

УДК 630\*182.21

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-73-85

## СТУПЕНЧАТАЯ ИНТРОДУКЦИЯ ВИДОВ ДЕНДРОФЛОРЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНУЮ ЧАСТЬ РУССКОЙ РАВНИНЫ (ОБЗОР)

*Н.А. Бабич<sup>1</sup>, 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. Карбасникова<sup>2</sup>, канд. с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [AAH-6250-2021](https://orcid.org/0000-0003-2850-9362),*

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

*М.М. Андропова<sup>3</sup>, д-р с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [AAB-4480-2020](https://orcid.org/0000-0002-9654-8913),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9654-8913>*

*О.С. Зальвская<sup>1</sup>, канд. 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. Александрова<sup>1</sup>, аспирант; ResearcherID: [AAH-4016-2021](https://orcid.org/0000-0002-2802-1124),*

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

*Н.П. Гаевский<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, доц.*

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д.17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: forest@narfu.ru

<sup>2</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, д. 2, с. Молочное, г. Вологда, Россия, 160555; e-mail: helen15@yandex.ru

<sup>3</sup>Вологодский институт права и экономики ФСИН России, ул. Щетинина, д. 2 а, г. Вологда, Россия, 160026; e-mail: mary1969@yandex.ru

**Аннотация.** Интродукция хозяйственно-ценных и декоративных видов с давних времен является одним из основных методов повышения биологического разнообразия дендрофлоры. Цель исследований – развитие теории ступенчатой интродукции видов дендрофлоры в северном направлении. Методологической базой исследований послужили труды специалистов в области лесной интродукции, в том числе интродукторов-северян Ф.Б. Орлова, П.М. Малаховца, В.Н. Нилова, Н.А. Демидовой, О.С. Зальвской, Е.Б. Карбасниковой, М.М. Андроновой и др. Статья большей частью имеет теоретический характер и описывает развитие интродукции древесных и кустарниковых видов в суровых условиях северо-восточной части Русской равнины. Анализ результатов научной и стихийной интродукции позволил сформулировать рабочую гипотезу о возможности реализации ступенчатой интродукции ценных видов дендрофлоры за счет формируемого в городах особого микроклимата с более высоким уровнем температурного режима по сравнению с периферией. Предполагается, что теплового ресурса «островов тепла» должно быть достаточно для успешной акклиматизации культиваров, продвижения их семенного потомства в загородные условия с последующей натурализацией. На основе многолетних исследований сформулированы тезисы, охватывающие основные аспекты развития ступенчатой интродукции: начало первой ступени акклиматизации; факторы, влияющие на величину интродукционной ступени; приоритетный материал для обработки основных принципов ступенчатой интродукции; лимитирующие факторы северной границы интродукционного ареала; соответствие условий «островов тепла» условиям северной части предыдущей интродукционной ступени. Практическое применение данных тезисов позволит увеличить эффективность акклиматизационных испытаний интродуцируемых видов растений. Для объективной оценки результатов экспериментов предложена таблица успешности акклиматизации и натурализации видов дендрофлоры с учетом разных этапов онтогенеза. Синтез выводов и рекоменда-

ций способствует проведению целенаправленных мероприятий по адаптации растений и формированию достоверных прогнозов их натурализации.

**Для цитирования:** Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Андропова М.М., Залывская О.С., Александрова Ю.В., Гаевский Н.П. Ступенчатая интродукция видов дендрофлоры в северо-восточную часть Русской равнины (обзор) // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 3. С. 73–85. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-73-85

**Ключевые слова:** ступенчатая интродукция, акклиматизация растений, натурализация, рабочая гипотеза, дендрофлора, интродукционные испытания.

Научная общественность обеспокоена истощением биоразнообразия, в том числе и лесных экосистем [5, 8, 17, 25, 34, 44, 45, 47]. Сравнительно бедный породный состав таежных лесов северо-восточной части Русской равнины обуславливает актуальность этой проблемы. Введение в культуру интродуцированных видов является одним из путей повышения хозяйственной освоенности земельных ресурсов, улучшения комфортности северных городов и поселков, формирования и расширения базы витаминного и лекарственного сырья [48, 50–53, 55–59].

Эффективное решение проблемы интродукции древесных растений в северные условия – метод их ступенчатой поэтапной акклиматизации в городских условиях с последующим культивированием устойчивого полноценного потомства в пригородных лесах зеленых зон.

Идею ступенчатой акклиматизации впервые высказал немецкий естествоиспытатель, географ и путешественник Александр Гумбольдт (1769–1859), который предложил переносить растения из тропиков в Европу через промежуточный пункт на Канарских островах [6].

В 1963 году Совет ботанических садов СССР обсудил вопрос об организации ступенчатой акклиматизации растений. Суть данного метода, по В.П. Доброхвалову [7], заключается в прерывчато-постепенном (ступенчатом) переносе растений из сухих географических условий в другие путем семенного размножения на каждую ступень, так как растительный организм в стадии семенного размножения является наиболее пластичным, легче перестраивает свою природу в соответствии с новыми условиями.

Следует отметить, что на Европейском Севере (Архангельская и Вологодская области, Республика Коми) есть примеры удачной стихийной и ступенчатой интродукции. Возраст этих образцов составляет десятки лет. К таким объектам следует отнести аллеи посадки лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на Соловках (64° 57' – 65° 12' с. ш. и 35° 30' и 36° 17' в. д.) (рис. 1). Средняя высота лиственниц в 50-летнем возрасте составляет 21 м, что соответствует I классу бонитета [38], а в 70-летнем – высота достигает уже 25 м [14].

Т.Л. Фокина [39] приводит такой факт: известный северный краевед К.П. Гемп, побывавшая на Соловках в 1905 г., сообщила, что три соловецких монаха в тот год ездили на Памир, где встречались с Панчаламой, и привезли в подарок настоятелю семена многих растений. В их числе были роза морщинистая (*Rosa rugosa* Thunb.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rehb.) и бадан толстолистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch), ставшие самыми массовыми культурами того монастырского периода.

Рис. 1. Аллея *Larix sibirica* Ledeb в Соловецком ботаническом саду

Fig. 1. *Larix sibirica* Ledeb alley in the Botanical Garden of Solovetsky Museum-Preserve



В Вологодской области (современные границы) сохранились значимые памятники интродукции сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour): Катаевская роща (возраст старых кедров составляет около 200 лет [15]), Петерьевская роща (диаметр самого крупного дерева достигает 1,28 м) в Велико-Устюгском р-не и Чагринская роща (создание – 1900–1941 г.) в Грязовецком р-не, служащие базой заготовки лесосеменного сырья с последующим его использованием в лесокультурном деле. Такие интродукционные очаги являются своеобразными центрами распространения данной породы в северо-восточную часть Русской равнины.

Внимание ступенчатой акклиматизации плодовых растений при продвижении их в северном направлении уделял И.В. Мичурин, который не только обосновал возможность использования этого метода, но и практически доказал его реальность [21]. При продвижении культуры абрикоса в северные широты путем двукратного отбора наиболее устойчивых семян, выращенных из косточек, глубина каждой ступени оказалась равной 300–350 км, а граница плодовой культуры передвинута на 700 км [20, 21]. Мичуринский принцип ступенчатой акклиматизации вполне применим и в области декоративного древоразведения и лесоводства.

Вопросом ступенчатой акклиматизации активно занимался А.Л. Лыпа [19–21]. В его работах отмечено, что среднюю величину географической ступени принимают в 300–400 км, а число ступеней определяют в 2–4 и более. В качестве акклиматизационных баз могут служить ботанические сады, лесные опытные станции и сеть государственных заповедников.

В результате многолетних исследований в дендрарии Архангельского лесотехнического института Ф.Б. Орлов, В.П. Тарабрин, П.М. Малаховец [34] пришли к выводу, что качественные показатели семян у дочерних поколений, как правило, выше, чем у материнских. У большинства пород второго поколения увеличилась масса 1000 шт. семян по сравнению с массой 1000 шт. семян интродуцированных материнских организмов: у сирени венгерской (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rehb.) – на 27 %, у черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L.) – на 26 %, у жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.) – на 15 %, у ирги обильноцветущей (*Amelanchier florida* Lindl.) – на 95 %.

Трудами Ф.Б. Орлова [31, 32], В.Н. Нилова [26–31], П.М. Малаховца [22–24] созданы предпосылки научной платформы формирования оригинальной рабочей гипотезы о возможности продвижения в северные условия новых отселектированных хозяйственно-ценных лесных, плодово-ягодных и декоративных видов дендрофлоры.

На основе исследований О.С. Залывской [11], Е.Б. Соколовой [35], С.В. Хрущевой [43] и М.М. Андроновой [1] сформирована оригинальная рабочая гипотеза о возможности успешной ступенчатой интродукции видов дендрофлоры в бореальные условия таежной зоны Русской равнины за счет особого микроклимата «островов тепла» в городах, где отмечается более высокий уровень температурного режима, чем за их пределами. Этого теплового ресурса должно быть достаточно для успешной акклиматизации и натурализации культиваров с последующим продвижением их семенного потомства в загородные условия произрастания. Наибольшие температурные контрасты «г. Вологда – пригород» отмечаются зимой и могут достигать 10–14 °С. В летний период эти различия не превышают 4–5 °С [18].

Метод ступенчатой акклиматизации основан на приобретении за весь жизненный цикл новых свойств в непривычной для растения среде. Изменения, которые происходят на разных этапах развития в процессе приспособления к отличным от прежних климатическим ресурсам, отражаются на наследственности и разнообразии. В каждом последующем поколении потомство все больше приспособляется к новым условиям произрастания, и его можно продвигать из агломерации с достаточно выраженным «островом тепла» в малые города, городские зеленые зоны, а в конечном итоге в тайгу.

Со ступенчатой акклиматизацией связан многоцветный селекционный отбор, который рассматривается как самостоятельный способ изучения интродуцентов, а также установления и уточнения условий использования их в культуре и базируется на определении ценных свойств породы – зимостойкости, морозостойчивости, интенсивности роста и развития.

Наши представления о развитии интродукции видов дендрофлоры в условиях северо-восточной части Русской равнины, а также накопленный опыт стихийного переселения древесных растений в северном направлении и существенные результаты многолетних комплексных исследований успешности продвижения в северные условия Русской равнины новых видов дендрофлоры позволяют сформулировать тезисы, реализация (соблюдение) которых на практике способствует значительному повышению уровня и эффективности интродукционных испытаний хозяйственно-ценных и декоративных растений:

за начало первой ступени акклиматизации культивара принимается широта северной границы естественного ареала произрастания растения;

величина интродукционной ступени имеет флуктуирующий характер и зависит от целого комплекса факторов: географического направления перемещения растения, степени соответствия нового места культивирования условиям естественного произрастания, соблюдения интродукторами основополагающих правил лесокультурного дела с учетом имеющегося положительного опыта «стихийной» интродукции;

при перемещении видов дендрофлоры в широтном направлении величина интродукционной ступени зависит от их жизненной формы. Кустарники как более экологически пластичные и раньше вступающие в репродуктивную фазу растения возможно успешнее перемещать севернее по сравнению с деревьями;

отработку основополагающих принципов и положений методологии ступенчатой акклиматизации предпочтительно проводить на кустарниках;

с удалением места культивирования растения от северной границы его естественного ареала величина каждой последующей интродукционной ступени уменьшается;

северная граница интродукционного ареала ограничивается минимизацией климатических ресурсов городских условий, а также понижением эффективности агротехнических мероприятий (рыхление почвы, поливы, подкормки и т. п.) по уходу за растениями до уровня их гибели уже на первом этапе интродукционного испытания;

климатические условия «острова тепла» предполагаемого района культивирования должны быть близки к климатическим ресурсам северной части естественного ареала произрастания растения, а при дальнейшем продвижении последующих поколений культивара в широтном направлении – с климатическими условиями северной части предыдущей ступени.

Многолетние исследования [2–4, 9, 10, 12, 13, 36, 37, 46, 49, 54] и анализ результатов научной [40–42] и обобщение опыта стихийной интродукции позволяют логически правильно представить возможность выделения групп успешности акклиматизации и натурализации интродуцентов (см. таблицу). Каждый балл успешности представляет собой цифровое выражение степени эффективности интродукции, более высокий балл означает более высокую ее степень.

#### Успешность акклиматизации и натурализации видов дендрофлоры

Балл успешности	Группа успешности	Адаптивные особенности	Представители
1	Весьма выраженная деакклиматизация	Сеянцы приживаются слабо или растение погибает в ювенильный период онтогенеза	Ракитник двуцветковый ( <i>Cytisus ratisbonensis</i> Schaeff.), жимолость золотистая ( <i>Lonicera chrysantha</i> Turcz. ex Ledeb.), робиния обыкновенная ( <i>Robinia pseudo-acacia</i> L.), граб обыкновенный ( <i>Carpinus betulus</i> L.) и др.
2	Выраженная деакклиматизация	Растения успешно приживаются, но меняют жизненную форму	Туя западная ( <i>Thuja occidentalis</i> L.), черемуха виргинская ( <i>Prunus virginiana</i> L.), боярышник алмаатинский ( <i>Crataegus altaatensis</i> Pojark.) бузина красная ( <i>Sambucus racemosa</i> L.) и др.
3	Средний уровень акклиматизации	Растения цветут только в наиболее благоприятных метеорологических условиях, но не плодоносят, или плодоносят, но дают семена низкого качества	Лещина обыкновенная ( <i>Corylus avellana</i> (L.) H.Karst.), сосна горная ( <i>Pinus mugo</i> Turra), липа мелколистная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.), бересклет бородавчатый ( <i>Euonymus verrucosus</i> Scop.), орех манчжурский ( <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.) и др.
4	Высокий потенциал акклиматизации	Цветение и плодоношение по шкале В.Г. Каппера [16] – 3-4 балла, качество семян в первые годы низкое	Ель колючая ( <i>Picea pungens</i> Engelm.), сосна скрученная ( <i>Pinus contorta</i> Douglas ex Loudon), арония черноплодная ( <i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott), боярышник редколесный ( <i>Crataegus lucorum</i> Sarg., рис. 2), клен ясенелистный ( <i>Acer negundo</i> L.) и др.

Окончание таблицы

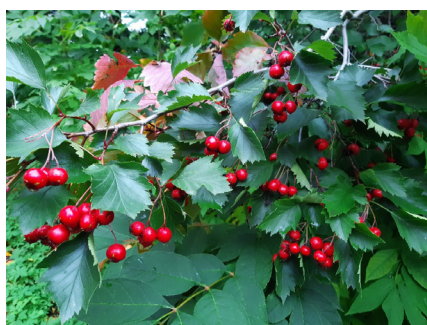
Балл успешности	Группа успешности	Адаптивные особенности	Представители
5	Успешная натурализация	Семенные годы наблюдаются в соответствии с биологией вида в условиях естественного ареала, цветение и плодоношение – 5 баллов, качество семян – хорошее. Растения имеют признаки натурализации: устойчивое развитие, рост и самовозобновление	Вяз гладкий ( <i>Ulmus laevis</i> Pall.), вяз шершавый ( <i>Ulmus glabra</i> Huds.), дуб черешчатый ( <i>Quercus robur</i> L.), клен остролистный ( <i>Acer platanoides</i> L.), ясень обыкновенный ( <i>Fraxinus excelsior</i> L.), сосна кедровая сибирская и др.

В первую группу включены виды, условия местопроизрастания которых по климатическим условиям в корне отличаются от климатических ресурсов региона интродукционного испытания, т. е. географически образцы данных растений при первичном испытании перемещены на значительное расстояние от экологического оптимума естественного ареала.

Интродукционный стресс растений второй группы выражается в обмерзании, фасциации их отдельных частей, приобретении многоствольности или изменении жизненной формы дерева на куст.

Периодичность и обилие цветения растений, относящихся к третьей группе, не соответствует биологии вида и сильно зависит от метеорологических условий. Плодоношение отсутствует или не превышает 1-2 баллов по шкале В.Г. Каппера.

Растения четвертой группы в первые годы развития имеют семена невысокого качества, за период онтогенеза в процессе адаптации оно повышается до уровня, характерного для данного вида.

Рис. 2. Плоды *Crataegus lucorum* SargFig. 2. *Crataegus lucorum* Sarg fruit

В пятую группу входят растения с высокой фертильностью и устойчивым плодоношением. Качество семян соответствует биологическим характеристикам вида в естественном ареале. Растения способны к самовозобновлению в новых условиях.

Растения-интродуценты в процессе онтогенеза могут приобретать новые биологические свойства и тем самым повышать свою жизнеспособность и флуктуировать в пределах выделенных групп успешности. У растений второго поколения семенного происхождения с высоким потенциалом натурализации формируются биологические свойства, характерные для «одичавших» интродуцентов.

В заключение следует отметить, что реализация обозначенных выводов и рекомендаций позволяет более результативно планировать, целенаправленно вести исследования и достовернее прогнозировать успех интродукционных испытаний древесных растений, а также формировать перспективный ассортимент видов городской дендрофлоры, наиболее адаптированных к почвенно-климатическим условиям региона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Андропова М.М. Интродуцированные виды парка «Чуглы» // Современные экологические проблемы Центрально-Черноземного региона. Вып. 2: Особо охраняемые природные территории. Интродукция растений – 2016 / под ред. Т.А. Девятовой, В.Н. Калаева, А.А. Воронина. Воронеж: Роза ветров, 2016. С. 16–20.

Andronova M.M. Introduced Species of the Chugly Park. *Modern Ecological Problems of the Central Chernozem Region. Vol. 2: Specially Protected Natural Areas. Introduction of Plants – 2016*. Ed. by T.A. Devyatova, V.N. Kalayev, A.A. Voronin. Voronezh, Roza vetrov Publ., 2016, pp. 16–20.

2. Андропова М.М. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Архангельск, 2019. 40 с.

Andronova M.M. *Stepwise Introduction of Woody Plants in the North of the Russian Plain*: Dr. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2019. 40 p.

3. Бабич Н.А., Андропова М.М. Сосна скрученная – перспективный интродуцент для озеленения малых северных городов // Изв. вузов. Лесн. журн., 2014. № 6. С. 155–160.

Babich N.A., Andronova M.M. Lodgepole Pine – a Perspective Introduced Species for Greening of Northern Smaller Cities. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2014, no. 6, pp. 155–160. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/42f/babich.pdf>

4. Бабич Н.А., Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Селекция и семенная репродукция кедра сибирского. Вологда-Молочное: ВГМХА, 2014. 154 с.

Babich N.A., Khamitov R.S., Khamitova S.M. *Breeding and Seed Reproduction of Siberian Stone Pine*. Vologda-Molochnoe, Vologda SDFP Publ., 2014. 154 p.

5. Волков А.Д., Белоголова Т.В., Курхинен Ю.П., Сазонов С.В., Шубин В.И. Фактор биоразнообразия и комплексная продуктивность лесных экосистем северо-запада таежной зоны европейской части России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 223 с.

Volkov A.D., Belonogova T.V., Kurkhinen Yu.P., Sazonov S.V., Shubin V.I. *Biodiversity Factor and Complex Productivity of Forest Ecosystems of the Northwest Taiga Zone of the European Part of Russia*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2002. 223 p.

6. Гордієнко М.І., Корецький Г.С., Маурер В.М. Лісові культури. Київ: Сільгоспосвіта, 1995. 328 с.

Gordienko M.I., Korecki G.S., Maurer V.M. *Forest Plantations*. Kiev, Silgospovita Publ., 1995. 328 p.

7. Доброхвалов В.П. Система ступенчатой акклиматизации растений как возможная основа организации акклиматизационной работы в стране // Бюл. ГБС. 1964. Вып. 55. С. 16–26.

Dobrokhvalov V.P. Sistem of Stepwise Acclimatization of Plants as a Possible Basis for Organization of Acclimatization Work in the Country. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*, 1964, iss. 55, pp. 16–26.

8. Дроздов И.И., Дроздов Ю.И. Лесная интродукция. М.: МГУЛ, 2000. 135 с.  
Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. *Forest Introduction*. Moscow, MGUL Publ., 2000. 135 p.
9. Евдокимов И.В., Корчагов С.А., Карбасникова Е.Б., Андропова М.М. Интродукция древесно-кустарниковых видов Дальнего Востока и Китая в дендрологическом саду Вологодской государственной молочно-хозяйственной академии им. Н.В. Верещагина // Тр. БГТУ. Лесн. хоз-во. 2016. № 1. С. 191–195.  
Yevdokimov I.V., Korchagov S.A., Karbasnikova Ye.B., Andronova M.M. The Introduction of Tree and Shrub Species from the Far East and China in the Dendrological Garden of the N.V. Vereshchagin Vologda State Dairy Academy. *Trudy BGTU. Lesnoye khozyaystvo* [Proceedings of BSTU. Forestry], 2016, no. 1, pp. 191–195.
10. Евдокимов И.В., Корчагов С.А., Карбасникова Е.Б., Андропова М.М. Результаты интродукции дендрофлоры Южной Сибири и Монголии в дендрологическом саду ВГМХА имени Н.В. Верещагина // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2016. № 15. С. 276–279.  
Evdokimov I.V., Korchagov S.A., Karbasnikova E.B., Andronova M.M. The Results of the Introduction of Dendroflora of the South Siberia and Mongolia in the Dendrological Garden VGMHA Named after N.V. Vereshchagin. *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii* [Problems of Botany of South Siberia and Mongolia], 2016, no. 15, pp. 276–279.
11. Залывская О.С. Интродуценты древесной и кустарниковой флоры в озеленении г. Северодвинска // Материалы VIII Молодеж. конф. ботаников в Санкт-Петербурге. СПб.: С.-Петерб. гос. ун-т технологии и дизайна 2004. С. 212–213.  
Zalyvskaya O.S. Introductory Species of Tree and Shrub Flora in Landscaping of Severodvinsk. *Proceedings of the VIII Youth Conference of Botanists in Saint Petersburg*. Saint Petersburg, SPSUTD, Publ., 2004, pp. 212–213.
12. Залывская О.С. Качество семян интродуцентов – показатель их адаптации к новым условиям // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы VIII междунар. науч. конф. Красноярск, 2005. С. 31–33.  
Zalyvskaya O.S. Quality of Seeds of Introduced Species as an Indicator of Their Adaptation to New Conditions. *Fruit Growing, Seed Production and Introduction of Woody Plants: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Krasnoyarsk, 2005, pp. 31–33.
13. Залывская О.С. Интродуценты древесной и кустарниковой флоры в условиях Европейского Севера (на примере г. Северодвинска): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2006. 23 с.  
Zalyvskaya O.S. *Introductory Species of Tree and Shrub Flora in the European North (Case of Severodvinsk)*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2006. 23 p.
14. Инамов Л.Ф. Кедр на Севере: научно-популярные очерки. Архангельск, 2011. 412 с.  
Ipatov L.F. *Cedar in the North: Popular Science Essays*. Arkhangelsk, 2011. 412 p.
15. Инамов Л.Ф., Косарев В.П., Проурзин Л.И., Торхов С.В. Леса Соловецких островов: (по материалам лесоустройства 2003 г.). Архангельск, 2005. 60 с.  
Ipatov L.F., Kosarev V.P., Prourzin L.I., Torkhov S.V. *Forests of the Solovetsky Islands: Based on the Materials of Forest Management in 2003*. Arkhangelsk, 2005. 60 p.
16. Каннер В.Г. Об организации ежегодных систематических наблюдений над плодоношением древесных пород // Тр. по лесн. опыт. делу. Л., 1930. Вып. 8. С. 103–139.  
Kapper V.G. On the Organization of Annual Systematic Observations over the Fruiting of Tree Species. *Trudy po lesnomu opytному delu*, 1930, vol. 8, pp. 103–139.
17. Кущенко И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства *Pinaceae* Lindl. в условиях Карелии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2000. 44 с.  
Kishchenko I.T. *Growth and Development of Aboriginal and Introduced Species of the Family Pinaceae Lindl. in Karelia*: Dr. Biol. Sci. Diss. Abs. Saint Petersburg, 2000. 44 p.



18. Климат Вологды. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 174 с.  
*Climate of Vologda*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1988. 174 p.
19. *Лына А.Л.* Ступенчатая акклиматизация растений как метод географических ступеней // Тез. Совещ. по теории и методам акклиматизации растений. М.; Л., 1953. С. 53–62.  
Lyra A.L. Stepwise Acclimatization of Plants as a Method of Geographical Steps. *Abstracts of the Meeting on the Theory and Methods of Plant Acclimatization*. Moscow, 1953, pp. 53–62.
20. *Лына А.Л.* Некоторые данные из истории акклиматизации растений и ступенчатая акклиматизация // Тр. Ботан. ин-та им. В.Л. Комарова АН СССР. Сер. VI. 1957. Вып. 5. С. 131–137.  
Lyra A.L. Some Data from the History of Plant Acclimatization and Stepwise Acclimatization. *Trudy botanicheskogo instituta imeni V.L. Komarova AN SSSR*, 1957, ser. VI, iss. 5, pp. 131–137.
21. *Лына А.Л.* Методологические и методические предпосылки к проведению работ по ступенчатой акклиматизации растений // Бюл. ГБС. 1965. Вып. 59. С. 3–8.  
Lyra A.L. Methodological and Procedural Background for Stepwise Acclimatization of Plants. *Vyulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*, 1965, iss. 59, pp. 3–8.
22. *Малаховец П.М.* Интродукция древесной растительности в условиях Архангельска // Рациональное использование природных ресурсов Европейского Севера: тез. докл. к науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов, посвящ. 400-летию г. Архангельска. Архангельск: АЛТИ, 1984. С. 23–24.  
Malakhovets P.M. Introduction of Woody Vegetation in Arkhangelsk. Rational Use of Natural Resources of the European North: Abstracts of the Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists, Dedicated to the 400th Anniversary of the City of Arkhangelsk. Arkhangelsk, ALTI Publ., 1984, pp. 23–24.
23. *Малаховец П.М.* Опыт интродукции древесных растений в условиях Севера и его использование в зеленом строительстве // Материалы науч.-практ. конф. (семинара) «Озеленение городов и поселков Архангельской области». Архангельск, 1999. С. 19–25.  
Malakhovets P.M. Experience of Introduction of Woody Plants in Conditions of the North and Its Use in Green Construction. *Proceedings of the Scientific and Practical Conference (Seminar) "Greening of Cities and Towns of the Arkhangelsk Region"*. Arkhangelsk, 1999, pp. 19–25.
24. *Малаховец П.М., Тисова В.А.* Зимостойкость интродуцированных древесных растений в условиях Севера // Изв. вузов. Лесн. журн., 1995. № 2-3. С. 25–30.  
Malakhovets P.M., Tisova V.A. Winter Hardiness of Introduced Woody Plants in Conditions of the North. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 1995, no. 2-3, pp. 25–30. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/apxiv/1995/2-3%201995.pdf>
25. Мониторинг и сохранение биоразнообразия таежных экосистем Европейского Севера России / под общ. ред. П.И. Данилова. Петрозаводск: Ин-т биологии КарНЦ РАН, 2010. 310 с.  
*Monitoring and Conservation of Biodiversity of Taiga Ecosystems of the European North of Russia*. Ed. by P.I. Danilov. Petrozavodsk, Institute of Biology KarRC RAS Publ., 2010. 310 p.
26. *Нилов В.Н.* Интродукция древесных растений и вопросы озеленения северных населенных пунктов // Материалы отчетной сессии по итогам науч.-исслед. работ в десятой пятилетке (1976–1980). Архангельск: АИЛиЛХ, 1981. С. 59–60.  
Nilov V.N. Introduction of Woody Plants and Issues of Greening of Northern Settlements. *Proceedings of the Report Session on the Results of Scientific Research Work in the tenth five-year plan (1976–1980)*. Arkhangelsk, AILiLKh Publ., 1981, pp. 59–60.
27. *Нилов В.Н.* Некоторые итоги и перспективы работ по интродукции древесных растений на таежном Севере // Проблемы повышения продуктивности лесов и перехода на непрерывное рациональное лесопользование в свете решений XXVI съезда КПСС. Архангельск: АИЛиЛХ, 1983. С. 171–173.

Nilov V.N. Some Results and Prospects of Work on the Introduction of Woody Plants in the Taiga North. *Problems of Increasing Forest Productivity and Transition to Continuous Rational Forest Management in the Light of Decisions of the XXVI Congress of the CPSU*. Arkhangelsk, AILiLKh Publ., 1983, pp. 171–173.

28. Нилов В.Н. Развитие работ по интродукции древесных пород на Европейском Севере // Материалы отчетной сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1987 г. Архангельск: АИЛиЛХ. 1988. С. 29–31.

Nilov V.N. Development of Works on Introduction of Tree Species in the European North. *Proceedings of the Report Session on the Results of Scientific Research Work in 1987*. Arkhangelsk, AILiLKh Publ., 1988, pp. 29–31.

29. Нилов В.Н. Программа по интродукции древесных пород на Европейский Север // Вопросы интродукции хозяйственно-ценных древесных пород на Европейский Север. Архангельск: АИЛиЛХ, 1989. С. 14–34.

Nilov V.N. The Program for the Tree Species Introduction to the European North. *Issues of Introduction of Economically Valuable Tree Species to the European North*. Arkhangelsk, AILiLKh Publ., 1989, pp. 14–34.

30. Нилов В.Н. Введение новых ценных деревьев и кустарников в культуру на Севере // Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие: междунар. симп. Архангельск, 16–26 июля 1990 г. Ч. II. М., 1990. С. 140–147.

Nilov V.N. Introduction of New Valuable Trees and Shrubs into Forest Plantings in the Russian North. *International Symposium "Northern Forests: Condition, Dynamics, Anthropogenic Impacts"*. Arkhangelsk, July 16–26, 1990. Moscow, 1990, part II, pp. 140–147.

31. Орлов Ф.Б. Интродукция древесной растительности на Севере // Лесн. хоз-во. 1953. № 12. С. 39–42.

Orlov F.B. Introduction of Woody Vegetation in the North. *Lesnoye khozyaystvo*, 1953, no. 12, pp. 39–42.

32. Орлов Ф.Б. Предварительные результаты интродукции древесных и кустарниковых пород в дендрарии АЛТИ // Тр. АЛТИ. Архангельск, 1957. Т. XVII. С. 150–159.

Orlov F.B. Preliminary Results of the Introduction of Tree and Shrub Species in the ALTI Arboretum. Arkhangelsk. *Trudy ALTI*, 1957, vol. XVII, pp. 150–159.

33. Орлов Ф.Б., Тарабрин В.П., Малаховец П.М. Некоторые вопросы акклиматизации и интродукции деревьев и кустарников в условиях Севера // Тр. АЛТИ. Т. XXI. Архангельск, 1969. С. 24–29.

Orlov F.B., Tarabrin V.P., Malakhovets P.M. Some Issues of Acclimatization and Introduction of Trees and Shrubs in the North. *Trudy ALTI*, 1969, vol. XXI, pp. 24–29.

34. Рубцов В.И., Самошкин Е.Н. Интродукция древесных растений – важнейший путь увеличения биологического разнообразия лесных экосистем // Изв. вузов. Лесн. журн. 1997. № 1-2. С. 44–47.

Rubtsov V.I., Samoshkin E.N. Introduction of Woody Plants – the Most Important Way to Increase the Biological Diversity of Forest Ecosystems. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 1997, no. 1-2, pp. 44–47. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/apxiv/1997/1-2%201997%20ЛЕСНОЙ%20ЖУРНАЛ.pdf>

35. Соколова Е.Б. Качество семян ели колючей серебристой формы, произрастающей в урбанизированной среде г. Вологды // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству. Т. 3. Биологические науки: сб. тр. ВГМХА по результатам науч.-метод. конф., посвящ. 97-летию академии. Вологда-Молочное: ВГМХА, 2008. С. 37–38.

Sokolova E.B. Quality of Seeds of Silver Blue Spruce Growing in the Urbanized Environment of Vologda. *Agrarian Science for Agricultural Production. Vol. 3. Biological Sciences. Collection of Academic Papers of VSDFA on the Results of the Scientific and Methodological Conference Dedicated to the 97th Anniversary of the Academy*. Vologda-Molochnoe, VSDFA Publ., 2008, pp. 37–38.

36. Соколова Е.Б. К вопросу об интродукции древесной и кустарниковой растительности в городской среде // Проблемы и перспективы развития растениеводства и лесного дела в современных условиях. Вологда-Молочное: ВГМХА, 2008. С. 126–128.

Sokolova E.B. To the Issue of the Introduction of Tree and Shrub Vegetation in the Urban Environment. *Problems and Prospects of the Development of Plant Breeding and Forestry in Modern Conditions*. Vologda-Molochnoe, VSDF Publ., 2008, pp. 126–128.

37. Соколова Е.Б. Древесная и кустарниковая растительность в Юго-Западном интродукционном районе (на примере г. Вологды): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2010. 20 с.

Sokolova E.B. *Tree and Shrub Vegetation in the South-Western Introduction Region (Case of Vologda)*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2010. 20 p.

38. Трубин Д.В., Ипатов Л.Ф. Рост лиственницы на Соловецких островах // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: межвуз. сб. науч. тр. Л.: ЛТА, 1982. С. 23–26.

Trubin D.V., Ipatov L.F. Growth of Larch on the Solovetsky Islands. *Forestry, Forest Plantations and Soil Science: Interuniversity Collection of Academic Papers*. Leningrad, LTA Publ., 1982, pp. 23–26.

39. Фокина Т.Л. Ботанический сад Соловецкого музея-заповедника // Совет ботанических садов России: информ. бюл. 1997. Вып. 5. С. 6–10.

Fokina T.L. Botanical Garden of Solovetsky Museum-Reserve. *Sovet botanicheskikh sadov Rossii: Informatsionnyy byulleten'* [Council of the Botanical Gardens of Russia: Newsletter], 1997, iss. 5, pp. 6–10.

40. Хамитов Р.С. Влияние географической изоляции на структуру популяций кедров сибирского по форме семенной чешуи // Вестн. КрасГАУ, 2013. № 11(86). С. 217–220.

Khamitov R.S. Geographical Isolation Influence on the Structure of Siberian Cedar Populations on the Seed Scale Form. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU], 2013, no. 11(86), pp. 217–220.

41. Хамитов Р.С. Интродукция сосны кедровой сибирской на генетико-селекционной основе в таежную зону Восточно-Европейской равнины: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Вологда, 2015. 41 с.

Khamitov R.S. *Introduction of Siberian Pine on a Genetic and Breeding Basis to the Taiga Zone of the East European Plain*: Dr. Agric. Sci. Diss. Abs. Vologda, 2015. 41 p.

42. Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Плодоношение кедров сибирского в Чагринской кедровой роще // Аграрная наука – сельскому производству. Т. 3. Биологические науки: сб. тр. ВГМХА по результатам науч.-практ. конф., посвящ. 97-летию академии. Вологда-Молочное: ВГМХА, 2008. С. 44–45.

Khamitov R.S., Khamitova S.M. Fruiting of Siberian Stone Pine in the Chagrino Cedar Grove. *Agrarian Science for Agricultural Production. Vol. 3. Biological Sciences. Collection of Academic Papers of VSDF on the Results of the Scientific and Methodological Conference Dedicated to the 97th Anniversary of the Academy*. Vologda-Molochnoe, VSDF Publ., 2008, pp. 44–45.

43. Хрущева С.В. Оценка состояния дендрофлоры насаждений искусственного происхождения (на примере г. Новодвинска): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2010. 20 с.

Khrushcheva S.V. *Dendroflora State Assessment of Artificial Plantations (Case of Novodvinsk)*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2010. 20 p.

44. Юрцев Б.А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учета и охраны // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. СПб.: Зоол. ин-т РАН. 1992. С. 7–21.

Yurtsev B.A. Ecological and Geographical Structure of Biological Diversity and Strategy of Its Accounting and Protection. *Biological Diversity: Approaches to Study and Conservation*. Saint Petersburg, Institute of Zoology RAS Publ., 1992, pp. 7–21.

45. 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>
46. Berra E.F., Gaulton R. Remote Sensing of Temperate and Boreal Forest Phenology: A Review of Progress, Challenges and Opportunities in the Intercomparison of In-Situ and Satellite Phenological Metrics. *Forest Ecology and Management*, 2021, vol. 480, art. 118663. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118663>
47. Demidova N.A., Eriksson G. Genetic Variation in Growth Characteristics of *Hippophae rhamnoides* L. Grown under Controlled Conditions. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2018, no. 5, pp. 26–37. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.5.26>
48. 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, vol. 453, art. 117577. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117577>
49. Falck H., Mikhaylov K.L., Demidova N.A. Wood Waste Potential as Forestry Competitive Advantage (By the Example of the Arctic Inland Territories of the Russian European North). *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2019, no. 6, pp. 280–289. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.280>
50. Haas J.C., Street N.R., Sjödin A., Lee N.M., Högberg M.N., Näsholm T., Hurry V. Microbial Community Response to Growing Season and Plant Nutrient Optimisation in a Boreal Norway Spruce Forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, vol. 125, pp. 197–209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.07.005>
51. Haeussler S., Bedford L., Leduc A., Bergeron Y., Kranabetter J.M. Silvicultural Disturbance Severity and Plant Communities of the Southern Canadian Boreal Forest. *Silva Fennica*, 2002, vol. 36, no. 1, pp. 307–327. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.565>
52. 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>
53. Kiehl K. Plant Species Introduction in Ecological Restoration: Possibilities and Limitations. *Basic and Applied Ecology*, 2010, vol. 11, iss. 4, pp. 281–284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baec.2010.02.008>
54. 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, vol. 98, art. 1002590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102590>
55. McBride J.R., Douhovnikoff V. Characteristics of the Urban Forests in Arctic and Near-Arctic Cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2012, vol. 11, iss. 2, pp. 113–119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.07.007>
56. Ren Y., Ge Y., Ma D., Song X., Shi Y., Pan K., Qu Z., Guo P., Han W., Chang J. Enhancing Plant Diversity and Mitigating BVOC Emissions of Urban Green Spaces Through the Introduction of Ornamental Tree Species. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2017, vol. 27, pp. 305–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.08.011>
57. Sjöman H., Östberg J., Bühler O. Diversity and Distribution of the Urban Tree Population in Ten Major Nordic Cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2012, vol. 11, iss. 1, pp. 31–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.09.004>
58. Widenfalk O., Weslien J. Plant Species Richness in Managed Boreal Forests – Effects of Stand Succession and Thinning. *Forest Ecology and Management*, 2009, vol. 257, iss. 5, pp. 1386–1394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.12.010>
59. Yang J., Cooper D.J., Li Z., Song W., Zhange Y., Zhao B., Han S., Wang X. Differences in Tree and Shrub Growth Responses to Climate Change in a Boreal Forest in China. *Dendrochronologia*, 2020, vol. 63, art. 125744. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2020.125744>

## STEPWISE INTRODUCTION OF DENDROFLORA SPECIES TO THE NORTHEASTERN PART OF THE RUSSIAN PLAIN (REVIEW)

*Nikolay A. Babich*<sup>1</sup>, 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*<sup>2</sup>, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAH-6250-2021](https://orcid.org/0000-0003-2850-9362),

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

*Marina M. Andronova*<sup>3</sup>, Doctor of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAB-4480-2020](https://orcid.org/0000-0002-9654-8913),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9654-8913>

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

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

*Yuliya V. Aleksandrova*<sup>1</sup>, Postgraduate Student; ResearcherID: [AAH-4016-2021](https://orcid.org/0000-0002-2802-1124),

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

*Nikolay P. Gayevskiy*<sup>1</sup>, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: forest@narfu.ru

<sup>2</sup>Vologda State Dairy Farming Academy named after V.N. Vereshchagin, ul. Shmidta, 2, s. Molochnoe, Vologda, 160555, Russian Federation; e-mail: helen15@yandex.ru

<sup>3</sup>Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service of Russia, ul. Shchetinina, 2 a, Vologda, 160002, Russian Federation; e-mail: mary1969@yandex.ru

**Abstract.** Introduction of economically valuable and ornamental species has long been one of the main methods of increasing the biological diversity of dendroflora. The aim of the research is to develop the theory of stepwise introduction of dendroflora species in the northern direction. The methodological basis of research was the works of experts in the field of forest introduction, including northern specialists, such as F.B. Orlov, P.M. Malakhovets, V.N. Nilov, N.A. Demidova, O.S. Zalyvskaya, E.B. Karbasnikova, M.M. Andronova, etc. The article is mostly theoretical and describes the development of the introduction of tree and shrub species in the harsh conditions of the northeastern part of the Russian Plain. Analysis of the results of scientific and spontaneous introduction allowed us to formulate a working hypothesis on the possibility of implementing a stepwise introduction of dendroflora valuable species due to the special microclimate formed in cities with a higher level of temperature regime compared to the periphery. It is assumed that the thermal resource of heat islands should be enough for successful acclimatization of cultivars, promotion of their seed offspring to suburban conditions with subsequent naturalization. Statements covering the main aspects of stepwise introduction development have been formulated based on long-term research. These are the beginning of the first stage of acclimatization, factors influencing the duration of the introduction stage, priority material for processing the basic principles of stepwise introduction, limiting factors of the northern border of the introduction range, compliance of the conditions of heat islands with the conditions of the northern part of the previous introduction stage. Practical implementation of these statements will increase the efficiency of acclimatization tests of introduced plant species. A table of the acclimatization success and naturalization of dendroflora species, taking into account different stages of ontogenesis, was proposed in order to objectively evaluate the results of experiments. Synthesis of conclusions and recommendations contributes to targeted plant adaptation measures and the formation of reliable predictions of their naturalization.

**For citation:** Babich N.A., Karbasnikova E.B., Andronova M.M., Zalyvskaya O.S., Aleksandrova Yu.V., Gayevskiy N.P. Stepwise Introduction of Dendroflora Species to the Northeastern Part of the Russian Plain (Review). *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 3, pp. 73–85. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-73-85

**Keywords:** stepwise introduction, plant acclimatization, naturalization, working hypothesis, dendroflora, introduction tests.