Dendrarij Arhangel'skogo lesotekhnicheskogo instituta // Lesnoe hozyajstvo. 1952. № 7. S. 91.
 20. Sungurova N. R., Klevcov D. N. Bioenergeticheskij potencial severnyh lesov // Hvojnye boreal'noj zony. 2021. Т. 39, № 5. С. 385–391.
 21. Sungurova N. R., Soltani G. A., Strazdauskene S. R. Osobennosti fenologii drevesnyh vidov na severnom i yuzhnom predele ih arealov v usloviyah introdukcionnogo stresa // Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin. 2023. T. 27, № 2. S. 49–58.
 22. Semenoshenie hvojnyh v usloviyah introdukciyi v G. Arhangel'ske / R. S. Hamitov, A. M. Antonov, N. O. Pastuhova, I. A. Popkova, A. A. Borovikova // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2023. № 5(180). S. 182–187.