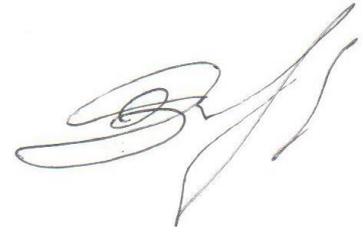


На правах рукописи



Зальвская Ольга Сергеевна

**ИНТРОДУКЦИЯ ВИДОВ ДЕНДРОФЛОРЫ
В СУБАРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

06.03.01 – Лесные культуры, селекция, семеноводство

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание учёной степени
доктора сельскохозяйственных наук**

Архангельск – 2022

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный консультант: доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Бабич Николай Алексеевич**

Официальные оппоненты: **Румянцев Денис Евгеньевич**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры лесоводства, экологии и защиты леса (ЛТ2) Мытищинского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (национальный исследовательский университет)»;

Авдеева Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой лесного инжиниринга, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»;

Лебедев Евгений Валентинович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры лесной таксации и лесоустройства, ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия».

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

Защита состоится « 7 » июня 2022 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.008.03 на базе ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» по адресу: 163002, г. Архангельск, Наб. Северной Двины, 17, главный корпус, ауд. 1220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» www.narfu.ru

Автореферат разослан « _____ » _____ 20 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Тюкавина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Древесная растительность таежных лесов небогата по видовому составу (насчитывается 17 родов). Интродукция растений является одним из способов увеличения биоразнообразия в высоких широтах. Оптимизируя состав и структуру зеленых насаждений, можно свести к минимуму урбанистический пресс.

Накоплен опыт интродукции древесных растений в России и за рубежом. Основополагающими в данном вопросе являются труды таких авторов, как И.С. Мелехов (1932, 1934, 1984); Ф.Б. Орлов (1952, 1955, 1969); А.Л. Лыпа (1951, 1953, 1965); Ф.Б. Орлов, В.П. Тарабрин, П.М. Малаховец (1969); П.И. Лапин (1968, 1972, 1979); П. М. Малаховец (1960, 1998, 1999); П.И. Лапин, К.К. Калуцкий, О.Н. Калуцкая (1979); В.И. Некрасов (1980); А.К. Фролов (1980); А.П. Царев (1982); Гельмут Е. Ландсберг (1982); А.Я. Любавская, О.Н. Виноградова (1983); В.Н. Нилов (1981, 1983, 1987); И.И. Дроздов (1998, 2003); Ю. Одум (1986); П. М. Малаховец, В. А. Тисова (1995, 1998, 1999); Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова (1998), Н.А. Демидова (1999; 2019); А.П. Царев, С.П. Погиба, В.В. Тренин (2001), П.А. Феклистов (2004); И.Н. Павлов (2005), И.Л. Бухарина (2007); Е.В. Авдеева (2008, 2011); В.Ф. Ковязин (2008); Т.Б. Сродных (2008); С.В. Залесов (2009); П.Е. Булах (2010); Е. В. Лебедев (2019).

Работа по введению древесных пород в северные широты проводится на базе архангельских дендросадов. Считаем, что основы интродукционных испытаний могут быть расширены для субарктических условий. Интродуценты, проявившие наилучшие хозяйственные признаки и показавшие устойчивость к неблагоприятным факторам, могут служить базой для заготовки семян и черенков с целью дальнейшего выращивания посадочного материала.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является изучение адаптации и развития видов интродуцированной дендрофлоры в субарктических условиях.

Программой исследований предусматривалось решение следующих приоритетных взаимосвязанных задач:

1. Расширение научных и методологических основ исследования интродуцентов в урбанизированных условиях.

2. Уточнение этапов интродукционных испытаний и групп успешности интродуцированных растений для конкретного региона.

3. Исследование особенностей адаптации, функционирования и жизнедеятельности интродуцентов древесной и кустарниковой флоры в субарктических условиях.

4. Оценка декоративности видов интродуцентов отдельно и насаждений в целом.

Научная новизна. Впервые для субарктических условий обобщен опыт стихийной интродукции. На основе многолетних исследований и комплексного подхода проведена оценка состояния инорайонных пород для субарктических условий включающая:

- особенности сезонного ритма развития и роста интродуцентов;
- плодоношение и семеношение деревьев и кустарников;
- санитарно-гигиеническую роль арборифлоры;
- оценку декоративности видов дендрофлоры и насаждений в течение календарного года.

Произведена импульсно-томографная диагностика состояния интродуцентов с применением установки ARBOTOM. Уточнены этапы интродукционных исследований при продвижении новых видов в северные широты.

Полученные в процессе мониторинга материалы развивают достижения, углубляют уровень современных знаний об адаптации, акклиматизации и натурализации видов и тем самым значительно расширяют возможности более успешного их внедрения, чем повышают эффективность использования их потенциала в интересах социально-экономического развития региона.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в уточнении методологии введения новых пород в высокие широты. Материалы исследований, основные выводы и рекомендации используются при формировании насаждений в субарктических условиях.

Согласно результатам диссертационных исследований репродуктивная способность интродуцентов позволяет использовать отдельные экземпляры в качестве маточников, для вегетативного размножения отбор деревьев и кустарников в городе производить также возможно.

Теоретические и практические разделы диссертации применяются при чтении лекций, проведении семинаров, лабораторных занятий и учебных практик для студентов, изучающих вопросы биоразнообразия на Севере.

Выполненные исследования послужили основанием для разработки «Рекомендаций по ассортименту древесных и кустарниковых пород в городах Архангельской агломерации», реализация которых способствует обогащению северной дендрофлоры и повышению комфортности городской среды.

Методология и методы исследований. Методология работы основана на изучении литературных данных отечественных и зарубежных авторов, сборе натурального материала по общепринятым методикам, которые используются при проведении интродукционных испытаний древесных видов. Дополнительно применены методики, в том числе авторские, по определению санитарного состояния, гигиенических и декоративных функций интродуцентов. Выявлены видовые особенности адаптивных реакций древесных растений.

Выводы сформулированы на основе большого экспериментального материала, полученного в ходе 19-летних исследований насаждений

Архангельской агломерации. Исследования продолжены в лабораторных условиях по современным методикам. Статистическая обработка данных проведена с применением цифровых технологий. Подтверждение выводов базируется на оценке достоверностей статистических показателей. Таким образом, применен комплексный подход к решению темы диссертационных исследований.

Положения, выносимые на защиту. На основе теоретических, экспериментальных и полевых исследований в работе рассмотрены, сформулированы и обоснованы следующие приоритетные положения, составляющие предмет защиты:

1. Опыт интродукции древесных растений в субарктических условиях как начальный этап введения новых пород.
2. Биоклиматические ресурсы для интродукции древесных растений.
3. Этапы интродукционных испытаний древесных растений в субарктических условиях.
4. Систематический и флористический состав насаждений Архангельской агломерации.
5. Функциональный потенциал инорайонных древесных и кустарниковых пород в субарктических условиях.
6. Шкала декоративности интродуцированной арборифлоры.
7. Особенности фенологии и сезонного роста видов интродуцированной дендрофлоры в субарктических условиях.
8. Репродуктивные свойства интродуцентов в субарктических условиях.
9. Комплексная оценка адаптивной способности дендроинтродуцентов в субарктических условиях.

Обоснованность и достоверность результатов исследований обеспечиваются богатым исходным материалом, полученным в результате многолетних комплексных исследований с использованием современных методик лабораторных анализов и данных натурных изысканий. При обработке исходных данных использовались компьютерные технологии. Исследования выполнены на 5 % доверительном уровне.

Апробация и публикация работ. Результаты исследований докладывались на научно-технических конференциях АГТУ и САФУ «Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения» (2006-2021 гг.); Всероссийской конференции, посвящённой 170-летию со дня рождения основателя Сочинского «Дендрария» С.Н. Худекова (Сочи, 2007); Международной научно-практической конференции «Дендро-2012» (МГУЛ, 2012); Международной конференции «Леса Евразии» (Вологда, 2014; Барнаул, 2015; Казань, 2017); Всемирном конгрессе ландшафтных архитекторов (Санкт-Петербург, 2015); Заочной научной конференции «Дендрология и уход за деревьями в урбанизированной среде» (2015); Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного

комплекса» (Вологда, 2019); Всероссийской заочной научно-практической конференции (Саратов, 2020); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Сельское и лесное хозяйство: инновационные направления развития» (Вологда, 2021); Национальных конференциях по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов (Саратов, 2021; Ижевск, 2021).

По материалам исследований опубликовано 32 работы, в том числе 1 монография, 14 статей из списка ВАК, в том числе 3 статьи в международных изданиях Web of Science.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа изложена на 295 страницах текста и состоит из введения, 8 глав, заключения, приложений. Список литературы содержит 462 наименования, в том числе 31 на иностранном языке. Текст иллюстрирован 50 таблицами и 26 рисунками.

Основные исследования выполнены в Архангельской агломерации в течение 2002–2021 гг. Согласно Указу Президента № 296 от 02 мая 2014 года «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» территории муниципальных образований «Город Архангельск», «Город Новодвинск», «Северодвинск» (Архангельская область) являются арктическими.

Автор выражает благодарность коллективу кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, научному консультанту доктору с.-х. наук, профессору Бабичу Николаю Алексеевичу за высказанные рекомендации и замечания.

Глава 1. ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Интродукционной работой дендросада САФУ (ранее АЛТИ, АГТУ) руководили И.М. Стратонович (1934-1950 гг.), Ф.Б. Орлов (1950-1970 гг.), П.М. Малаховец (1970-2017 гг.). В нем представлена дендрофлора трех континентов: Европы, Азии и Северной Америки.

Формирование коллекции древесных растений дендросада Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства (СевНИИЛХ, ранее АИЛиЛХ) начато в 1969 году, на сегодняшний день она составляет 596 видов из 76 родов и 32 семейств (Демидова, Дуркина, Гоголева, 2019).

Значительное число деревьев и кустарников, вступивших в фазу плодоношения, характеризуются хорошей урожайностью, а продуцируемые ими семена – высокими показателями качества. Местные поколения интродуцентов обладают более высокой семенной продуктивностью и имеют лучшее качество семян по сравнению с материнскими растениями, поэтому необходимо выращивать посадочный материал непосредственно на Севере, используя местный семенной и вегетативный материал для размножения (Искусственное лесовосстановление, 1992).

Обзор литературы (Бабич, Карбасникова, Долинская, 2012; Хамитов, 2015; Андропова, 2019 и многие др.), а также проведённые нами исследования (Зальевская, Бабич, 2007; 2008; 2012; 2014; 2019) свидетельствуют, что число пород для практического использования в субарктических условиях может быть расширено за счёт инорайонных древесных растений.

Глава 2. ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные исследования проведены в Архангельской агломерации – это полицентрическая система городов и прилегающих к ним посёлков на севере Европейской части России с населением более 600 тыс. человек, расположенная в устье реки Северная Двина. Экономический центр области представлен судостроительными, судоремонтными, лесо-деревоперерабатывающими, целлюлозно-бумажными, гидролизными предприятиями, оказывающими техногенное воздействие на окружающую среду. Агломерация включает города Архангельск, Северодвинск, Новодвинск и поселки (Уемский, Боброво, Талаги и др.) Приморского района Архангельской области.

Климат агломерации определяется её географическим положением и влиянием вод Белого моря, накладывающими отпечаток на все процессы жизнедеятельности растений. Основными климатическими факторами, влияющими на рост и развитие интродуцентов, являются свет, тепло и влага. В период их вегетации света вполне достаточно, а так как область расположена в зоне избыточного увлажнения, то количество выпадающих осадков обычно удовлетворяет потребности растений во влаге. Решающим фактором, определяющим успешность культивирования инорайонных пород, является тепловой режим вегетационного периода и, в первую очередь, минимальные температуры, которые могут переносить интродуценты без существенной потери своих декоративных качеств (Малаховец, Тисова, 2002).

Для региона характерна частая смена тёплых и холодных воздушных масс, сопровождаемая сильными ветрами, данному процессу способствует также равнинный рельеф. Значимыми для растений являются переходы среднесуточной температуры через 0, +5, +10, +15 °С и продолжительность периодов с температурой выше и ниже указанных пределов (табл. 1).

Снежный покров имеет большое значение в водном балансе и, следовательно, жизнедеятельности древесных и кустарниковых интродуцентов. Число дней со снежным покровом – 165. Снег предохраняет от вымерзания корневую систему растений, всходы и семена древесных пород, тем самым участвуя в их самовозобновлении. Также снежный покров является показателем пространственного распределения поллютантов, фиксирующим выпадения из атмосферы и косвенно отражающим состояние «воздушного бассейна». Во время снегопада существенная часть продуктов техногенеза из атмосферы, остается на поверхности земли.

Таблица 1 – Даты значимых для растений переходов температур воздуха в г. Архангельске (наши данные)

Температура, °С	Дата		Продолжительность периода, дни
>0	18.04	22.10	186
>5	13.05	29.09	138
>10	4.06	5.09	92
>15	3.07	6.08	33
<0	22.10	18.04	179
<-5	14.11	29.03	136
<-10	13.12	6.03	84

На развитие инорайонных пород значительное влияние оказывают заморозки. Поздневесенние заморозки зафиксированы в июне (абсолютный минимум составляет $-1,6$ °С в воздухе и $-2,0$ °С на почве); раннеосенние – в августе ($-3,3$ °С в воздухе и $-5,0$ °С на почве). Весенние заморозки становятся причиной повреждения тронувшихся в рост побегов, их вегетативных и генеративных почек, что ведет к угнетению или даже гибели дендроинтродуцента. Низкие продолжительные температуры осенью отрицательно влияют на прохождение закаливания и подготовку деревьев и кустарников к зиме, в результате инорайонное растение не набирает запаса морозостойчивости. Такие особенности играют важную роль при интродукционных испытаниях, так как короткий вегетационный период вынуждает большинство инорайонных пород раньше приступать к цветению, укорачивает время на созревание семян и, следовательно, репродуктивная способность снижается, особенно в первые годы плодоношения интродуцента.

Городские почвы обычно бесструктурны, часто засорены строительным мусором. Вытаптывание и уплотнение верхнего горизонта пешеходами сильно нарушают их водно-воздушный режим, суровые условия создаются для растений в посадочных ямах среди асфальта. В неблагоприятных почвенных условиях уменьшается годичный прирост растений, сокращается их долговечность, теряется декоративность. Большая часть влаги атмосферных осадков недоступна для растений, так как поступает в канализационную систему. Из-за постоянного вывоза листьев в почву возвращается незначительная часть питательных веществ. Городские почвы промерзают на большую глубину, чем лесные из-за уборки снега и нарушения водно-воздушного режима. Мощность почвенных горизонтов незначительная, что, в свою очередь, сокращает площадь питания для растений. Тяжёлые металлы, накапливаясь в почве, вызывают изменение рН, усиливают вымывание важных макро- и микроэлементов осадками, ухудшают деятельность полезной для растений микрофлоры почв, подавляют рост корней (Наквасина, Пермогорская, Попова, 2006; Попова, 2015).

Расположение агломерации в устье реки и близость моря влияет на климат территории, снижая летнюю температуру воздуха и повышая его влажность, и обеспечивая мягкую зиму. Данный фактор благоприятен для интродукции хвойных и лиственных древесных пород.

Температура в городе по нашим исследованиям на 4-6 °С выше, чем за его пределами: на растения оказывают влияние дневное нагревание асфальта и ночное излучение от него, выбросы автотранспорта и теплоцентрали жилищно-коммунального хозяйства. Роза ветров отличается от пригородной и наличие высоких строений формирует особый микроклимат.

Обобщая вышесказанное, отмечаем, что отрицательными факторами воздействия на рост и развитие растений в субарктических условиях являются: короткий вегетационный период (продолжительность в среднем 144 дня); неблагоприятные почвенные условия (городские почвы имеют антропогенный характер); сильные ветра (в среднем 4,8 м/с, максимальные скорости ветра – более 20 м/с), поздние весенние и ранние осенние заморозки, поэтому работу по интродукции необходимо выполнять на высоком агротехническом уровне. Положительными факторами являются небольшие колебания дневных и ночных температур воздуха в течение года, городские «острова тепла», высокая влажность воздуха, достаточное для растений количество осадков.

Глава 3. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методология данной работы основана на комплексном подходе, включающем изучение литературных данных отечественных и зарубежных авторов, сборе натурального материала по общепринятой методике ГБС АН, которая рекомендуется при проведении интродукционных испытаний древесных видов (исследования фенологии, репродуктивной способности, интегральная оценка перспективности интродукции), анализе полученной информации с применением компьютерных технологий. Также применены дополнительные методики по определению санитарного состояния, гигиенических и декоративных функций интродуцентов (рис. 1).

Объекты исследований – древесные и кустарниковые породы, произрастающие в виде линейных посадок, насаждения парков, скверов, посадки, формирующие внутриквартальные и межквартальные территории. Исследовали все виды дендрофлоры, произрастающие в агломерации.

Инвентаризация проводилась согласно общепринятым в лесоводстве и лесоведении методикам с определением ассортимента деревьев и кустарников, подсчётом экземпляров и определением их жизненного состояния (Ткаченко, 1952; Сукачев, Зонн, Мотовилов, 1957; Огиевский, Хиров, 1967; Старченко, 1975; Исследование древесных растений при интродукции, 1982; Ирошников, 1986; Методика проведения единовременной инвентаризации, 1986; Косарев, 1991; Методика инвентаризации, 1997; Правила проведения..., 1998; Инструкция по проведению инвентаризации..., 2002).

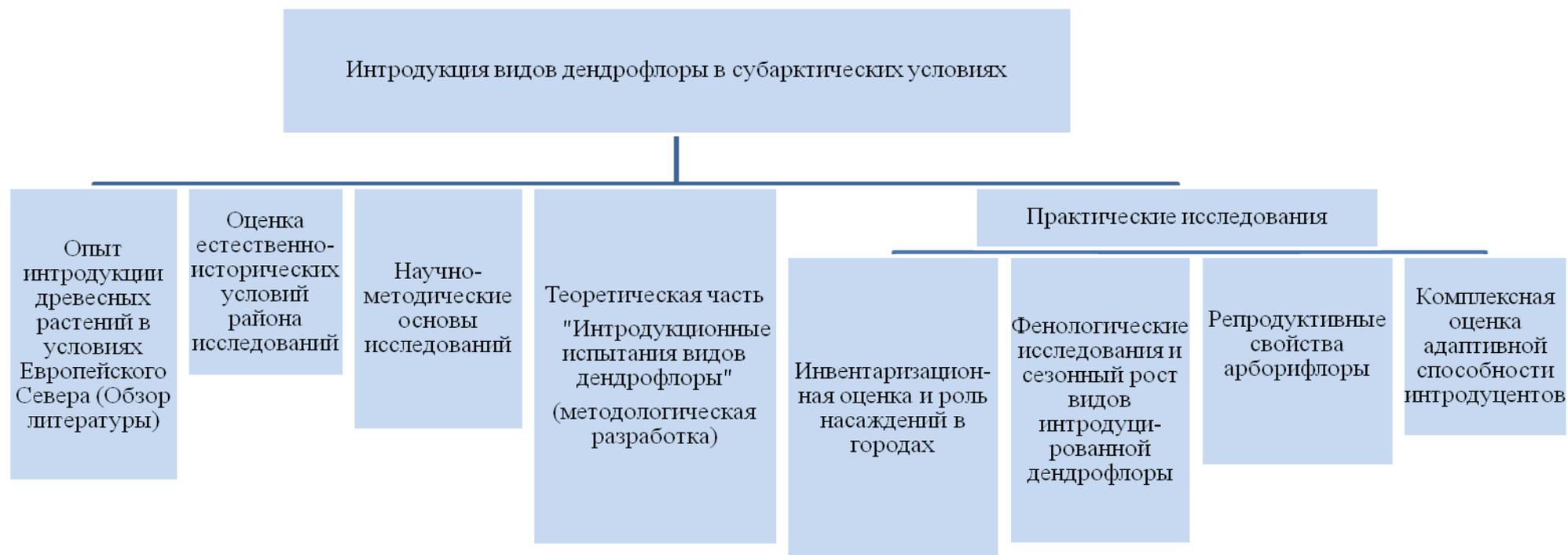


Рисунок 1 – Программа исследований

Для сравнения степени сходства таксономического состава рассматриваемых дендрофлор применён коэффициент Жаккара, рассчитываемый по формуле (Шмидт, 2005): $K = c / (a+b-c)$, где K – коэффициент сходства, c – число общих для двух дендрофлор таксонов, a и b – число таксонов в одной и другой дендрофлоре.

Показатели флористического богатства и систематического разнообразия дендрофлоры оценивали по С. С. Веретенникову (1982), применяли показатели родовой насыщенности и родовой коэффициент.

При определении санитарного состояния учетных деревьев и насаждений применяли комплексный подход, включающий оценку категорий состояния лиственных пород (Линдеман, 2003); классы дефолиации и дехромации хвойных древесных растений (Manual..., 1986); импульсно-томографную диагностику состояния интродуцентов с применением установки ARBOTOM; а также исследовали ассимиляционный аппарат на наличие некрозов, хлорозов, пигментаций и поражений энтомовредителями. Состояние живого напочвенного покрова оценивалось по шкале Ф.А. Амирова (Амиров, Казанфарова, Баланбеков, 1982).

Почвенные условия исследовались на основе общепринятых методик (Паршевников, 1974; Наквасина, Шаврина, 1998; Герасимова, Строганова, Можарова, Прокофьев, 2003; Наквасина, Серый, Семенов, 2007; Попова, 2015). Выполнены температурные исследования почвы с применением термометра АМ-6.

Для исследования сезонного развития древесных пород проводили фенологические наблюдения видов арборифлоры по методике Н.Е. Булыгина (1979). Сезонный рост изучался на боковых побегах по методике А.А. Молчанова, В.В. Смирнова (1967). У растений отмечалась продолжительность периода роста, начало и конец вегетации, длительность удержания листвы на деревьях и другие фенологические фазы. За начало вегетации мы принимаем фазу набухания почек, за конец – конец листопада. Для статистической обработки данных многолетних фенологических наблюдений даты переведены в непрерывный числовой ряд (Зайцев, 1981; Малаховец, Тисова, 1999).

Зимостойкость оценивалась по 7-балльной шкале Главного ботанического сада Академии наук (ГБС АН). Морозоустойчивость – по шкале индекса обмерзания $I = 100 \cdot L \cdot c / H \cdot C$, где L – длина обмерзшей части ветки, м; c – диаметр у основания обмерзшей части ветки, м; H – высота растения, м; C – диаметр ствола (ниже первой ветки), м.

Выделяли 3 группы подготовленности растений к зиме по одревеснению побегов (Романова, 2001).

Оценка декоративности произрастающих в агломерации видов деревьев и кустарников отдельно и насаждений в целом проводилась по разработанной нами шкале (Залывская, Бабич, 2012; 2020).

Фитонцидность определялась на базе лаборатории ФГУ «Архангельский центр стандартизации, метрологии и сертификации» по воздействию растений на бактерии *Staphylococcus aureus*, *Bacterium coli*, *Bacillus mycoides*.

Для изучения фильтрационной активности древесных пород применили системный подход, а именно: пылезадерживающую способность исследовали в летний и зимний периоды; газоустойчивость древесных пород выполнили по методике, разработанной О.А. Мироновым и Н.А. Коробовой (2004) на основании измерений параметров окрашенной хвои и размеров ожогов на листьях древесных пород. Водоудерживающую способность как показатель устойчивости растений определяли методом «завядания» по Арланду (Практикум..., 1990).

Качество семян проверяли согласно ГОСТ 13056.1–97, 13056.6–97, 13056.7–97, 13056.8–97. Массу 1000 шт. семян определяли согласно ГОСТ 13056.4–97. Линейные замеры семян проводили с применением электронного штангенциркуля марки Тоуа 15240.

Объём семени вычисляли по формуле: $\omega = \pi / 6 a \cdot b \cdot l$, где a – средняя толщина семени; b – средняя ширина семени; l – средняя длина семени. Парусность семян вычисляли по формуле: $K = 10 \cdot F / Q$, где K – коэффициент парусности, (см²/г); Q – средняя масса семени, мг; F – средняя площадь сечения семени, мм², $F = \sqrt[3]{(a \cdot b \cdot l)^2}$ (Войчаль, 1946).

При выращивании сеянцев и саженцев растений пользовались общепринятыми методиками (Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород, 1979; Наставление по лесосеменному делу в Российской Федерации, 1994).

Выполнена интегральная оценка перспективности интродукции (Лапин, Сиднева, 1973) по 8 показателям: зимостойкость, сохранение габитуса, способность растений к генеративному развитию, степень ежегодного вызревания побегов, возможные способы размножения в культуре, регулярность прироста побегов, побегообразовательная способность, степень повреждаемости вредителями и болезнями.

Для оценки состояния растений, естественный ареал которых находится далеко за пределами региона, применялась модифицированная к местным условиям методика Н.А. Кохно (1980). Акклиматизационное число «А» определялось как числовой показатель: $A = P \cdot B1 + Gr \cdot B2 + 3m \cdot B3$, где P – оценка роста; Gr – оценка генеративного развития; $3m$ – оценка зимостойкости; $B1, B2, B3$ – коэффициенты весомости признаков: $B1 = 2, B2 = 5, B3 = 13$. В ходе подсчёта «акклиматизационного числа» рост интродуцентов оценивали по интенсивности сезонного роста; характер генеративного развития устанавливали с применением глазомерно-статистического метода оценки интенсивности цветения и плодоношения В.Г. Каппера (1930) с одновременным учётом качества семян; зимостойкость оценивали в начале вегетации путём учёта степени повреждения интродуцентов морозами, резкими сменами температур и другими неблагоприятными факторами зимнего периода. Комплексную оценку адаптивной способности видов осуществляли по следующей шкале: 100-80 баллов – адаптация полная; 79-60 – хорошая; 59-40 – удовлетворительная; 39-20 – слабая; менее 20 – адаптация очень слабая.

В работе оперировали следующими статистическими показателями: среднее значение с основной ошибкой $X \pm m_x$; среднее квадратичное отклонение σ ; коэффициент изменчивости C , %; точность опыта p , %; достоверность вывода t ; коэффициент корреляции r ; также применяли корреляционный анализ (Гусев, 2002; Митропольский, 1965), однофакторный дисперсионный анализ (Лакин, 1990; Свалов, 1985). Обработку данных производили на 5%-ном уровне значимости (Дворецкий, 1971).

В ходе многолетних разносторонних углубленных исследований выполнен достаточный для получения достоверных выводов объем измерений, анализов, определений, учетов, позволивший достигнуть современного уровня знаний по данной проблеме.

Выполненный обширный объем наблюдений, измерений, анализов с применением системы современных стандартизированных методов и методик исследований и компьютерных технологий статистической обработки полученных исходных данных позволили успешно реализовать заявленную тему, сделать достоверные выводы и дать практические рекомендации.

Глава 4. ИНТРОДУКЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВИДОВ ДЕНДРОФЛОРЫ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА)

Данная методологическая разработка представляет собой теоретическую схему проведения интродукционных испытаний видов дендрофлоры для субарктических условий на урбанизированных территориях, которая была применена нами и в ходе практических исследований.

4.1 Общие положения

Интродукция растений первоначально осуществлялась стихийно, затем целенаправленно. Одновременно с хозяйственной деятельностью по введению новых пород возник вопрос о планировании интродукционных исследований. Первая задача интродукции – определение возможности произрастания инорайонных пород в данных почвенно-климатических условиях и отбор перспективных видов; следующая – посадка интродуцируемых растений в натурные условия и установление особенностей их роста (Булах, 2010).

Понятие «интродукция» связано с понятиями «акклиматизация» и «натурализация». Собственно акклиматизация – приспособление растения к новым климатическим условиям, отличным от условий ареала. Под натурализацией понимается высшая степень акклиматизации, при которой растение настолько приспосабливается к новым условиям обитания, что может самостоятельно размножаться, давать самосев и не уступать в ценозах другим видам в борьбе за существование.

При проведении интродукции необходимо знать пределы выносливости интродуцента и его приспособительные особенности, а также географическое происхождение. Только изучение всего комплекса факторов – термических, эдафических, биоэкологических, географических и химических дает возможность прогнозировать эффект интродукции (Гурский, 1957).

4.2 Этапы интродукционных испытаний видов дендрофлоры и особенности их на Севере

Интродукторы сталкиваются со множеством проблем, которые требуют единого подхода к решению. Нами разработана схема исследований (рис. 2, табл. 2), согласно которой поэтапно возможно осуществить интродукционные испытания вида. Каждый из этапов в той или иной степени определяет успешность интродукции и в целом они обеспечивают положительный исход данного сложного процесса.



Рисунок 2– Схема единого подхода при интродукционных исследованиях

4.2.1 Анализ предварительной информации

Оценка эколого-фитоценологических условий. На первом этапе определяется возможность произрастания инорайонных пород в новых почвенно-климатических условиях и отбор перспективных видов. Сравнение видового состава различных флор с целью определения степени их сходства или различия является одним из способов прогнозирования интродукционной способности растений. Обмен интродукционным материалом рекомендуем осуществлять между близкими во флористическом отношении регионами.

Выбор метода интродукции. Как правило, интродукторы отдают предпочтение ступенчатой интродукции (Лыпа, 1953; Доброхвалов, 1964; Андропова, 2019; Бабич и др., 2021). Выбор метода интродукции зависит от целого ряда факторов и определяется отдельно в каждом случае с учетом всех возможных задач эксперимента.

Таблица 2 – Этапы интродукционных испытаний (авторская)

№	Название	Исследуемые показатели	Характеристика	Итог
1	Анализ предварительной информации	Почвенно-климатические условия естественного ареала произрастания и предполагаемого района введения	Оценка эколого-фитоценологических условий	Расстояние от экологического оптимума естественного ареала, на которое возможно переместить географические образцы растений
		Видовой состав флор исследуемых районов	Определение степени сходства и различия районов	Выбор метода интродукции
2	Оценка роста и развития интродуцента	Высота растения в новых условиях	Данные о предельной высоте	Вывод о достижении характерной для вида высоты
		Жизненная форма	Приобретение многостольности или изменение жизненной формы	Сохранение или изменение жизненной формы
		Средние даты прохождения растениями фенофаз	Фенологические исследования	Информация о фенологических изменениях в жизни древесных растений в новых условиях
3	Оценка адаптационных свойств введенных пород	Балл зимостойкости и морозоустойчивости по шкале ГБС	Оценка зимостойкости и морозоустойчивости вида	Зимостойкость и морозоустойчивость видов дендрофлоры в районе введения
		Качество семян Балл цветения и плодоношения	Информация о фертильности, цветении и плодоношении растений, качестве семян	Репродуктивная способность соответствует биологическим характеристикам растения в естественном ареале
4	Подведение итогов интродукции	Способность к самовозобновлению в новых условиях	Растения способны размножаться вегетативным или семенным путём	Вывод об акклиматизации или натурализации вида

4.2.2 Оценка роста и развития интродуцента

Следующим этапом является посадка интродуцируемых растений в натуру и установления особенностей их роста и развития, важнейшими из которых являются данные об их высоте, сохранение присущей им на родине жизненной форме, сезонное развитие видов дендрофлоры.

Предельная высота растений как фактор успешности интродукции. При анализе роста инорайонных пород в условиях Севера значение имеют

данные об их предельной высоте на родине и в других пунктах интродукции. Из внешних факторов, лимитирующих рост и развитие инорайонных древесных растений, главным является тепловой режим вегетационного периода. Из-за недостатка тепла деревья и крупные кустарники (липа мелколистная, ирга обильноцветущая, карагана древовидная, бузина красная) здесь не достигают свойственной им предельной высоты. В одном и том же возрасте они имеют меньшие размеры по сравнению с районами их естественного произрастания и более южными пунктами интродукции. Ряд кустарников (арония черноплодая, кизильник блестящий, жимолость татарская, боярышник кроваво-красный, сирени обыкновенная и венгерская) по нашим данным успешно растут и достигают такой же высоты, как и в более благоприятных пунктах выращивания.

Сохранение жизненной формы – признак адаптации растений.

Существуют примеры, когда выживание интродуцентов возможно только при изменении их жизненной формы. Так, ирга обильноцветущая принимает форму крупного кустарника в городских посадках, каштан конский – многоствольного дерева в дендросаду САФУ.

Фенологические исследования. Наиболее объективными являются материалы сравнения однотипных фенологических показателей изучаемых интродуцированных растений и местных видов, а также дендроинтродуцентов в районе их естественного произрастания. При этом по отношению к интродуцентам виды аборигенной дендрофлоры рассматриваются в качестве контрольных. Их контрольное значение основывается на представлении о том, что в пределах естественного ареала вида у растений наблюдается оптимальный уровень временной сопряженности их биологической ритмики с динамикой сезонного развития всего комплекса факторов абиотической и биотической среды (Seasonal rhythm..., 1967; Елагин, 1975; Larher, 1978; Шульц, 1981; Булыгин, 1982; Kingsley, 1990; Lichens..., 1996; И.И. Дроздов, Ю.И. Дроздов, 2003).

4.2.3 Оценка адаптационных свойств введённых видов

Данная оценка включает наиболее важные при продвижении в суровые субарктические условия адаптационные показатели: зимостойкость и морозоустойчивость видов, а также их репродуктивную способность.

Зимостойкость и морозоустойчивость – показатель акклиматизации.

Данные параметры являются необходимым условием интродукции растений в северные широты, поэтому их оценка по шкале ГБС входит в систему интродукционных исследований.

Исследование репродуктивной способности. Получение потомства является одним из признаков успешной интродукции, так как позволяет закрепить полученные адаптационные свойства в последующих поколениях. Оцениваются балл цветения и плодоношения растений, масса 1000 штук семян, качество семян (доброкачественность, жизнеспособность, энергия прорастания и всхожесть) по соответствующим общепринятым методикам.

4.2.4 Подведение итогов интродукции

При успешной акклиматизации и натурализации растения способны к **самовозобновлению** в новых условиях. Внедрение инорайонных пород в состав насаждений региона возможно при успешной интродукции, которую мы предлагаем оценить с применением данной методологии.

Таким образом, интродукционное планирование – сложный аналитический и исследовательский процесс; упорядоченная совокупность методик, технических средств, предназначенных для успешного проведения интродукции древесных растений.

Под интродукционным прогнозированием мы понимаем два аспекта: первый – отбор материала с точки зрения адаптационных способностей, второй – оценка интродуцента на всех этапах его онтогенеза.

4.3 Дендроинтродуценты как основа биоразнообразия в субарктических условиях

Сохранение и умножение биологического разнообразия – одно из приоритетных направлений деятельности человечества.

В настоящее время накоплен материал по применению видов местной флоры и инорайонных пород. Необходимо уточнить систему действующего и перспективного ассортимента с учётом произрастания интродуцентов в субарктических условиях урбанизированной среды. Отбор видов может происходить не только по общим показателям роста, а по декоративности, устойчивости к неблагоприятным условиям урбаноусреды.

Научный интерес представляют коллекции частных садов и городских насаждений, в которых интродуцируемые деревья и кустарники находятся в нескольких экземплярах, но способны давать потомство и перспективны для интродукционных испытаний, а именно для исследований качества семян, получения вегетативного и семенного посадочного материала, внедрения в культуру (курильский чай, магония падуболистная, снежноягодник белый, чубушник венечный, калина Бульденеж, черемуха Маака, бересклет бородавчатый, барбарис амурский, ясень обыкновенный, боярышник даурский).

Глава 5. ИНВЕНТАРИЗАЦИОННАЯ ОЦЕНКА НАСАЖДЕНИЙ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

По мнению большинства учёных-интродукторов (Орлов, 1951; Лыпа, 1953; Доброхвалов, 1964; Лапин, 1974; Нилов, 1981; Плотникова, 1983; Булах, 2010) посадка интродуцируемых растений в городские насаждения и установление особенностей их роста и развития является неотъемлемым элементом при интродукционных испытаниях.

В связи с этим нами выполнена инвентаризация насаждений Архангельской агломерации, включающая в себя их систематический и флористический анализ, оценку санитарных, гигиенических и декоративных свойств.

5.1 Таксономическая структура дендрофлоры

5.1.1. Видовой состав дендрофлоры Архангельской агломерации

В результате инвентаризационной оценки выявлено, что в Архангельской агломерации насчитывается 53 вида, из них древесных – 24, кустарников – 29.

Древесные породы, интродуцированные в посадки агломерации, составляют более половины всего ассортимента (рис. 3, табл. 3) и являются представителями отечественной и зарубежной флоры; 24 вида произрастают в нашей стране в различных районах Сибири, Кавказа и Европейской части. Иноземные виды, имеющиеся в городских посадках, естественно растут в Северной Америке, Китае, Европе, на Балканах.

Около 20 видов инорайонных пород входит в состав насаждений в малом количестве, некоторые породы насчитывают десятки особей.

Насаждения агломерации представлены в основном лиственными породами (85 %). Хвойные (ель колючая, лиственница сибирская, сосна кедровая сибирская, пихта сибирская, туя западная, можжевельник обыкновенный) редки или единичны (15 %).



Рисунок 3 – Структура видового разнообразия дендрофлоры Архангельской агломерации. В числителе количество видов, в знаменателе процентное выражение

Таблица 3 – Ассортимент пород в Архангельской агломерации*

Порода	А	С	Н
<i>Лиственные породы</i>			
Береза повислая (<i>Betula pendula L.</i>), береза пушистая (<i>Betula pubescens Ehrh.</i>)	+	+	+
Вяз шершавый (<i>Ulmus scabra Mill.</i>)	+	+	+
Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis Pall.</i>)	+		
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur L.</i>)	+	+	
Клён остролистный (<i>Acer platanoides L.</i>)	+	+	+
Клён татарский (<i>Acer tataricum L.</i>)		+	
Ива белая (<i>Salicaceae alba Lindl.</i>)	+	+	+
Липа мелколистная (<i>Tilia cordata Mill.</i>)	+	+	+
Ольха серая (<i>Alnus incana L.</i>)	+	+	+
Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia L.</i>)	+	+	+
Тополь дрожащий (<i>Populus tremula L.</i>), тополь бальзамический (<i>P. balsamifera L.</i>)	+	+	+
Черемуха обыкновенная (<i>Padus racemose L.</i>)	+	+	+
Черёмуха Маака (<i>Padus maackii Rupr.</i>)	+		
Яблоня ягодная (<i>Malus baccata Borkh.</i>)	+	+	+
Яблоня сливолистная (<i>Malus prunifolia Willd.</i>)	+		
Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior L.</i>)	+		
<i>Хвойные породы</i>			
Ель колючая (<i>Picea pungens Engelm.</i>) , ель обыкновенная (<i>Picea abies Link.</i>)	+	+	+
Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica Djil.</i>)	+	+	+
Можжевельник обыкновенный (<i>Juniperus communis L.</i>)		+	
Пихта сибирская (<i>Abies sibirica Mill.</i>)	+		+
Сосна обыкновенная (<i>Pinus silvestris L.</i>)	+	+	
Туя западная (<i>Thuja occidentalis L.</i>)	+	+	
Сосна кедровая сибирская (<i>Pinus sibirica Rupr.</i>)	+	+	+
<i>Кустарники</i>			
Арония черноплодная (<i>Aronia melanocarpa Elliot</i>)	+	+	+
Барбарис амурский (<i>Berberis amurensis Rupr.</i>)			
Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguine Pall</i>)	+	+	+
Бузина красная (<i>Sambucus racemosa L.</i>)	+	+	+
Дерен белый (<i>Cornus alba L.</i>)	+	+	+
Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica L.</i>)	+	+	+
Ирга обильноцветущая (<i>Amelanchier florida Lindl.</i>)	+	+	+
Калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus L.</i>)	+		
Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens Lam.</i>)	+	+	+
Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucida Schl.</i>)	+	+	+
Курильский чай (<i>Pentaphylloides fruticosa L.</i>)	+		
Лох серебристый (<i>Elaeagnus commutate L.</i>)	+		
Пузыреплодник калинолистный (<i>Physocarpus opulifolia Max.</i>)	+	+	+
Сирень венгерская (<i>Syringa josikae Jacq.</i>) , сирень обыкновенная (<i>S. vulgaris L.</i>)	+	+	+
Смородина черная (<i>Ribes nigrum L.</i>), смородина красная (<i>Ribes rubrum L.</i>)	+	+	+
Снежноягодник белый (<i>Symphoricarpos albus Dill</i>)	+		
Спирея иволистная (<i>Spiraea salicifolia L.</i>)	+		
Роза морщинистая (<i>Rosa rugose Thunb.</i>) , роза иглистая (<i>Rosa acicularis. L.</i>)	+	+	+
Рябинник рябинолистный (<i>Sorbaria sorbifolia L.</i>)	+	+	+
Чубушник венечный (<i>Philadelphus coronarius L.</i>)	+	+	+

*Жирным шрифтом здесь и в последующих таблицах выделены виды-интродуценты
 А – г. Архангельск, С – г. Северодвинск, Н – г. Новодвинск

5.1.2 Систематическая структура видов дендрофлоры

В дендрофлоре Архангельской агломерации число видов и родов в одном семействе составляет соответственно 3,53 и 2,27, а на один род (родовая насыщенность по С. С. Веретенникову, 1982) приходится 1,56 вида (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели флористического богатства и систематического разнообразия дендрофлоры

Параметр	Значение показателя Архангельской агломерации
Число семейств	15
родов	34
видов	53
видов в семействе	3,53
родов в семействе	2,27
Родовая насыщенность	1,56
Родовой коэффициент, %	64,1

Представительство семейств в списке применяемых в Архангельской агломерации пород следующее: Розоцветные – 10 видов, Берёзовые, Сосновые, Ивовые – по 3 вида, Жимолостные, Вязовые, Маслиновые – по 2 вида, Крыжовниковые, Калиновые, Бобовые, Кизилы, Буковые, Липовые, Гортензиевые, Лоховые – по 1 виду.

Родовая принадлежность: Арония, Боярышник, Ирга, Кизильник, Роза, Рябина, Черёмуха, Яблоня, Пузыреплодник, Спирея, Курильский чай, Береза, Ольха, Ива, Тополь, Бузина, Жимолость, Карагана, Ясень, Сирень, Дерен, Калина, Липа, Смородина, Вяз, Клен, Чубушник, Лох, Ель, Сосна, Лиственница, Пихта, Туя, Можжевельник.

Научный интерес представляет характер сходства и различия дендрофлор областного центра – г. Архангельска и близлежащих в 40 и 25 км соответственно г. Северодвинска и г. Новодвинска, уступающих по численности населения почти в 1,5 раза (356 тыс. человек в Архангельске; 230 тыс. человек в сумме в Северодвинске и Новодвинске по данным переписи населения 2020 г.). Для сравнения степени сходства таксономического состава рассматриваемых дендрофлор (табл. 5) использован коэффициент Жаккара (Шмидт, 2005).

Таблица 5 – Коэффициент сходства (K^*) систематического состава дендрофлор городов Архангельской агломерации

Сравниваемые характеристики дендрофлоры	Исходные данные			Коэффициент сходства
	a	b	c	
По видовому составу	53	31	24	0,40
По родовому составу	34	30	34	1,13
По составу семейств	15	13	9	0,47

* K – коэффициент сходства, c – число общих для двух дендрофлор таксонов, a и b – число таксонов в одной и другой дендрофлоре

Подводя итоги данного подраздела, отмечаем, что на одного жителя Архангельской агломерации приходится в среднем 4,8 м² зелёных насаждений. В то же время рекомендованы государственные стандарты: для крупных и больших городов, к которым относятся г. Архангельск и г. Северодвинск – 10 м²/чел., а для малых, к которым относится г. Новодвинск – 7 м²/чел. (Боговая, Теодоронский, 1990). Считаем, что развитие региона должно идти по направлению увеличения площади насаждений, прилегающих к селитебным и промышленным зонам территорий, в том числе с использованием инорайонных пород, на исследование которых направлена данная диссертационная работа.

5.1.3 Ассортимент пород в районах Архангельской области

Для более полного представления об интродукции в субарктических условиях нами исследованы города, районные центры и посёлки Архангельской области. В них имеет место стихийная интродукция – внесение новых видов без предварительного планирования.

В городах области ассортимент пород более разнообразен, чем в сельских населенных пунктах, где количество видов не превышает 10-15. На долю инорайонных в сельской местности приходится 30 % от общей численности пород, в отдельных населенных пунктах их участие ограничивается 1-2 видами.

Во многом бедность ассортимента пород в насаждениях сельской местности обусловлена отсутствием питомников по выращиванию качественного посадочного материала на отдаленных и труднодоступных территориях.

В Верхнетоемском районе интродуцентами являются 10 видов из 20 имеющихся; в г. Каргополе встречается 16 видов, среди которых половина представлена интродуцированными видами; в Вилегодском районе ассортимент представлен 7 видами преимущественно местного происхождения; в Плесецком и Холмогорском районах видовой состав представлен 16 и 14 видами соответственно; в районном центре Пинежского района встречается 17 видов деревьев и кустарников, в посёлках – 13, интродуценты составляют незначительную часть, но и они играют определённую роль в облике населённых мест.

Аборигены представлены следующими породами: берёзы повислая и пушистая, ель обыкновенная, ива белая, лиственница сибирская, ольха серая, рябина обыкновенная, сосна обыкновенная, тополь дрожащий, черёмуха обыкновенная; из интродуцентов встречаются арония черноплодная, жимолость татарская, ирга обильноцветущая, карагана древовидная, клен татарский, липа мелколистная, сирени венгерская и обыкновенная; тополь бальзамический, хвойные – ель колючая, сосна кедровая сибирская.

Крупные районные центры Архангельской области: Карпогоры, Октябрьский, Пинега, Коноша и др., а также г. Вельск, Каргополь, Няндама, Шенкурск в своём ассортименте не имеют широкого представительства инорайонных пород, но, как показывают наши исследования, необходимые условия и предпосылки для их появления имеются.

5.2 Санитарное состояние интродуцентов как показатель их адаптации к условиям среды

По своей структуре посадки в агломерации характеризуются высокой плотностью, в среднем 676 шт./га. При этом рекомендуемая средняя плотность уличных посадок 310–350 шт./га, а внутри микрорайонов на территориях жилых дворов – 150 шт./га (Боговая, Теодоронский, 1990). Такая ситуация может быть причиной поражения энтомовыми вредителями значительной части деревьев и кустарников, что обусловило дополнительные исследования санитарного состояния.

На обогащение ассортимента и создание смешанных насаждений с применением интродуцентов следует обратить особое внимание.

Повреждения ассимиляционного аппарата древесных пород. Нами отмечены различные типы некрозов: краевой, точечный, лучами от жилок листа, межжилковый; для многих пород типичен хлороз; пигментация характерна не для всех видов. Ослабление древесных пород за счёт названных патологий поражает у интродуцированных пород от 2 % (лох серебристый) до 62 % (жимолость татарская) листьев, у местных пород этот показатель выше – от 7 % (лиственница сибирская) до 76 % (черёмуха обыкновенная).

Невысокий уровень изъятия площади поверхности листьев интродуцентов насекомыми обусловлен несформированностью консортивных связей филофагов с инорайонными породами, что подтверждают и данные других учёных о том, что интродукция древесных растений приводит к изменению видового состава и численности вредителей и возбудителей болезней в городских насаждениях (Мингалева, Пестов, Загирова, 2012).

Установлено, что устойчивыми видами являются интродуценты – боярышник кроваво-красный, бузина красная, дёрен белый, ель колючая, лох серебристый, пузыреплодник калинолистный, сосна кедровая сибирская, спирея японская, ассимиляционный аппарат которых менее всего подвержен хлорозам, пигментациям и некрозам. Следовательно, их можно рекомендовать для урбанизированных территорий в субарктических условиях.

Тополь бальзамический и дрожащий, рябина обыкновенная, берёзы повислая и пушистая, карагана древовидная, сирень венгерская, кизильник блестящий, ирга обильноцветущая, калина обыкновенная, липа мелколистная имеют встречаемость различного рода патологий от 35 до 45 %. Данные породы, среди которых есть местные и инорайонные, могут применяться для смешанных посадок.

Импульсно-томографная диагностика состояния интродуцентов. В субарктических условиях применение быстрорастущих пород, таких как тополь бальзамический, целесообразно для формирования закрытых пространств и создания комфортных микроклиматических условий. Со временем крупные ветви деревьев становятся опасными при ветроломе, снеголоме, такие посадки требуют реконструкции и замены их на другие виды. Перспективными в этом направлении являются инорайонные, показавшие хорошее состояние в новых условиях.

Цель данных исследований – оценка состояния древесины деревьев тополя бальзамического, а также других инорайонных пород: липы мелколистной, вяза шершавого, дуба черешчатого, яблони ягодной, ясеня обыкновенного, клёна остролистного в насаждениях г. Архангельска. Задача – выявить, в каком возрасте внутреннее строение дерева становится причиной его аварийного состояния и требуется проведение компенсационных работ. Нами обследованы деревья разного возраста в придорожных, внутриквартальных, групповых, аллеиных однопорodных и разнопорodных посадках при помощи комплекса аппаратуры акустической ультразвуковой томографии «Арботом» (рис. 4). Принцип действия прибора основан на том, что скорость распространения ультразвукового сигнала в древесине зависит от её плотности. Участки ствола, затронутые гнилью, имеют меньшую плотность по сравнению со здоровой древесиной. При этом плотность тем ниже, чем выше степень деструкции. Учёные отмечают, что наблюдается прямая корреляция состояния внутренней части древесины растений с их возрастом (Мельничук, Солиман, Черданцева 2012; Тюкавина, 2015).

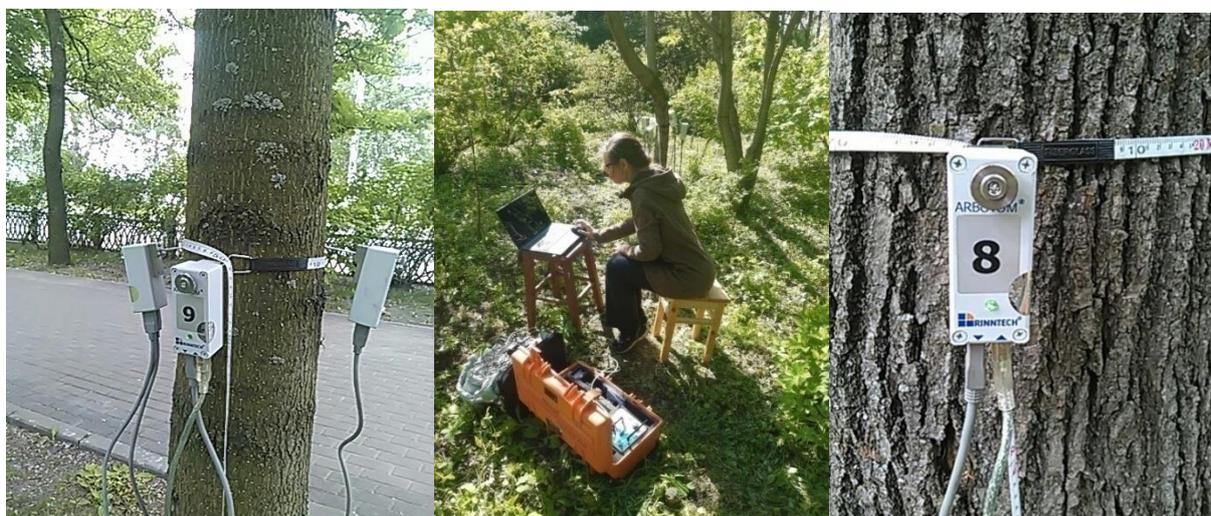


Рисунок 4 – Установка «Арботом» при исследовании древесных пород

У модельных деревьев определяли высоту, диаметр и возраст, также отмечали тип посадки и её местоположение. Оценивали состояние древесины и выявляли потенциально опасные деревья. Выделяли области градации состояний внутренней части древесины: естественная плотность (зеленый цвет), пониженная плотность (жёлтый), патологическое снижение плотности (оранжевый), образование некротических полостей (красный). Данная условная градационная шкала состояния древесины предложена нами, опираясь на предшествующие работы учёных (Мельничук и др., 2012) и позволяет выполнить сравнительную оценку состояния древесины различных исследуемых пород.

Результаты исследований и обработки данных ультразвуковой томографии деревьев в насаждениях г. Архангельска приведены на рис. 5 и в табл. 6. Вычисляли достоверность различий средних значений двух выборок, различия существенны и математически доказаны по всем породам ($t > t_{St}$).

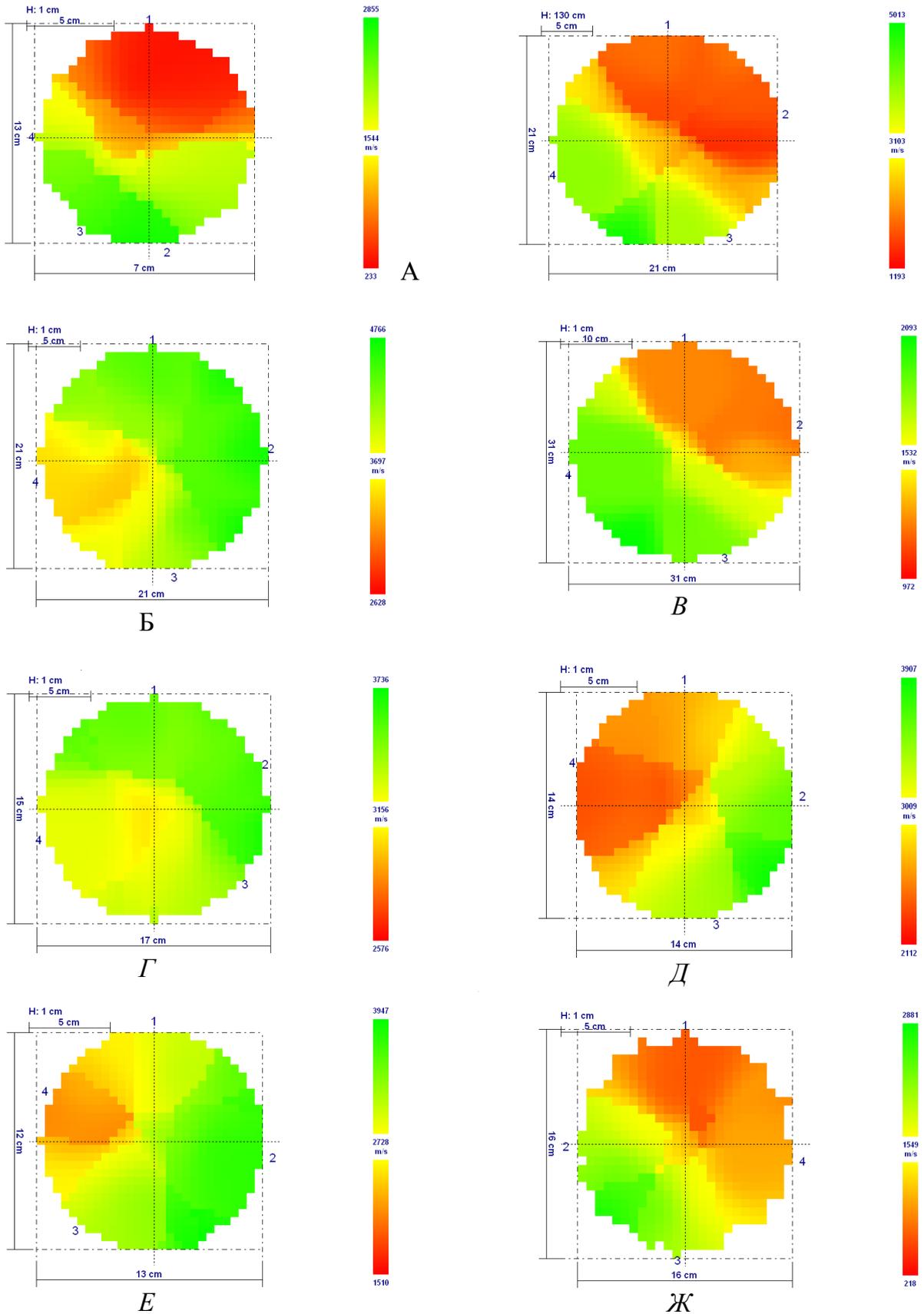


Рисунок 5 – Двумерные ультразвуковые томограммы стволов: А – тополя бальзамического, слева – 25 лет, справа – 40 лет; Б – дуба черешчатого, 30 лет; В – вяза шершавого, 40 лет; Г – клёна остролистного, 30 лет; Д – яблони ягодной, 30 лет; Е – липы мелколистной, 25 лет; Ж – ясеня обыкновенного, 40 лет

Таблица 6 – Результаты обработки данных ультразвуковой томографии деревьев

Порода	Возраст, лет	Естественная плотность, %	Пониженная плотность, %	Патологическое снижение плотности, %	Образование некротических полостей, %
Вяз шершавый	15-25	27	63	10	-
	26-40	35	40	15	10
Дуб черешчатый	15-25	70	30	-	-
	26-40	45	43	12	-
Клен остролистный	15-25	40	60	-	-
	26-40	45	55	-	-
Липа мелколистная	15-25	90	10	-	-
	26-40	43	52	5	-
Тополь бальзамический	15-25	17	24	23	36
	26-40	20	19	21	40
Яблоня ягодная	15-25	52	38	10	-
	26-40	20	63	15	2
Ясень обыкновенный	15-25	25	15	60	-
	26-40	38	15	44	3

У тополя бальзамического к возрасту 40 лет наблюдается увеличение суммы частей некротических полостей (красный цвет) и патологического снижения плотности (оранжевый) и снижение суммы частей естественной плотности (зелёный) и пониженной плотности (жёлтый), что позволяет сделать вывод об ухудшении в строении древесины с возрастом.

У дуба черешчатого в молодом возрасте в строении древесины зафиксировали только две категории: естественная плотность и пониженная плотность, в более зрелом возрасте патологическое снижение плотности достигает лишь 12%, а образования некротических полостей нет. Вяз шершавый к возрасту 40 лет образует небольшие (10%) некротические полости и в его строении увеличивается зона патологического снижения плотности древесины (с 10 до 15%). У клена остролистного в строении древесины присутствуют только зоны естественной и пониженной плотности и отсутствуют патологические и некротические зоны вплоть до возраста 40 лет. У яблони ягодной в более зрелом возрасте существенно увеличивается зона пониженной плотности (с 38 до 63%), главным образом, за счёт снижения процента зоны естественной плотности (с 52 до 20). У липы мелколистной состояние древесины и в молодом, и в зрелом возрасте без патологий. Ясень обыкновенный характеризуется равномерным состоянием древесины по возрастам, зафиксированном на ультразвуковой томограмме, т.е. и в молодом, и в зрелом возрасте сохраняется строение без некротических полостей, но имеется высокий процент патологического снижения плотности древесины (более 50). Полученные данные позволяют сделать вывод об устойчивом санитарном состоянии этих пород и перспективности их применения.

Сравнительный анализ внутреннего состояния древесины интродуцированных пород в возрасте 15-25 лет по результатам ультразвукового исследования представлен на рис. 6.

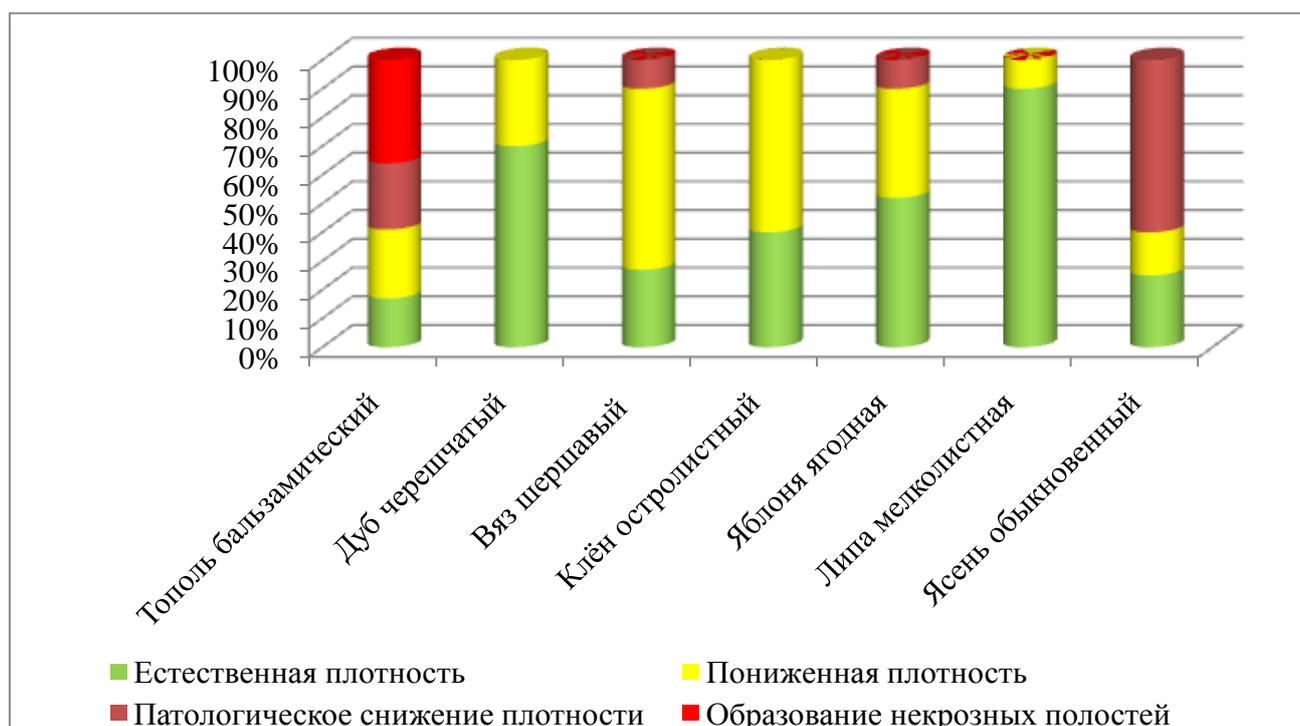


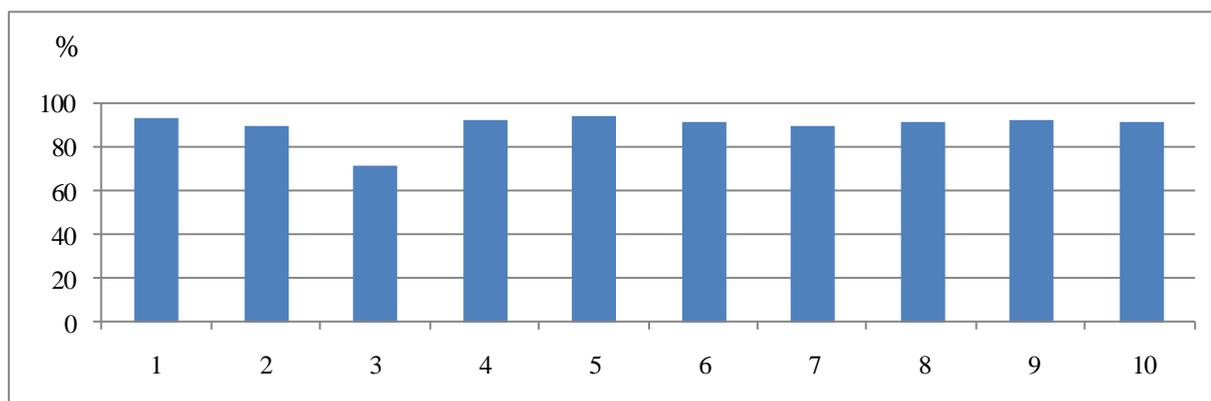
Рисунок 6 – Диаграмма внутреннего состояния древесины интродуцентов

Методика импульсно-томографной диагностики состояния интродуцентов должна применяться в комплексе с другими исследованиями патологий растений и поможет в принятии решений по своевременному удалению или лечению и укреплению деревьев различных пород.

Водоудерживающая способность является показателем водообмена растений и резистентности их к неблагоприятным условиям внешней среды. Чем выше водоудерживающая способность растения, тем оно устойчивее (потеря воды не более 4-6 % от своей массы за 30 минут). Токсичные газы неблагоприятно влияют на водный режим листьев, вызывая значительное снижение водоудерживающей способности. Это связано с отрицательным влиянием газов на синтез гидрофильных биocolлоидов и угнетением жизнедеятельности листьев, как следствие, снижается устойчивость древесных пород к зимним условиям (Цыплакова, 2013). В опыте учитывали показатель, обратный водоудерживающей способности – потеря воды листьями (табл. 7).

Таблица 7 – Потеря воды листьями, % (фрагмент)

Порода	Время			
	0,5 часа	1 час	1,5 часа	2 часа
Карагана древовидная	8,1	22,0	29,3	30,0
Клён остролистный	6,7	8,4	22,6	23,0
Липа мелколистная	8,1	14,3	15,4	16,2
Роза морщинистая	7,3	11,9	17,8	18,3
Сирень венгерская	28,3	28,8	29,4	31,8
Тополь бальзамический	5,5	11,7	14,6	15,0
Яблоня ягодная	9,6	13,8	27,4	49,3



*Рисунок 7 – Водоудерживающая способность арборифлоры, %:
1-берёза повислая; 2 - яблоня ягодная; 3 - сирень венгерская; 4- клён остролистный;
5- тополь бальзамический; 6 - липа мелколистная; 7- ива козья; 8 - рябина
обыкновенная; 9 - роза морщинистая; 10 - карагана древовидная*

Высокие показатели водоудержания характерны для интродуцентов розы морщинистой, липы мелколистной, караганы древовидной, яблони ягодной.

5.3 Гигиенические функции арборифлоры

Насаждения выполняют в урбанизированной среде ряд функций, одна из которых гигиеническая, т.е. оздоровительная (Румянцев, Фролова, 2019). Результаты исследований фильтрационной способности интродуцентов в летний и зимний периоды представлены в тексте диссертации.

Фитонцидные свойства растений выявляли на примере следующих пород: ель колючая, сирень венгерская, липа мелколистная, боярышник кроваво-красный, бузина красная, яблоня ягодная. Применялся метод воздействия летучих веществ, выделяемых живыми растениями, на тестовые микроорганизмы. Установлено, что высокая фитонцидность у ели колючей, липы мелколистной, сирени венгерской (2 балла) по сравнению с остальными видами (0 баллов).

5.4 Декоративность деревьев и кустарников в условиях стресса

Под стрессом мы понимаем как интродукционный, так и урбанистический пресс для арборифлоры.

Декоративность видов дендрофлоры исследовалась на протяжении всего периода диссертационных изысканий, затрагивая оценку как пород отдельно по разработанной нами шкале (Зальвская, Бабич, 2012), так и насаждений в целом.

Для подбора ассортимента, декоративного в течение всего календарного года, предлагаем методику, основанную на балльной оценке следующих признаков насаждений:

- санитарное состояние;
- декоративные качества ствола и кроны;
- характеристика цветения (по продолжительности, обилию, окраске и величине цветков);
- характеристика облиствения (разнообразие летней и осенней окраски,

общая продолжительность облиствения).

Нами выделено 5 типов насаждений: однопородные древесные, однопородные кустарниковые, смешанные древесные, смешанные кустарниковые, древесно-кустарниковые группы. В однопородном насаждении итоговым баллом декоративности является сумма баллов по критериям оценки, в смешанном – сумма баллов декоративности пород, входящих в насаждение, умноженная на долю каждой породы (Зальвская, Бабич, 2020).

Однопородные насаждения в течение всего календарного года менее декоративны, чем смешанные (20,5 против 23,4 балла соответственно). Однако в отдельные периоды вегетации (весна, лето, зима или осень) однопородная группа может выполнять свои функции не менее эффективно, чем смешанная. Например, насаждения ели колючей в зимний период, аллеи рябины обыкновенной осенью, кустарниковая группа розы морщинистой летом, насаждения ивы в весенний период (табл. 8; 9).

Таблица 8 – Декоративность насаждений в Архангельской агломерации (фрагмент)

№	Породный состав	Тип насаждений	Оценка декоративности в баллах				Итоговый балл	Степень декоративности
			санитарное состояние	декоративные качества ствола и кроны	характеристика цветения (по продолжительности, обилию, окраске и величине цветков)	характеристика облиствения (разнообразии летней и осенней окраски, общая продолжительность)		
Однопородные древесные насаждения								
1	Тополь бальзамический	древесная группа	4,1	2,3	2,9 3,8 2,6	2,8 1,7	20,2	средняя
Однопородные кустарниковые насаждения								
2	Роза морщинистая	живая изгородь	3,5	3,1	3,6 3,5 3,8	2,9 2,7	23,1	высокая
3	Спирея японская	живая изгородь	4,8	3,4	3,3 3,2 3,4	1,4 3,2	22,7	средняя

Предложенная нами методика оценки декоративности нашла применение в работах российских исследователей (Полякова, 2015; Карбасников, Назарова, 2017; Маштаков, Терешкин, Щербакова, 2018; Карбасникова, Клыпина, 2018; Федорова и др., 2018; Евтушенко и др. 2018; Ревяко и др., 2019; Александрова, 2019; Гаранина, Глазун, 2019; Коляда, 2019; Сродных, 2019; Меер и др., 2019; Городня и др., 2019; Гончарова, Липпонен, 2019; Шангинова, Козлова, 2019; Юдина, Кочергина, 2021).

В условиях Архангельской агломерации холодное время года по нашим данным длится от 168 до 200 дней, поэтому декоративная ценность культивируемых растений особенно возрастает в зимний период (рис. 8).



А



Б



В

Рисунок 8 – Зимние декоративные элементы интродуцентов: А – плоды розы морщинистой; Б – крылатки клена ясенелистного; В – внешний вид ели колючей

Таблица 9 – Оценка декоративности деревьев и кустарников (фрагмент)

Порода	Балльная оценка признаков										Сумма баллов	Степень декоративности
	архитектоника кроны	длительность цветения	степень цветения	окраска, величина цветков	привлекательность внешнего вида плодов	аромат цветков, плодов, листьев	осенняя окраска листьев	продолжительность облиствения	повреждаемость	зимостойкость		
Боярышник кроваво-красный	4	4	4	5	5	4	3	2	4,5	3	38,5	высокая
Дёрен белый	3,5	3	3	3	3	1	3	3	5	3	30,5	средняя
Ель колючая	4	3	3	4	5	3	5	5	3,5	4	39,5	высокая
Роза морщинистая	3	5	4,5	5	5	4	3,5	3	4	4	41,0	высокая
Сирень венгерская	3	3	4	5	3	4	3	4	4	3	40,0	высокая

На первый взгляд зима вносит однообразие в природу, но городская среда в это время наполнена множеством деталей. Кора, плоды, ветви, хвоя выделяются на белом фоне разными оттенками коричневой, красной, розовой, зелёной, жёлтой, серой окраски. Например, дерён белый имеет ярко-красный или пурпурный оттенок коры и оценивается общим баллом декоративности – 30,5, а по архитектонике кроны – 3,5 балла; у боярышника кроваво-красного привлекательность внешнего вида плодов оценивается высшим баллом – 5,0, а общий балл декоративности – 38,5 (табл. 9).

Подводя итоги инвентаризационной оценки, отмечаем, что в субарктических условиях важно увеличить биоразнообразие экосистем и зрительное разнообразие ландшафтов. Являясь дополнением к архитектурно-пространственному решению урбанизированных территорий, интродуценты обладают высокими декоративными, санитарными и гигиеническими качествами, что позволило нам дать рекомендации по их применению (Рекомендации по ассортименту древесных и кустарниковых пород в городах Архангельской агломерации ..., 2019).

Глава 6. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СЕЗОННЫЙ РОСТ ВИДОВ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ ДЕНДРОФЛОРЫ

Фенологические исследования при интродукции видов решают две основные задачи: 1) оценить степень интродукционных перестроек по характеристикам биоритмов интродуцированных растений; 2) определить ритмоадаптивные связи интродуцентов с новыми условиями внешней среды через комплекс фенологических показателей (Булыгин, 1982).

6.1 Особенности сезонного развития дендроинтродуцентов

Феноисследования, проведенные с 2002 по 2021 гг., представлены в полном объеме в тексте диссертации.

Решающее влияние на развитие и рост растений оказывает сумма температур воздуха в течение вегетационного периода. При сравнении сумм температур от 5 °С, необходимых для начала вегетации растений, нами установлено, что у местных видов требовательность к теплу значительно ниже. Если фазы начала вегетации у местных видов протекают в течение 10-15 дней при сумме эффективных температур 5,8-132,4 °С, то у инорайонных видов они растянуты на 20-30 дней с начала мая и требуют температур 24,2-283,4 °С.

В процессе перестройки ритма развития интродуцированных растений применительно к климатическому ритму субарктических условий у них изменяются продолжительность фенологических фаз (табл. 10). У интродуцентов с ранними сроками начала и окончания вегетации цикл сезонного развития соответствует климатическому ритму, проходит в более короткие сроки и завершается в период с температурами выше +5 °С. Период вегетации интродуцированных древесных растений короче, чем на родине и в других географических районах интродукции.

Таблица 10 – Продолжительность некоторых периодов развития видов, дни

Порода	Цветение	Облиствение	Вегетационный период
Берёза пушистая	14	119	162
Боярышник кроваво-красный	24	131	160
Бузина красная	18	136	179
Дёрен белый	16	147	168
Жимолость татарская	12	151	174
Ирга обильноцветущая	32	125	149
Калина обыкновенная	10	139	159
Карагана древовидная	34	132	160
Кизильник блестящий	16	134	177
Липа мелколистная	18	124	157
Лиственница сибирская	14	120	172
Роза морщинистая	47	114	169
Рябина обыкновенная	22	134	170
Сирень венгерская	13	138	170
Тополь бальзамический	14	100	172
Тополь дрожащий	18	105	158

Поздние календарные сроки начала цветения и относительно большая его продолжительность, присущие некоторым интродуцированным видам, сокращают время на созревание плодов, которое ограничено коротким северным вегетационным периодом. В результате эти виды испытывают дефицит тепла для формирования и созревания плодов, усугубляемый общей низкой теплообеспеченностью северного вегетационного периода. Следствием этого является слабое развитие и неполное созревание плодов и семян. Перспективными для интродукции являются виды, отличающиеся ранними сроками распускания вегетативных и генеративных почек, цветения, созревания плодов, что способствует высокой зимостойкости, морозостойкости, сохранению жизненных форм и является условием вызревания плодов.

6.2 Особенности сезонного роста интродуцентов и аборигенов

Анализ полученных данных показывает, что раньше всех и одновременно с местными породами трогаются в рост интродуценты боярышник кроваво-красный, бузина красная, тополь бальзамический (16–20 мая), что является признаком приспособления к новым условиям. Затем – арония черноплодная, дёрен белый, жимолость татарская, карагана древовидная, кедр сибирский,

кизильник блестящий, сирень венгерская (21-25 мая). Одновременно трогаются в рост местный вид – берёза пушистая и инорайонный – ирга обильноцветущая (26-31 мая). Последними начинают рост интродуценты роза морщинистая (1-5 июня), ель колючая, липа мелколистная (6–10 июня), что благоприятно сказывается на них в том случае, когда есть риск поздневесенних заморозков.

У всех изучаемых пород выделялся период активного роста, когда прирост составлял более 50 % от общего прироста за весь вегетационный период. Общая закономерность периодов интенсивного роста такова: прирост велик в начале вегетации и в самый тёплый месяц – июль, к концу вегетации – уменьшается. Названная особенность характерна для аборигенов и интродуцентов в равной степени. Большой средний прирост за сутки имеют лиственные породы по сравнению с хвойными, а также кустарники по сравнению с деревьями, что обусловлено биологическими особенностями данных групп растений.

Между приростом побегов и суточной динамикой температуры воздуха за вегетационный период выявлена положительная корреляция (табл. 11). Периоды интенсивного роста побегов совпадают с повышениями температуры воздуха у многих интродуцированных пород (арония черноплодная, бузина красная, боярышник кроваво-красный, дёрен белый, жимолость татарская, ирга обильноцветущая, карагана древовидная).

Таблица 11 – Влияние температуры воздуха на сезонный прирост растений

Группа растений		Ф выч.	Ф табл.	Вывод по влиянию фактора
Интродуценты	Деревья	1,2	1,7	Не доказано
	Кустарники	3,0	1,7	Доказано
	Хвойные	1,1	1,9	Не доказано
	Лиственные	3,0	1,7	Доказано
	Все породы	2,6	1,7	Доказано
Аборигены	Хвойные	1,1	1,7	Не доказано
	Лиственные	3,3	1,7	Доказано
	Все породы	2,0	1,7	Доказано

Исследование сезонной динамики апикального роста побегов показало, что рост многих интродуцентов, по сравнению с местными видами, отличается большей приуроченностью максимума прироста к переходу среднесуточной температуры воздуха через +13...+15 °С. Названная закономерность объясняется тем, что некоторые интродуценты растут только в тёплое время, тогда как аборигены – в течение всего вегетационного периода, активнее его используя. Среднесуточная температура периода интенсивного роста у

интродуцентов равна 15-18 °С, а у местных пород – 11-15 °С, т.е. аборигены рациональнее используют короткий северный вегетационный период, начиная интенсивный рост уже с переходом среднесуточной температуры через +10 °С.

Адаптированные интродуценты относятся к рано начинающим и рано заканчивающим вегетацию, они приспособились к экстремальным условиям климата, благодаря своевременному вступлению в период покоя и выхода из него в оптимальные сроки.

Глава 7. РЕПРОДУКТИВНЫЕ СВОЙСТВА АРБОРИФЛОРЫ

Прохождение растениями полного цикла онтогенетического развития указывает на их успешную интродукцию. По мнению ряда учёных (Беспаленко, 1999; Арестова, 2003; 2017 и др.) семеношение интродуцентов – важнейший показатель их адаптации, так как открывается возможность закрепления приобретённых в процессе онтогенеза приспособительных свойств, а генеративная сфера наиболее отзывчива на изменение окружающей среды.

7.1 Семеношение деревьев и кустарников как показатель адаптации видов

Интенсивность цветения и плодоношения исследована нами в рамках фенологических изысканий. За основу приняли глазомерную оценку урожая по шкале В.Г. Каппера (1930), для более точной характеристики интенсивность плодоношения кустарников, оценивали от 0 до 5 баллов, так же как и деревьев. Нами установлено, что по сравнению с цветением интенсивность плодоношения инорайонных растений ниже и более изменчива по годам.

Масса 1000 штук семян интродуцентов: аронии черноплодной, бузины красной, жимолости татарской, караганы древовидной, розы морщинистой, сирени венгерской, не уступают аналогичному показателю семян интродуцентов более южных пунктов интродукции, что свидетельствует об адаптации перечисленных видов. По жизненной форме это кустарники, что подтверждает тезис о том, что кустарники адаптируются успешнее.

7.2 Качество плодов и семян и его потенциал при получении семенного потомства и посевного материала

В ходе диссертационных изысканий исследованы все параметры репродуктивной способности: балл цветения и плодоношения, биометрические показатели и масса 1000 штук семян (Залывская, Бабич, 2007; 2014), качество семян (табл. 12).

Семена аронии черноплодной, дерена белого, жимолости татарской, ирги обильноцветущей, караганы древовидной, розы морщинистой, сирени венгерской, тополя бальзамического характеризуются высокой всхожестью, доброкачественностью и жизнеспособностью. Значит, возможно получать от них семенной материал, используя его для культивирования следующих поколений интродуцентов.

Таблица 12 – Качество семян интродуцированных видов, % (фрагмент)

Порода	Энергия прорастания	Всхожесть	Доброкачественность	Жизнеспособность	Пустые семена	Загнившие семена
Арония черноплодная	-	-	-	85	15	-
Бузина красная	-	-	9	-	88	3
Дерен белый	-	-	97	-	4	3
Ель колючая	2	2		-	98	-
Жимолость татарская	-	-	93	-	7	-
Ирга обильноцветущая	77	77	-	-	23	-
Карагана древовидная	-	-	97	-	3	-
Кизильник блестящий	35	85	-	-	15	-
Липа мелколистная	-	-	54	-	35	11
Роза морщинистая	-	-	96	-	-	4
Сирень венгерская	-	-	-	95	5	-
Тополь бальзамический	-	-	98	-	2	-
Яблоня ягодная	20	50	-	-	50	-

Суммируя исследования по репродуктивной способности интродуцентов, следует отметить, что интенсивность цветения и плодоношения, масса 1000 штук и биометрические параметры семян большинства инорайонных пород в урбанизированных субарктических условиях не уступают аналогичным показателям на их родине и в более южных пунктах интродукции.

Глава 8. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ

8.1 Зимостойкость и морозоустойчивость видов как показатель успешности интродукции

В субарктических условиях зимостойкость и морозоустойчивость растений являются основными показателями успешности интродукции.

Свойство растительных организмов противостоять воздействиям окружающей среды в период с поздней осени до ранней весны называют **зимостойкостью**. Это обширное понятие, включающее в себя не только выживание в условиях низких температур. В зимний период растениям в большей степени грозят внезапные оттепели, загнивание, образование ледяной корки на субстрате, оледенение ствола и ветвей, выпирание корней.

На протяжении жизни растений зимостойкость может меняться. Молодые особи, как правило, менее зимостойки, чем взрослые. Стареющие и переболевшие летом обладают слабой зимостойкостью (Нилов, 1980).

После окончания поздневесенних заморозков, в результате которых могут повреждаться начавшие рост побеги, производили оценку зимостойкости деревьев и кустарников (табл. 13, 14, 15).

Морозоустойчивость – способность растений переносить низкие температуры (ниже 0 °С), обуславливается генетическими факторами: сохранение в клетках воды в жидком состоянии, устойчивость цитоплазмы к обезвоживанию или препятствие кристаллизации воды внутри клеток (Sakai, 1987; Strimbeck, 2015). Морозоустойчивость оценивали по шкале ГБС АН (табл. 14).

Морозобойные трещины, их причины и последствия для дендроинтродуцентов. Морозобоина – повреждение древесины стволов деревьев, которое имеет вид радиальной трещины. Значение имеют такие параметры морозобойн, как длина, ширина, высота начала на стволе, приуроченность к породе и возрасту, процентное соотношение в разных частях урболандшафта (парках, скверах, внутриквартальных жилых территорий, автомагистралей и т.д.).

Исследовали морозобойные трещины в насаждениях г. Архангельска на породах: береза пушистая и повислая; ель колючая и обыкновенная; тополь бальзамический и дрожащий; черемуха обыкновенная и Маака; дуб черешчатый; сосна обыкновенная; лиственница сибирская. В результате отмечены трещины длиной 6-152 см, шириной 1-7 см, глубиной 0,5-5 см. Наибольшее количество поврежденных деревьев наблюдается у родов Береза (15,2 %) и Тополь (10,2 %). Минимальные повреждения зафиксированы у хвойных пород. У дуба черешчатого, черемухи обыкновенной морозобойные трещины встречаются единично. Четкой тенденции зависимости размеров морозобойн от определенных факторов (условия произрастания, место произрастания дерева и пр.) нами не выявлено.

8.2 Подготовленность деревьев и кустарников к зиме как элемент акклиматизации

Успешность перезимовки интродуцентов Архангельской агломерации определяется не только условиями зимы, но и подготовленностью к нему растений, их общим состоянием, степенью завершаемости ростовых процессов, полнотой прохождения осенних фенофаз сезонного развития и снижением физиологической активности в связи с переходом в состояние зимнего покоя.

Вызревание побегов, обеспечивающее высокую морозостойкость, связано с лигнификацией клеточных оболочек. Чем раньше приостанавливается камбиальная деятельность и на срезах обнаруживается граница между камбием и древесиной, тем выше морозоустойчивость растений.

Выделяли 3 группы подготовленности к зиме (Романова, 2001). По нашим данным к началу сентября все исследованные интродуценты заканчивают свой рост и их побеги приступают к одревеснению (табл. 15).

8.3 «Акклиматизационное число» и его значение для интродукционных испытаний

«Акклиматизационное число» (А) по методике Н.А. Кохно (1980) определяли по важным при интродукции дендрофлоры показателям: генеративное развитие, зимостойкость, сезонный рост, умноженные на коэффициенты весомости (табл. 13). Полная адаптивная способность у интродуцентов: тополь бальзамический, арония черноплодная, ирга обильноцветущая, роза морщинистая.

Таблица 13 – Акклиматизационное число дендроинтродуцентов (фрагмент)

Порода	Сезонный рост		Генеративное развитие			Зимостойкость		А	Адаптивная способность
	длина побега, мм	балл	цветение и плодоношение, балл	качество семян, %	балл	по шкале ГБС	балл		
Арония черноплодная	450	4	3-4	85	9	II	4	105	полная
Бузина красная	530	5	4-5	9	7	III	3	84	хорошая
Жимолость татарская	350	3	4-5	77	9	IV	2	77	хорошая
Ирга обильноцветущая	410	4	3-4	79	8	II	4	100	полная
Липа мелколистная	360	3	3-4	50	7	II	4	93	хорошая
Сирень венгерская	420	4	4	75	8	IV	2	74	хорошая
Тополь бальзамический	240	2	4-5	80	10	II	4	106	полная

8.4 Интегральная оценка перспективности интродукции

Данная оценка выполнена на основе 8 показателей, при этом каждый, кроме абсолютной величины, имеет оценку в баллах от 1 до 3, которые суммируются (табл. 15).

Наивысшую интегральную оценку имеют бузина красная, ирга обильноцветущая, карагана древовидная, сирень венгерская и тополь бальзамический. Мы относим их к I группе перспективности интродукции. У хвойных пород ели колючей и кедра сибирского низкая оценка (III группа перспективности интродукции) объясняется их генеративным развитием – кедр в посадках не достиг возраста семеношения, а ель колючая, как известно,

обладает низким качеством семян (Бабич, Залывская, Травникова, 2008). Остальные породы с суммарными баллами от 16 до 18 относятся ко II группе перспективности. По жизненной форме все они кустарники и используются в городах и посёлках Архангельской агломерации благодаря высокой побеговоспроизводительной способности и морозостойкости.

8.5 Видовые особенности адаптивных реакций древесных растений

На основании комплексных исследований нами составлена сводная таблица, характеризующая адаптивные реакции интродуцентов (табл. 14).

Таблица 14 – Особенности адаптивных реакций интродуцированных видов (фрагмент)

Порода	Особенности ритмов сезонного развития	Репродуктивные свойства (качество семян, %)	Зимостойкость, балл	Морозостойкость, индекс обмерзания	Декоративность, балл, характеристика	Морфологические особенности	Группа перспективности интродукции
Арония черноплодная	сокращение периода вегетации при сохранении сроков цветения	85	II	0,5	34,5 высокая	высокая побегообразовательная способность	I
Дёрен белый	повторное цветение в конце вегетационного периода	93	IV	8,3	30,5 средняя	удлинение годичного побега	II
Жимолость татарская	повторное цветение в конце вегетационного периода	77	IV	4,3	36,0 высокая	высокая побегообразовательная способность	II
Сирень венгерская	ранне начало сезонного развития и роста побегов	75	IV	2,0	40,0 высокая	удлинение годичного побега	I

Суммируя итоговые оценки интродуцентов, подчёркиваем, что наиболее устойчивы виды с ранними сроками окончания вегетации, они зимостойки в субарктических условиях, цветут и плодоносят. К ним относятся кустарники – арония черноплодная, жимолость татарская, кизильник блестящий; далее по убывающей – боярышник кроваво-красный, бузина красная, дерен белый, ирга обильноцветущая, карагана древовидная, сирень венгерская, роза морщинистая; деревья – тополь бальзамический, липа мелколистная; хвойные интродуценты – ель колючая, кедр сибирский.

Таблица 15 – Интегральная оценка перспективности дендроинтродуцентов (фрагмент)

Порода	Показатели оценки, абсолютная величина / балл								Σ
	зимостой- кость, балл	сохранение габитуса	генеративное развитие, %	вызревание побегов, группа	способность размножения в культуре	прирост побегов, мм	побегообразо- вательная способность	повреждение вредителями и болезнями, %	
Арония черноплодная	II/2	+3	85/3	1	низкая/1	450,2/3	высокая/3	8/3	19
Боярышник кроваво- красный	IV/1	+3	72/3	2	высокая/3	350,0/2	низкая/1	21/2	17
Бузина красная	III/2	+3	9/1	2	высокая/3	530,0/3	высокая/3	6/3	20
Дёрен белый	IV/1	+3	93/3	2	средняя/2	400,0/3	средняя/2	27/2	18
Ель колючая	II/2	+3	2/1	2	низкая/1	109,0/1	низкая/1	20/3	14
Жимолость татарская	IV/1	+3	77/3	1	средняя/2	350,0/2	высокая/3	60/1	15
Ирга обильноцветущая	II/2	+3	79/3	2	высокая/3	410,5/3	средняя/2	42/2	20
Карагана древовидная	III/2	+3	85/3	2	высокая/3	340,0/2	высокая/3	31/2	20
Кедр сибирский	II/2	+3	-	2	низкая/1	60,0/1	низкая/1	40/2	12
Кизильник блестящий	IV/1	+3	54/2	1	низкая/1	340,0/2	высокая/3	38/2	16
Липа мелколистная	II/2	+3	50/2	2	высокая/3	360,0/2	низкая/1	42/2	17
Роза морщинистая	II/2	+3	96/3	2	низкая/1	260,0/2	средняя/2	40/2	17
Сирень венгерская	IV/1	+3	75/3	2	высокая/3	420,0/3	высокая/3	40/2	20
Тополь бальзамический	II/2	+3	80/3	2	высокая/3	240,0/2	высокая/3	45/2	20

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных многолетних исследований получены результаты, представляющие практическое значение для увеличения биологического разнообразия в северных широтах.

Адаптивная способность характеризуется как «полная» у североамериканских интродуцентов: аронии черноплодной, ирги обильноцветущей, тополя бальзамического и дальневосточного – розы морщинистой. Балл интегральной оценки перспективности интродукции высокий у североамериканских видов: ирги обильноцветущей, тополя бальзамического; европейских – сирени венгерской, бузины красной и у азиатского вида – караганы древовидной. Перечисленные породы относим к перспективным для применения в субарктических условиях. Большинство из них кустарники, адаптация которых по нашим исследованиям более успешная, чем крупных форм – деревьев.

Основные критерии отбора дендроинтродуцентов для северных экосистем: зимостойкость и морозоустойчивость, хорошая репродуктивная способность, резистентность к вредителям и болезням, высокие санитарно-гигиенические и декоративные свойства.

В городе температурный режим выше, чем за его пределами, разница достигает 4-6 °С, что позволяет рассчитывать на более успешное внедрение новых пород в высокие широты именно за счет первичной полной акклиматизации в городском микроклимате.

Фенологическими исследованиями установлено, что интенсивность цветения и плодоношения интродуцентов на Севере в большинстве случаев не уступает таковым в более южных районах. Инорайонные породы дают потомство в новых условиях. Семена кустарников: аронии черноплодной, дерена белого, жимолости татарской, ирги обильноцветущей, караганы древовидной, розы морщинистой, сирени венгерской имеют хорошее качество (70 % и более). Семена высокого качества – один из показателей натурализации растений. Отбор маточников в городских насаждениях возможен за счёт отдельных экземпляров, семена которых отличаются повышенными показателями доброкачественности, жизнеспособности, всхожести.

Устойчивыми к повреждению ассимиляционного аппарата в урбаносистемах являются интродуценты: арония черноплодная, боярышник кроваво-красный, бузина красная, вяз шершавый, дёрен белый, ель колючая, лох серебристый, клен остролистный, пузыреплодник калинолистный, рябинник рябинолистный, сосна кедровая сибирская, спирея японская, ясень обыкновенный. С целью предупреждения возникновения очагов болезней и ограничения их распространения необходимо проводить комплекс мероприятий: надзор за появлением и распространением вредителей в период вегетации; поддержание оптимальной густоты посадок, создание смешанных насаждений, в которых разнопородный состав препятствует распространению возбудителя заболеваний. Исследования декоративности инорайонных пород

также подтверждают данный тезис: смешанные насаждения более декоративны, чем однопородные (23,4 и 20,5 баллов соответственно).

В ходе исследований с применением комплекса аппаратуры акустической ультразвуковой томографии «Арботом» выявлено: интродуцированные породы липа мелколистная, вяз шершавый, дуб черешчатый, яблоня ягодная, ясень обыкновенный, клён остролистный в насаждениях г. Архангельска в молодом и зрелом возрасте показали невысокий процент патологического снижения плотности древесины (от 0 у клёна остролистного до 44 у ясеня обыкновенного) и низкий процент образования некрозных полостей (в среднем не более 2), что позволяет сделать вывод об их высокой жизнеспособности. Данные древесные породы могут рекомендоваться к применению для формирования закрытых пространств при замене аварийных посадок тополя бальзамического в Архангельской агломерации.

Интродукционные испытания древесных и кустарниковых пород в субарктических условиях предлагаем осуществлять по следующей схеме:

1. Анализ предварительной информации: оценка эколого-фитоценологических условий потенциального района введения нового вида, выбор метода интродукции;

2. Изучение роста и развития экзота, включая данные о предельной высоте растений, сведения о сохранении или изменении жизненной формы, информацию о фенологических изменениях в жизни древесных растений в новых условиях;

3. Оценка адаптационных свойств введённых пород: зимостойкость и морозоустойчивость, репродуктивная способность;

4. Подведение итогов интродукции, включая способность к самовозобновлению и внедрение в состав насаждений региона.

На основании проведённых исследований рекомендуем более широкое применение интродуцентов древесной и кустарниковой флоры, успешно прошедших испытания в северных широтах.

Основные работы, опубликованные по теме диссертации:

1. Бабич, Н.А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов: **монография** / Н.А. Бабич, О.С. Залывская, Г.И. Травникова. – Архангельск: АГТУ, 2008. – 144 с.

2. **Залывская, О.С. Рекомендации** по ассортименту древесных и кустарниковых пород в городах Архангельской агломерации / О.С. Залывская, Н.А. Бабич. – Архангельск: Издательство САФУ, 2019. – 104 с.

Публикации в рецензируемых научных изданиях по перечню ВАК:

3. **Залывская, О.С.** Репродуктивная способность арборифлоры г. Северодвинска / О.С. Залывская, Н.А. Бабич // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2007. – № 1. – С. 50-52.

4. **Залывская, О.С.** Свинец в системе почва - древесное растение в урбанизированной среде / О.С. Залывская, С.В. Хрущёва, Н.А. Бабич // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2009. – № 1. – С. 39-43.

5. **Залывская, О.С.** Особенности фенологии растений в насаждениях северных городов / О.С. Залывская // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2011. – № 197. – С. 15-22.

6. **Залывская, О.С.** Сезонное развитие дендрофлоры в северных урбаносистемах / О.С. Залывская // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 4. – С. 60-65.

7. **Залывская, О.С.** Интегральная оценка перспективности интродукции растений / О.С. Залывская // Вестник Брянского государственного университета. – 2012. – № 4-1. – С. 83-86.

8. **Залывская, О.С.** Шкала комплексной оценки декоративности деревьев кустарников в городских условиях на Севере / О.С. Залывская, Н.А. Бабич // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2012. – № 1 (15). – С.96-104.

9. **Залывская, О.С.** Дендроинтродуценты в северных урбаносистемах (на примере Архангельской области) / О.С. Залывская // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова.– 2013. – № 5.– С. 18-20.

10. **Залывская, О.С.** Комплексная оценка адаптивной способности интродуцентов / О. С. Залывская // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 6 (342). – С. 161-166.

11. **Залывская О.С.** Успешность перезимовки дендроинтродуцентов в условиях Архангельской области / О.С. Залывская // Вестник Московского государственного университета леса.– Лесной вестник. – 2014. – Т. 18. – № 1. – С. 105-109.

12. **Залывская О.С.** Зимостойкость и морозоустойчивость интродуцентов / О.С. Залывская, Н.А. Бабич // Вестник Московского государственного университета леса. – Лесной вестник. – 2014. – Т. 18. – № 5. – С. 66-71.

13. **Залывская, О.С.** Аккумуляция свинца в урбаносистеме (на примере Архангельской агломерации) / О.С. Залывская, Е.Б. Карбасникова, Н.А. Бабич // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – Т. XXXIX, № 3. – С. 191-196.

Публикации в изданиях, включённых в реестр международных баз данных Web of Science:

14. Карбасникова, Е.Б. Содержание тяжелых металлов в почве и древесной растительности в условиях городской агломерации / Е. Б. Карбасникова, **О.С. Залывская**, О.С. Чухина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 5 (371). – С. 216-223.

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

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

Публикации в иных изданиях:

17. Бабич, Н.А. Основные подходы развития ступенчатой интродукции в северные широты // Н.А. Бабич, А.М. Андропова, Е.Б. Карбасникова, **О.С. Залывская**, Ю.В. Александрова, Н.П. Гаевский // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Фундаментальные и прикладные исследования в интродукции растений. Сохранение биоразнообразия». – Ижевск, 2021. – 120 с.

18. **Залывская, О.С.** Перспективные породы для озеленения северных городов / О.С. Залывская, А.А. Игамбердиева // Сельское и лесное хозяйство: Инновационные направления развития. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Вологда, 2021. – С. 23-27.

19. Бабич, Н.А. Успешность акклиматизации и натурализации видов дендрофлоры / Н.А. Бабич, Е.Б. Карбасникова, М.М. Андропова, **О.С. Залывская**, Ю.В. Александрова // Материалы III Национальной конференции по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов в области ландшафтной архитектуры и лесного дела. – Саратов: Амирит, 2021. – С. 7-11.

20. **Залывская, О.С.** Декоративность урболандшафта в зимний период / О.С. Залывская, А.Л. Каликина, Н.А. Киселёва // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. – Вологда, 2019. – С. 47-48.

21. **Залывская, О.С.** Озеленение городов и посёлков Архангельской области / О.С. Залывская // Евразийский научный журнал. – 2016. – № 12. – С. 496-497.

22. **Залывская, О.С.** Цветочное оформление города Архангельска / О.С. Залывская, Э.В. Дрочнева // Международный студенческий научный вестник. 2016. – № 2. – С. 187.

23. Латухина, И.К. Комплексная оценка декоративности липы мелколистной в городских условиях (на примере г. Архангельска) / И.К. Латухина, **О.С. Залывская** // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. Межвузовский сборник научных трудов. Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск, 2016. – С. 100-103.

24. Солдатова, Д.Н. Курильский чай – перспективная порода для интродукции в северные города // Д.Н. Солдатова, **О.С. Залывская** // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2015. – № 6. – С. 133-134.

25. Нельга, А.И. К вопросу об озеленении северных городов / А. И. Нельга, **О.С. Залывская** // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. Межвузовский сборник научных трудов. Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск, 2015. – С. 378-381.

26. **Залывская, О.С.** Газоустойчивость древесных и кустарниковых растений в условиях северного города / О.С. Залывская, Н.А. Бабич // Леса Евразии - большой Алтай. Материалы XV Международной конференции молодых учёных, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Н. Высоцкого. – 2015. – С. 135-138.

27. Травникова, Г.И. Инорайонные породы в озеленении северных городов / Г.И. Травникова, **О.С. Залывская** // Материалы конференции, посвящённой 170-летию со дня рождения основателя Сочинского «Дендрария» С.Н. Худекова. – Сочи: НИИгорлесэкол, 2007. – С. 70-72.

Учебные пособия:

28. **Залывская, О.С.** Генетика и селекция декоративных растений / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова». Архангельск, 2014. – 14 с.

29. Бабич, Н.А. Декоративное растениеводство. Древодводство / Н.А. Бабич, С.Н. Марич, **О.С. Залывская** / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова». Архангельск, 2014. – 100 с.

30. **Залывская, О.С.** Селекция растений / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова». Архангельск, 2011. – 26 с.

31. **Залывская, О.С.** Цветочное оформление / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова». Архангельск, 2011. – 16 с.

32. Барабин, А.И. Селекция растений / А.И. Барабин, **О.С. Залывская** / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова». Архангельск, 2004. – 71 с.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с указанием фамилии, имени, отчества, почтового адреса, адреса электронной почты, наименования организации, должности, шифра и наименования научной специальности в соответствии с номенклатурой, по которой защищена диссертация, лица, составившего отзыв, подписанные и заверенные печатью, просим направлять по адресу: 163002 г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17, диссертационный совет Д 212.008.03.

Ученый секретарь Тюкавина Ольга Николаевна E-mail: o.tukavina@narfu.ru