

Научная статья
УДК 630*182.21
DOI: 10.37482/0536-1036-2024-6-66-77

Концептуальная модель интродукции дендрофлоры в северных широтах Русской равнины

Н.А. Бабич¹, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [G-7384-2019](https://orcid.org/0000-0001-7463-2519),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7463-2519>

Е.Б. Карбасникова², д-р с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [AAH-6250-2021](https://orcid.org/0000-0003-2850-9362),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2850-9362>

О.С. Залывская¹, д-р с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [AAU-4901-2020](https://orcid.org/0000-0002-7520-6295),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-6295>

Ю.В. Александрова¹✉, канд. с.-х. наук; ResearcherID: [AAH-4016-2021](https://orcid.org/0000-0002-2802-1124),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2802-1124>

Н.П. Гаевский¹, канд. с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [AAK-5430-2020](https://orcid.org/0000-0001-9511-004X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9511-004X>

И.А. Попкова¹, канд. с.-х. наук; ResearcherID: [AAE-1329-2022](https://orcid.org/0000-0002-8180-5673),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8180-5673>

¹Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; n.babich@narfu.ru, o.zalyvskaya@narfu.ru, yu.aleksandrova@narfu.ru✉, n.gaevsky@narfu.ru, i.olupkina@narfu.ru

²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, д. 2, с. Молочное, г. Вологда, Россия, 160555; helen15@yandex.ru

Поступила в редакцию 23.01.23 / Одобрена после рецензирования 18.04.23 / Принята к печати 20.04.23

Аннотация. Возрастание социально-эстетического значения городских зеленых насаждений, особенно при формировании жесткой урбанизированной среды обитания человека, инициирует развитие теоретических основ ступенчатой интродукции в северном направлении. Цель исследования – обобщение региональных особенностей интродукции видов дендрофлоры в условиях Европейского Севера России. Методологической базой послужили труды специалистов в области лесной интродукции, в т. ч. интродукторов-северян Ф.Б. Орлова, П.М. Малаховца, В.Н. Нилова, Н.А. Демидовой, О.С. Залывской, Е.Б. Карбасниковой и др. Результаты исследования имеют как теоретическое, так и практическое значение и являются составной частью общей теории ступенчатой интродукции в северном направлении. В процессе многолетних исследований и обобщения опыта стихийной интродукции сформирована и получила развитие оригинальная рабочая гипотеза ступенчатой интродукции древесных растений в северных природно-климатических условиях: для городской среды общепризнано наличие особого микроклимата (острова тепла), этого микроклиматического ресурса достаточно для успешной натурализации некоторых видов дендрофлоры несмотря на интродукционный стресс. Кратко описаны результаты работы старейших интродукционных центров на Европейском Севере. Представлены алгоритм и региональная стратегия развития исследований интродукционного процесса видов дендрофлоры в условиях Севера. Предложена концептуальная схема интродукционного

испытания видов дендрофлоры в северных широтах Русской равнины. Выделены 4 стадии акклиматизации и 3 этапа натурализации. Разработан ряд шкал, вносящих вклад в совершенствование и оптимизацию интродукционных испытаний, оценку санитарно-гигиенических и социальных функций, выполняемых интродуцированными видами дендрофлоры. Богатство видового разнообразия новых для северных условий растений городской дендрофлоры является хорошей селекционной базой для дальнейших интродукционных испытаний и научной основой прогноза успешности ступенчатой интродукции многих ценных древесных и кустарниковых видов в северные широты.

Ключевые слова: ступенчатая интродукция, интродукционные испытания, дендрофлора, модель интродукции, Европейский Север, интродукция в северных широтах, урбанизированная среда

Для цитирования: Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Залывская О.С., Александрова Ю.В., Гаевский Н.П., Попкова И.А. Концептуальная модель интродукции дендрофлоры в северных широтах Русской равнины // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 6. С. 66–77. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-66-77>

Original article

The Conceptual Model of Dendroflora Introduction in the Northern Latitudes of the Russian Plain

*Nikolay A. Babich*¹, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [G-7384-2019](https://orcid.org/0000-0001-7463-2519),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7463-2519>

*Elena B. Karbasnikova*², Doctor of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAH-6250-2021](https://orcid.org/0000-0003-2850-9362),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2850-9362>

*Olga S. Zalyvskaya*¹, Doctor of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAY-4901-2020](https://orcid.org/0000-0002-7520-6295),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-6295>

*Yulia V. Aleksandrova*¹, Candidate of Agriculture; ResearcherID: [AAH-4016-2021](https://orcid.org/0000-0002-2802-1124),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2802-1124>

*Nikolay P. Gaevskiy*¹, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAK-5430-2020](https://orcid.org/0000-0001-9511-004X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9511-004X>

*Irina A. Popkova*¹, Candidate of Agriculture; ResearcherID: [AAE-1329-2022](https://orcid.org/0000-0002-8180-5673),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8180-5673>

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; n.babich@narfu.ru, o.zalyvskaya@narfu.ru, yu.aleksandrova@narfu.ru[✉], n.gaevsky@narfu.ru, i.olupkina@narfu.ru

²Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, ul. Shmidta, 2, Molochnoe Village, Vologda, 160555, Russian Federation; helen15@yandex.ru

Received on January 23, 2023 / Approved after reviewing on April 18, 2023 / Accepted on April 20, 2023

Abstract. The increasing of the socio-aesthetic significance of urban green spaces, especially in the formation of a rigid urbanized human habitat, initiates the development of the theoretical foundations of stepwise introduction in the northern direction. The aim of the

research has been to generalize the regional features of the introduction of dendroflora species in the conditions of the European North of Russia. The methodological basis has been the works of specialists in the field of forest introduction, including Northern introducers F.B. Orlov, P.M. Malakhovets, V.N. Nilov, N.A. Demidova, O.S. Zalyvskaya, E.B. Karbasnikova et al. The results of the research have both theoretical and practical significance and are an integral part of the general theory of step-by-step introduction in the northern direction. In the process of many years of research and generalization of the experience of spontaneous introduction, an original working hypothesis of the stepwise introduction of woody plants in northern natural and climatic conditions has been formed and developed: for the urban environment, the presence of a special microclimate (heat island) is generally recognized and this microclimatic resource is sufficient for the successful naturalization of some species of dendroflora despite the introduction stress. The results of the work of the oldest introduction centres in the European North are briefly described. An algorithm and a regional strategy for the development of research of the introduction process of dendroflora species in the conditions of the North are presented. A conceptual scheme for the introduction testing of dendroflora species in the conditions of the northern latitudes of the Russian Plain has been proposed. There are 4 stages of acclimatization and 3 stages of naturalization. A number of scales have been developed that contribute to the improvement and optimization of introduction tests, and the assessment of sanitary, hygienic and social functions performed by introduced species of dendroflora. The richness of species diversity of urban dendroflora, new to northern conditions, is a good breeding base for further introduction tests and a scientific basis for predicting the success of the stepwise introduction of many valuable woody and shrub species to northern latitudes.

Keywords: stepwise introduction, introduction tests, dendroflora, introductional model, European North, introduction in the northern latitudes, urbanized environment

For citation: Babich N.A., Karbasnikova E.B., Zalyvskaya O.S., Aleksandrova Yu.V., Gaevskiy N.P., Popkova I.A. The Conceptual Model of Dendroflora Introduction in the Northern Latitudes of the Russian Plain. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2024, no. 6, pp. 66–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-66-77>

Введение

Развитие теоретических основ ступенчатой интродукции обусловлено формированием экосистем, зависящих от стабильности окружающей среды, а также повышением хозяйственной освоенности ресурсов [10, 16, 25, 32].

Работы в области сохранения и увеличения биоразнообразия в целом и интродукции в частности ведутся на базе ботанических и дендрологических садов, научно-исследовательских и отраслевых институтов и других учреждений. На территории Европейского Севера, включающего Архангельскую и Вологодскую области, Республику Коми, работы по интродукции и акклиматизации хозяйственно-ценных растений осуществляются на базе ботанических и дендрологических садов.

Старейшим пунктом интродукции на Европейском Севере является дендрологический сад им. И.М. Стратоновича при Северном (Арктическом) федеральном университете (САФУ) в г. Архангельске (64°33' с. ш. 40°32' в. д.). С 1934 г. здесь испытаны образцы из разных географических регионов и стран:

Европа, Алтай, Сибирь, Средняя Азия, Дальний Восток, Китай, Япония, Северная Америка. Современную коллекцию сада составляют 217 видов растений – представителей 20 семейств и 52 родов [17, 22, 23].

В окрестностях г. Архангельска в 1960 г. организован дендрологический сад Северного научно-исследовательского института леса и лесохимии ($64^{\circ}33'$ с. ш. $39^{\circ}40'$ в. д.). За период интродукционных испытаний собрана коллекция из 603 видов, относящихся к 75 родам, 31 семейству [9].

Центром интродукционных испытаний представителей дендрофлоры в Республике Коми является дендрологический сад недалеко от с. Выльгорт ($62^{\circ}12'$ с. ш. $54^{\circ}09'$ в. д.), основанный на базе питомника плодово-ягодных растений в 1936 г. За многолетний период работы сотрудников сада испытано около 3,5 тыс. видов растений. К настоящему времени в дендрарии собрана коллекция из 550 таксонов [18, 28]. В 1974 г. основан Ботанический сад Сыктывкарского государственного университета ($61^{\circ}38'$ с. ш. $50^{\circ}44'$ в. д.). К настоящему времени в коллекцию сада входит около 540 таксонов из 81 семейства [21].

В Вологодской области в 1999 г. начата работа по созданию дендрологического сада ($59^{\circ}16'$ с. ш. $39^{\circ}40'$ в. д.) на базе Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина. Современная коллекция состоит из 260 видов растений, относящихся к 85 родам и 38 семействам [6].

Ботанические и дендрологические сады Европейского Севера России ведут деятельность в следующих областях:

- сохранение и пополнение коллекций растений – представителей различных географических дендрофлор;
- сохранение генофонда редких и исчезающих видов аборигенной флоры;
- исследования в области интродукции и акклиматизации инорайонных видов;
- разработка рекомендаций по озеленению населенных мест Европейского Севера;

- организация культурно-просветительской работы по распространению научных знаний в области растениеводства, экологии, озеленения и формированию бережного отношения к окружающей среде.

Интродукционные исследования древесных и кустарниковых пород происходят по закономерным научным линиям:

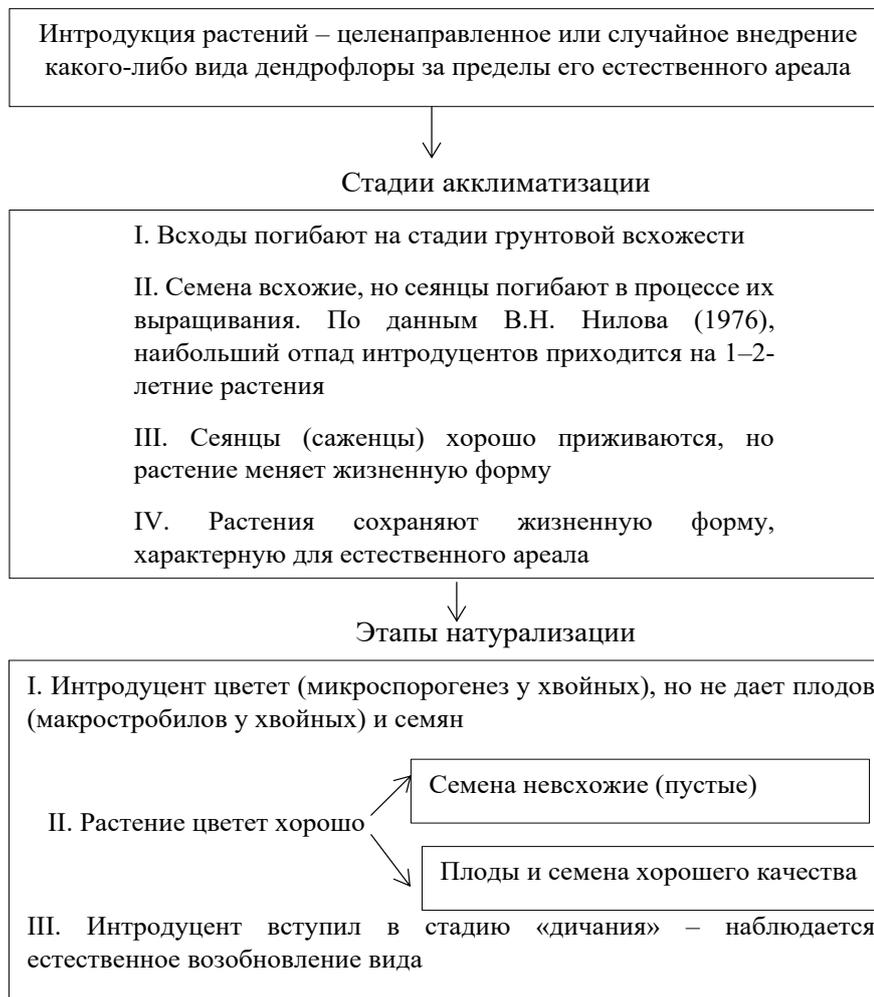
- поиск, селекция и интродукционные испытания хозяйственно-ценных лесных пород;

- интродукционные испытания пищевых и лекарственных видов дендрофлоры;

- исследование акклиматизации и натурализации высокодекоративных деревьев и кустарников в антропогенной среде.

Объекты и методы исследования

К настоящему времени сформировался четкий алгоритм и региональная стратегия исследований интродукционного процесса видов дендрофлоры в условиях Европейского Севера (см. рисунок) [6].



Исходная концептуальная схема интродукционного испытания видов дендрофлоры в условиях Европейского Севера

The initial conceptual scheme for the introduction testing of dendroflora species in the conditions of the European North

За основу стратегии научно-обоснованного развития интродукционных исследований в регионе приняты основополагающие программные труды ученых И.Н. Елагина [11], А.Л. Лыпы [16], Н.Е. Булыгина [8], В.Н. Нилова [25], И.И. Дроздова [10], Т.Б. Сродных [26], А.П. Царева [27], S. Jochner et al. [33], I.J. Chaudhary et al. [31], A. Manangan et al. [34], а также «Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР» [20] и «Программа интродукции лесных пород в европейской части СССР до 2000 г. и далее» [24].

Многолетние исследования и обобщение опыта стихийной интродукции [2, 5, 7, 30] позволили сформулировать и развить оригинальную рабочую

гипотезу ступенчатой интродукции древесных растений в северных природно-климатических условиях: поскольку научным сообществом общепризнано наличие особого микроклимата (островов тепла) в городской среде, то считаем (доказано), что этого микроклиматического ресурса достаточно для успешной натурализации некоторых видов дендрофлоры в условиях интродукционного стресса.

Кроме того, разработан ряд шкал в виде таблиц, вносящих вклад в совершенствование и оптимизацию интродукционных испытаний, оценку санитарно-гигиенических и социальных функций интродуцированных видов дендрофлоры. В основу таблиц положены результаты наблюдений над акклиматизацией видов дендрофлоры в суровых природных условиях Севера с учетом временного и пространственного факторов, которыми определяются изменения в этом процессе.

К таким разработкам можно отнести:

методику определения декоративности видов дендрофлоры [13];

шкалу напряженности интродукционного стресса видов дендрофлоры в условиях севера европейской части Русской равнины [4, 6];

шкалу оценки степени сходства таксономического состава дендрофлор [6];

шкалу оценки пылеудерживающей способности видов боярышника [1].

Результаты исследования и их обсуждение

На кафедре ландшафтной архитектуры и искусственных лесов САФУ разработана методика определения декоративности видов дендрофлоры [13]. В ее основу положено 10 показателей, отражающих декоративность растения: архитектура кроны, длительность и степень цветения, окраска цветков, их величина, привлекательность внешнего вида плодов, аромат цветов, плодов, листьев, продолжительность облиствения, повреждаемость, зимостойкость. Данная методика оценки декоративности нашла широкое применение в работах российских исследователей, например [15, 19].

Для оценки успешности акклиматизации и натурализации интродуцируемого вида предложена шкала напряженности интродукционного стресса (табл. 1), основанная на обширных многолетних исследованиях интродукции в условиях севера европейской части России.

Коэффициент Жаккара широко используется в фитоценологических исследованиях. Однако, работая с многочисленными литературными источниками, мы не встретили шкалы оценки степени сходства таксономического состава дендрофлор. В итоге нами разработана такая шкала (табл. 2).

Таблица 1

**Шкала напряженности интродукционного стресса видов дендрофлоры
в условиях севера европейской части Русской равнины [4, 6]
The scale of the intensity of introduction stress of dendroflora species
in the conditions of the north of the European part of the Russian Plain [4, 6]**

Балл стресса	Степень напряженности стресса	Признаки степени напряженности	Характерные виды
1	Пороговая	Отмечается полная биодegradация, растения погибают	Ракитник двуцветковый, жимолость золотистая, граб обыкновенный
2	Высокая	Деревья меняют жизненную форму. Обмерзает вся надземная часть. Не цветут и не плодоносят. Адаптационная стресс-реакция интродуцентов выражена достаточно хорошо	Боярышник алмаатинский, клен Траутветтера, каштан конский, форзиция европейская
3	Умеренная	Характерны уменьшение морфометрических показателей хвои (листьев), вегетативных и генеративных почек, переход растений в III класс высоты. Обмерзают 2-летние побеги. Растения цветут, но урожай не формируется	Пихта бальзамическая, дуб красный, малина нутканская, вишня сахалинская, форзиция промежуточная
4	Низкая	Наблюдается переход растений во II класс высоты, незначительное обмерзание 1-летних побегов. Цветение и плодоношение, качество плодов и семян удовлетворительные. Растения сохраняют декоративность	Вяз гладкий, клен остролистный, липа мелколистная, магония падуболистная
5	Очень низкая	Растения обладают выраженной устойчивостью к воздействию интродукционных стрессов, успешно приживаются, растут и развиваются, вступают в репродуктивную фазу, сохраняют жизненную форму, характерную для естественного ареала произрастания, соответствуют цели интродукции	Сосна кедровая сибирская, тополь бальзамический, карагана древовидная, сирень венгерская, роза морщинистая

Таблица 2

Шкала оценки степени сходства таксономического состава дендрофлор [6]
The scale for assessing the degree of similarity of the taxonomic composition of dendrofloras [6]

Группа сходства	Коэффициент сходства, K_1^*	Характеристика сходства
I	$\leq 0,25$	Очень слабое. При увеличении численности таксонов дендрофлор и уменьшении количества таксонов, общих для сравниваемых флор, коэффициент сходства приближается к 0
II	0,26–0,50	Слабое
III	0,51–0,75	Близкое
IV	0,76–1,00	Очень близкое. При абсолютном равенстве числа таксонов сравниваемых дендрофлор и числа общих таксонов для 2 флор коэффициент сходства равен 1

*При сравнении степени сходства таксономического состава рассматриваемых дендрофлор использован коэффициент Жаккара, рассчитываемый по формуле $K_1 = c / (a + b - c)$, где a , b – число таксонов в каждой из 2 сравниваемых флор; c – число общих для 2 флор таксонов.

При внедрении в городские зеленые насаждения интродуцированных видов дендрофлоры для комплексной оценки немаловажно знать их пылеудерживающую способность. Безусловно, при прочих равных показателях интродуктор отдает предпочтение растению с наиболее высокой пылеудерживающей способностью. Предлагаемая нами шкала (табл. 3) является дополняющей и уточняющей шкалу оценки пылеудерживающей способности древесных и кустарниковых пород О.В. Чернышенко [29].

Таблица 3

Шкала оценки пылеудерживающей способности видов [1]
The scale for assessing the dust retention capacity of species [1]

Масса удерживаемой пыли, г/м ²	Оценка пылеудерживающей способности	
	Степень	Балл
<1	Крайне низкая	1
1,1–3	Умеренная	2
3,1–5	Средняя	3
5,1–7	Высокая	4
>7	Наиболее высокая	5

Богатство видового разнообразия новых для северных условий растений городской дендрофлоры является хорошей селекционной базой для дальнейших интродукционных испытаний и научной основой прогноза успешности ступенчатой интродукции многих ценных древесных и кустарниковых видов в северные широты.

Перспектива последующего развития интродукции заключается в обобщении накопившегося опыта садоводов-любителей на дворовых территориях города и загородных участках. Кроме того, необходимо учитывать сформировавшийся опыт озеленения старинных городов, в т. ч. и парков [2, 3, 12, 14].

Карта продвижения интродуцированных видов дендрофлоры в северном направлении заключается в следующем: 1-е поколение интродуцентов выращивается в городских зеленых насаждениях островов тепла с дальнейшим продвижением 2-го поколения в зеленую зону городов с постановкой опытов их культивирования по производственным технологиям.

Заключение

Реализация комплексных исследований интродукции растений в северные широты Русской равнины с участием физиологов, экологов, генетиков и других специалистов позволит значительно оптимизировать процесс обогащения биоразнообразия местной дендрофлоры отселектированными наиболее хозяйственно-ценными и устойчивыми к северным природно-климатическим условиям региона видами деревьев и кустарников.

Наряду с проведением теоретических многоплановых исследований успешности интродукции видов дендрофлоры в северных природно-климатических условиях важным направлением развития интродукции считаем разработку агротехники выращивания посадочного материала хозяйственно-ценных видов.

Следует признать, что вопросы разработки, а для некоторых пород – уточнения, агротехники выращивания посадочного материала интродуцентов являются современной необходимостью, завершающим этапом интродукционных испытаний не одного десятка особо ценных древесных и кустарниковых пород как в биологическом (обогащение биоразнообразия), так и хозяйственном планах. Это направление интродукционных исследований заслуживает самого пристального внимания дендрологов-интродукторов и является приоритетным для природно-климатических условий Европейского Севера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Александрова Ю.В. Интродукция видов рода *Crataegus* L. в дендрологическом саду имени И.М. Стратоновича: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2021. 20 с.
Aleksandrova Yu.V. *Introduction of Species of the Genus Crataegus L. in the Dendrological Garden named after I.M. Stratonovich*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2021. 20 p. (In Russ.).
2. Андропова М.М., Бабич Н.А., Хамитов Р.С. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины: моногр. Архангельск: САФУ, 2021. 412 с.
Andronova M.M., Babich N.A., Khamitov R.S. *Stepwise Introduction of Woody Plants in the North of the Russian Plain*: Monograph. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University Publ., 2021. 412 p. (In Russ.).
3. Андропова М.М. Рекомендации по приоритетному ассортименту древесных растений для озеленения малых городов и поселков Вологодской области. Архангельск: САФУ, 2017. 52 с.

Andronova M.M. *Recommendations on the Priority Assortment of Woody Plants for Landscaping Small Towns and Villages of the Vologda Region*. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University Publ., 2017. 52 p. (In Russ.).

4. Бабич Н.А., Залывская О.С., Александрова Ю.В., Попкова И.А., Гаевский Н.П., Андропова М.М., Карбасникова Е.Б. Аспекты интродукции на Европейском Севере // Оптимизация лесопользования: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 70-летию Почет. работника высш. образования, Заслуж. лесовода России Залесова Сергея Вениаминовича. Екатеринбург, 2023. С. 197–203.

Babich N.A., Zalyvskaya O.S., Aleksandrova Yu.V., Popkova I.A., Gaevsky N.P., Andronova M.M., Karbasnikova E.B. Aspects of Introduction in the European North. *Optimization of Forest Management: Materials of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference with International Participation*. Ekaterinburg, 2023, pp. 197–203. (In Russ.).

5. Бабич Н.А., Залывская О.С., Травникова Г.И. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов: моногр. Архангельск: АГТУ, 2008. 144 с.

Babich N.A., Zalyvskaya O.S., Travnikova G.I. *Introduced Species in Green Construction of Northern Cities*: Monograph. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2008. 144 p. (In Russ.).

6. Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б. Натурализация видов дендрофлоры в условиях интродукционного стресса: моногр. Архангельск: Изд. дом им. В.Н. Булатова САФУ, 2022. 236 с.

Babich N.A., Karbasnikova E.B. *Naturalization of Dendroflora Species under Conditions of Introduction Stress*: Monograph. Arkhangelsk, Publ. House named after V.N. Bulatov of the Northern (Arctic) Federal University, 2022. 236 p. (In Russ.).

7. Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Долинская И.С. Интродуценты и экстразональные виды в антропогенной среде (на примере г. Вологды): моногр. Архангельск: САФУ, 2012. 184 с.

Babich N.A., Karbasnikova E.B., Dolinskaya I.S. *Introduced and Extrazonal Species in the Anthropogenic Environment (by the Example of the City of Vologda)*: Monograph. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University Publ., 2012. 184 p. (In Russ.).

8. Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л.: ЛТА, 1979. 97 с.

Bulygin N.E. *Phenological observations of Woody Plants*. Leningrad, Leningrad Forest Engineering Academy Publ., 1979. 97 p. (In Russ.).

9. Демидова Н.А., Нилов В.Н. Интродукционное районирование Европейского Северо-Востока России // Науч. вед. БелГУ. Сер.: Естеств. науки. 2012. № 9(128), вып. 19. С. 36–44.

Demidova N.A., Nilov V.N. Introduction Zoning of the European North-East of Russia. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki* = Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural Sciences, 2012, no. 9(128), iss. 19, pp. 36–44. (In Russ.).

10. Дроздов И.И. Программа интродукции кедра сибирского в европейскую часть СССР. М.: ЛТИ, 1991. 56 с.

Drozdov I.I. *Program of the Introduction of Siberian Cedar into the European Part of the USSR*. Moscow, Forest Engineering Institute Publ., 1991. 56 p. (In Russ.).

11. Елагин И.Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных // Ботан. журн. 1961. Т. 46, № 7. С. 984–992.

Elagin I.N. Methodology for Determining Phenological Phases in Conifers. *Botanicheskij zhurnal*, 1961, vol. 46, no. 7, pp. 984–992. (In Russ.).

12. Залывская О.С., Бабич Н.А. Рекомендации по ассортименту древесных и кустарниковых пород в городах Архангельской агломерации. Архангельск: САФУ, 2019. 90 с.

Zalyvskaya O.S., Babich N.A. *Recommendations on the Assortment of Tree and Shrub Species in the Cities of the Arkhangelsk Agglomeration*. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University Publ., 2019. 90 p. (In Russ.).

13. Залывская О.С., Бабич Н.А. Шкала комплексной оценки декоративности деревьев и кустарников в городских условиях на Севере // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2012. № 1(15). С. 96–104.

Zalyvskaya O.S., Babich N.A. Scale of Complex Assessment of Trees and Shrub Decorativeness in Northern Cities. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management, 2012, no. 1(15), pp. 96–104. (In Russ.).

14. Карбасникова Е.Б., Бабич Н.А. Рекомендации по ассортименту древесных и кустарниковых растений для озеленения промышленных городов Вологодской агломерации. Архангельск: САФУ, 2021. 60 с.

Karbasnikova E.B., Babich N.A. *Recommendations on the Assortment of Woody and Shrubby Plants for Landscaping Industrial Cities of the Vologda Agglomeration*. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University Publ., 2021. 60 p. (In Russ.).

15. Карбасников А.А., Назарова Д.А. Комплексная оценка декоративности лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) // НИРС – шаг в науку: материалы науч.-практ. конф. Вологда–Молочное: Волог. гос. молочнохоз. акад. им. Н.В. Верещагина, 2017. С. 37–40.

Karbasnikov A.A., Nazarova D.A. Comprehensive Assessment of the Ornamental Value of Siberian larch (*Larix sibirica*). *NIRS – shag v nauku: Materials of the Scientific and Practical Conference. Vologda–Molochnoye, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin*, 2017, pp. 37–40. (In Russ.).

16. Лыта А.Л. Методологические и методические предпосылки к проведению работ по ступенчатой акклиматизации растений // Бюл. Гл. ботан. сада. 1965. Вып. 59. С. 3–8.

Lyta A.L. Methodological and Methodical Prerequisites for Carrying out Work on the Stepwise Acclimatization of Plants. *Bulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* = Bulletin Main Botanical Garden, 1965, iss. 59, pp. 3–8. (In Russ.).

17. Малаховец П.М., Тисова В.А. Декоративные деревья и кустарники на Севере. Архангельск, 2002. 127 с.

Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Ornamental Trees and Shrubs in the North*. Arkhangelsk, 2002. 127 p. (In Russ.).

18. Мартынов Л.Г. Оценка интродукции древесных растений восточноазиатской флоры в ботаническом саду Института биологии Коми научного центра // Науч. тр. Чебокс. фил. Гл. ботан. сада им. Н.В. Цицина РАН. 2018. № 11. С. 67–71.

Martynov L.G. Evaluation of the Introduction of Woody Plants of East Asian Flora in the Botanical Garden of the Institute of Biology of the Komi Science Center. *Nauchnye trudy Cheboksarskogo filiala Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN*, 2018, no. 11, pp. 67–71. (In Russ.).

19. Маштаков Д.А., Терешкин А.В., Щербаклова А.А. Оптимизация ассортимента древесных пород на территориях детских оздоровительных лагерей правобережья Саратовской области // Науч. жизнь. 2018. № 5. С. 89–97.

Mashtakov D.A., Tereshkin A.V., Shcherbakova A.A. Optimization of Tree Species Assortment at the Children's Health Camps Territories on the Saratov Region Volga Right Bank. *Nauchnaya zhizn'* = Scientific Life, 2018, no. 5, pp. 89–97. (In Russ.).

20. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюл. Гл. ботан. сада. 1979. Вып. 113. С. 3–8.

Methodology of Phenological Observations in the Botanical Gardens of the USSR. *Bulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* = Bulletin Main Botanical Garden, 1979, iss. 113, pp. 3–8. (In Russ.).

21. Новаковская Т.В. Естественная растительность ботанического сада Сыктывкарского государственного университета // Сб. науч. тр. Гос. Никитск. Ботан. сада. 2016. Т. 143. С. 133–139.

Novakovskaya T.V. Natural Vegetation of the Botanical Garden of Syktyvkar State University. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo sada* = Works of the State Nikita Botanical Gardens, 2016, vol. 143, pp. 133–139. (In Russ.).

22. Орлов Ф.Б. Дендрарий Архангельского лесотехнического института // Лесн. хоз-во. 1952. № 7. С. 91.

Orlov F.B. Arboretum of the Arkhangelsk Forestry Institute. *Lesnoe khozyajstvo*, 1952, no. 7, p. 91. (In Russ.).

23. Попкова И.А. Интродукция видов рода *Acer* L. в дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2022. 20 с.
Popkova I.A. *Introduction of Species of the Genus Acer L. in the Dendrological Garden named after I.M. Stratonovich*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2022. 20 p. (In Russ.).
24. Программа интродукции лесных пород в европейской части СССР до 2000 г. и далее // Лесохоз. информ. 1992. № 2. С. 15–16.
The program of Introduction of Forest Species in the European Part of the USSR until 2000 and Beyond. *Lesokhozyajstvennaya informatsiya* = Forestry Information, 1992, no. 2, pp. 15–16. (In Russ.).
25. Рекомендации по ассортименту древесных растений для озеленения городов и поселков Севера / сост. В.Н. Нилов. Архангельск: АИЛиЛХ, 1981. 19 с.
Recommendations on the Assortment of Woody Plants for Landscaping Cities and Towns in the North. Comp. by V.N. Nilov. Arkhangelsk, Arkhangelsk Forest and Forest Chemistry Institute Publ., 1981. 19 p. (In Russ.).
26. Сродных Т.Б. Состояние и концептуальные направления озеленения северных городов Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2008. 42 с.
Srodnykh T.B. *The State and Conceptual Directions of Landscaping of Northern Cities of Western Siberia*: Doc. Agric. Sci. Diss. Abs. Yekaterinburg, 2008. 42 p. (In Russ.).
27. Царёв А.П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: моногр. М.: МГУЛ, 2013. 164 с.
Tsarev A.P. *Forest Breeding Programs in Russia and Abroad*: Monograph. Moscow, Moscow State Forest University Publ., 2013. 164 p. (In Russ.).
28. Чарочкин М.М. Экзоты на Севере // Бюл. Гл. ботан. сада. 1960. Вып. 36. С. 29–37.
Charochkin M.M. Exotics in the North. *Bulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* = Bulletin Main Botanical Garden, 1960, iss. 36, pp. 29–37. (In Russ.).
29. Чернышенко О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2001. 36 с.
Chernyshenko O.V. *Absorption Capacity and Gas Resistance of Woody Plants in Urban Conditions*: Doc. Biol. Sci. Diss. Abs. Moscow, Moscow State Forest University Publ., 2001. 36 p. (In Russ.).
30. Atkins E. Chapter 3.15 – Green Streets as Habitat for Biodiversity. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*, UK, Oxford, Butterworth-Heimann, 2018, pp. 251–260. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00023-9>
31. Chaudhary, I.J., Rathore D. Dust Pollution: Its Removal and Effect on Foliage Physiology of Urban Trees. *Sustainable Cities and Society*, 2019, vol. 51, art. no. 101696. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101696>
32. Good R.D. A Theory of Plant Geography. *New Phytologist*, 1931, vol. 30, iss. 3, pp. 149–171. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1931.tb07414.x>
33. Jochner, S., Menzel A. Urban Phenological Studies – Past, Present, Future. *Environmental Pollution*, 2015, vol. 203, pp. 250–261. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.003>
34. Manangan A., Brown C., Saha S., Bell J., Hess J., Uejio C., Fineman S., Schramm P. Long-Term Pollen Trends and Associations between Pollen Phenology and Seasonal Climate in Atlanta, Georgia (1992–2018). *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 2021, vol. 127, iss. 4, pp. 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2021.07.012>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article