Научная статья

УДК 581.5

DOI: 10.24412/2658-4255-2025-4-22-36

EDN: ADPGFG

Для цитирования:
Мазур В.В. Оценка древесных растений в контексте озеленения урбанизированных территорий Крайнего Севера // Российская Арктика. 2025. Т. 7. № 4. С. 22-36. https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-4-22-36

Получена: 24.07.2025
Принята: 12.09.2025
Опубликована: 03.11.2025

For citation:
Mazur VV. Assessment of woody plants in the context of greening urban areas of the Far North. *Russian Arctic*. 2025;7(4):22-36. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-4-22-36

Конфликт интересов.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.
Исследование не имело спонсорской поддержки

ОЦЕНКА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ ОЗЕЛЕНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

В.В. Мазур

Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия

E-mail: *vvmazur@list.ru

Аннотация
Озеленение городов Крайнего Севера – важная и сложная задача из-за сурового климата, вечной мерзлоты и значительного промышленного развития. Зеленые насаждения выполняют ветро- и снегозащиту, улучшают микроклимат. Однако современные исследования городской зеленой инфраструктуры касаются преимущественно умеренных и южных широт, оставляя арктическую зону без должного внимания. Для отбора древесных растений был использован политомический ключ, включающий критерии декоративности, фенотипики и фенологии. Оценка проводилась на основе данных о растениях в условиях их максимальной продуктивности без антропогенного вмешательства. Для исследования выбраны следующие деревья: карликовая берёза, рябина обыкновенная, ива козья, ива ломкая, ива арктическая, ольха чёрная, ольха серая, осина, черемуха обыкновенная, лиственница даурская, лиственница Гмелина, лиственница сибирская, ель обыкновенная, ель сизая, ель сибирская, сосна обыкновенная, сибирский кедр, можжевельник обыкновенный, можжевельник горизонтальный, можжевельник казацкий, можжевельник сибирский. Разработаны таблицы с политомическим ключом для оценки декоративности лиственных и хвойных деревьев. Декоративность лиственных растений обусловлена внешним видом листвы (окраской, изменением и яркостью окраски листьев в течение вегетативного периода, продолжительностью периода облиствения), а также наличием цветов и плодов (окраска, размер, аромат). Декоративность хвойных деревьев определяется формой кроны, окраской хвои, скоростью роста, наличием плодов, окраской шишек и др. Ранжирование деревьев по декоративности с использованием расчета суммарного количества баллов политомического ключа выявило, что наибольшей декоративностью будут обладать среди лиственных растений рябина обыкновенная; черемуха и ольха черная, среди хвойных растений – кедр сибирский (сосна кедровая), можжевельники (обыкновенный, горизонтальный, сибирский, казацкий), а также сосна обыкновенная.

Ключевые слова: древесные растения, зеленые насаждения, Арктика, Воркута, политомический ключ, оценка декоративности

ASSESSMENT OF WOODY PLANTS IN THE CONTEXT OF GREENING URBAN AREAS OF THE FAR NORTH

V.V. Mazur

Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin, Syktyvkar, Russia

E-mail: vvmazur@list.ru

Abstract
Greening of the cities of the Far North is an important and complex task due to the harsh climate, permafrost and significant industrial development. Green plantings provide wind and snow protection, improve the microclimate. However, modern studies of urban green infrastructure concern mainly

temperate and southern latitudes, leaving the Arctic zone without due attention. For the selection of woody plants, we use a polytomous key including criteria of ornamentality, phenotypics and phenology. The assessment is based on data on plants under conditions of their maximum productivity without anthropogenic intervention. We select the following trees for the study: dwarf birch, common rowan, goat willow, brittle willow, arctic willow, black alder, grey alder, aspen, bird cherry, Dahurian larch, Gmelin larch, Siberian larch, Norway spruce, blue spruce, Siberian spruce, Scots pine, Siberian cedar, common juniper, juniper horizontalis, Cossack juniper, Siberian juniper. We develop a polytomous key for assessing the decorativeness of deciduous and coniferous trees. The decorativeness of deciduous plants is determined by the appearance of the foliage (color, change and brightness of the color of the leaves during the growing season, duration of the foliage period), as well as the presence of flowers and fruits (color, size, aroma). The decorativeness of coniferous trees is determined by the shape of the crown, the color of the needles, the rate of growth, the presence of fruits, the color of the cones, etc. Ranking trees by decorativeness using the calculation of the total number of the polytomous key points reveals that the deciduous plants that have the greatest decorativeness are rowan, bird cherry and black alder; the most decorative conifers are the Siberian cedar (cedar pine), junipers (common, horizontal, Siberian, Cossack), and Scots pine.

Keywords: woody plants, green spaces, Arctic, Vorkuta, polytomous key, assessment of decorativeness

---

Введение

Для городов, расположенных на Крайнем Севере и месяцами лишенных солнечного света, проблема озеленения территорий стоит особенно остро. Роль городской растительности на Севере отличается от средних и южных широт и заключается в создании защитного барьера от холодного воздуха и снежных заносов, а также улучшении микроклимата на отдельных участках. Эстетический облик населенных пунктов в полярных широтах определяется разнообразием произрастающих пород. Наибольшее значение имеют такие свойства дендрофлоры, как период облиствения, характер цветения и палитра осенней окраски листьев [1].

В условиях Арктической зоны России расположено немало городов, среди них: Норильск, Магадан, Воркута, Нарьян-Мар, Салехард, Новый Уренгой, Лабытнанги, Якутск, Инта, Дудинка, Ноябрьск, Мурманск, Кировск, Мончегорск и др. В Арктической зоне России проживает около 2,4 миллиона человек, 89 % из которых – городские жители. Из-за вечной мерзлоты для озеленения территорий требуется особый подход. В Северном полушарии криолитозона занимает примерно 21 млн. км^2, из которых около 11 млн. км^2 расположены на территории России. Различия в геоморфологии, почвенном субстрате, климате (север-юг и побережье-внутренние районы) и истории ледников (с оледенением или без) обуславливают биотические и абиотические паттерны в разных масштабах.

При этом современные исследования городской зеленой инфраструктуры по-прежнему ограничены географически и в основном касаются городов с умеренным климатом. Имеется явный пробел в исследованиях зеленых насаждений для городов арктической зоны, вокруг которых отсутствуют естественные лесополосы (Воркута, Норильск, Нарьян-Мар, Анадырь, Салехард и др.) [2]. При этом зеленые насаждения Мурманской области исследованы достаточно полно [3-5], в то время как исследования во многих других регионах имеют фрагментарный характер [6-8]. Не может радовать тот факт, что на государственном уровне вопросу развития арктических территорий сегодня уделяется много внимания.

Проблема озеленения городов Крайнего Севера усугубляется значительными масштабами развития промышленности. Растения, произрастающие рядом с автомагистралями и железнодорожными путями, нефте- и газопроводами и прочими инженерно-хозяйственными сооружениями, подвергаются механическому и токсическому воздействию [9]. Исторически так сложилось, что населенные пункты Крайнего Севера образовывались при промышленных предприятиях. Так, Воркута входит в топ-5 наиболее загрязненных моногородов Арктики. Основным источником выбросов в Воркуте стала деятельность по добыче полезных ископаемых [10]. Дворянские усадьбы, распространенные в Центральной России, на Севере практически не развивались [11]. Одним из следствий доминирующих индустриальных приоритетов освоения Арктики явилось длительное отсутствие единых подходов к застройке и озеленению населенных пунктов.

В последнее время наблюдается снижение интенсивности работы промышленных предприятий Воркутинской агломерации (в том числе в связи с закрытием нескольких шахт), что подтверждается существенным снижением в снеге растворенных форм поллютантов в течение 2004–2014 гг. Валовый объем атмосферных выбросов за указанный период снизился более чем на 40 % (с 327,6 до 182 тыс. т). Сокращение выбросов твердых веществ, в том числе угольной пыли, в атмосферу составило 33 % [12].

Если в средней полосе недостаток зеленых насаждений в черте города в какой-то мере компенсируется лесами, расположенными близко к жилым районам, то на Крайнем Севере, в частности за пределами Воркуты, древесная растительность практически полностью отсутствует [13].

Следует отметить, что в условиях тундры и лесотундры очень беден ассортимент растений. И несмотря на то, что учеными ведется постоянная работа по расширению видового разнообразия Арктики, перечень растений, способных выжить в условиях Севера, довольно ограничен [1, 14].

Целью настоящего исследования являлась геоэкологическая оценка потенциала использования древесных растений для озеленения городской среды Воркуты с использованием политомического ключа, позволяющего систематизировать и классифицировать древесные виды по ряду критериев, включая декоративные, фенотипические и фенологические характеристики. На основе этого ключа был сформирован перечень древесных растений, наиболее подходящих для озеленения урбанизированных территорий в условиях Крайнего Севера.

Методы и район исследования

Для территорий, расположенных в условиях Крайнего Севера, свойственны ярко выраженные сезонные изменения продолжительности светового дня, низкие среднегодовые температуры и атмосферное давление, высокая относительная влажность и низкая абсолютная влажность воздуха, интенсивные ветры и значительные колебания солнечной активности [14]. Расположение Воркуты на широте 67°30′ с. ш. определяет наличие полярной ночи, которая длится с 17 по 27 декабря, и полярного дня – с 27 мая по 14 июля.

Субарктический климат Воркуты характеризуется контрастными климатическими сезонами – морозной зимой с высокой влажностью воздуха и сравнительно сухим прохладным летом. Климат города формируется под воздействием влажных воздушных масс, поступающих с Атлантического океана, и влиянием холодного воздуха с Северного Ледовитого океана. Устойчивый снежный покров наблюдается около 240 дней в году, начиная с сентября и до июня. В марте-апреле средняя толщина снежного покрова максимальна и составляет в среднем 81 и 84 см (180 см – максимальная) [15-16].

В экосистемном комплексе Крайнего Севера доминируют бореальные типы растительности, включающие хвойные леса, болотные экосистемы, которые к северным широтам сменяются березо-еловыми редколесьями, кустарниковыми и лишайниковыми формациями, характерными для тундровой зоны, а также тундровыми болотами [15]. Воркута, расположенная в тундровой зоне, характеризуется скудной древесной растительностью. В основном это низкорослые кустарники и небольшие деревья, такие как берёза, ольха и ива. Встречаются также отдельные экземпляры лиственницы, занесенные сюда человеком. Первые попытки озеленения Воркуты начались в 1940-х гг., практически сразу после основания города. Для этих целей был создан единственный в то время в Заполярье питомник растений, где выращивались деревья и кустарники. Первыми древесными растениями, которые были высажены на улицах Воркуты стали ива лозовая и береза обыкновенная. В то время вырастить ель обыкновенную не удалось. Городская растительность Воркуты сегодня представлена как аборигенными видами (ивы), так и интродуцентами (ива козья (Salix caprea L.), береза повислая (Betula pendula Roth), береза пушистая (Betula pubescens Ehrh.), рябина обыкновенная (Sorbus aucuparia L.), смородина (Ribes rubrum L. и Ribes nigrum L.), малина обыкновенная (Rubus idaeus L.)) [17-18]. В ландшафте Воркуты, как и многих других северных городов, наблюдается дефицит внутригородских насаждений. Преобладающая часть древесной растительности представлена старовозрастными экземплярами, находящимися в состоянии угнетения вследствие воздействия патогенных микроорганизмов и фитофагов, а также нерегулярным уходом. Дополнительно стоит отметить ограниченный ассортимент древесных и кустарниковых пород, многолетних трав и цветочных культур, используемых в рамках зеленого строительства.

Для региона Крайнего Севера характерны специфические климатические условия, требующие особого подхода к выбору растений. Среди лиственных пород чаще всего используются такие представители, как береза, рябина, ольха и различные виды ивы, осина и черемуха, которые демонстрируют высокую устойчивость к экстремальным температурам, низким уровням инсоляции и короткому вегетационному периоду, характерным для северных широт. Хвойные породы, такие как лиственница, ель, сосна и сибирский кедр, также демонстрируют значительную адаптивность к условиям Крайнего Севера [17, 19-20].

Сроки посадки древесных растений на Крайнем Севере имеют отличия от других климатических зон. Так, срок посадки весной с 25-28 мая по 15 июня. Осенью посадку проводят с 1-5 сентября по 5-10 октября в зависимости от погодных условий [17].

Методология настоящей работы была основана на сочетании общей официальной информации из различных региональных и федеральных информационных и научных источников, а также анализа научных публикаций и данных полевых исследований в г. Воркута. Такой комплексный подход помог выявить проблему и выделить ее региональные аспекты.

Существует несколько способов озеленения городских территорий: природный, технологичный, экологичный и постиндустриальный. Природный способ характерен для Финляндии. Он предполагает создание гармоничного сочетания архитектуры с природным ландшафтом. Технологичный способ основан на использовании современных технологий для создания новых ландшафтных объектов. Экологичный способ направлен на создание устойчивого городского ландшафта, который адаптируется к изменениям окружающей среды. Постиндустриальный способ предполагает преобразование бывших промышленных зон в ландшафтные объекты [14].

Зарубежные подходы к формированию озеленения городской среды, представленные выше, могут существенно дополнить существующую отечественную методологическую базу в контексте озеленения в экстремальных климатических условиях Крайнего Севера. В частности, целесообразно внедрение следующих инновационных и адаптивных стратегий: минимизация антропогенного воздействия на экосистемы, использование местных эндемичных видов флоры, интеграция зеленых технологий в архитектурное проектирование и ландшафтный дизайн, а также адаптация ландшафтных решений к специфическим климатическим и геоморфологическим характеристикам региона. Кроме того, важным аспектом является рефункционализация существующих промышленных объектов с целью их трансформации в рекреационные зоны, что способствует не только улучшению экологической ситуации, но и повышению качества жизни местного населения [14].

Для формирования перечня древесных растений, обладающих оптимальными декоративными, фенотипическими и фенологическими характеристиками для озеленения урбанизированных территорий Крайнего Севера, был использован политомический ключ. Политомический ключ представляет собой комплекс критериев, позволяющий систематизировать и ранжировать сравнимые и взаимоисключающие признаки растений [21].

На основе анализа собственных предшествующих исследований и литературных источников был сформирован перечень признаков, которые оказывают значительное влияние на декоративные свойства древесных растений. Для каждого таксономического наименования было проведено детальное диагностическое исследование, включающее систематическое изучение литературных данных [21] и собственных полевых наблюдений. В результате был разработан кодифицированный перечень признаков, который позволяет максимально точно описать вариабельность декоративных характеристик растений (табл. 1). Необходимо подчеркнуть, что аналитическая оценка растений осуществлялась на основе данных, характеризующих параметры каждого вида в условиях их максимальной биологической продуктивности. При этом предполагалось отсутствие антропогенного вмешательства, включая любые виды формовочных стрижек и обрезок, которые могли бы повлиять на естественные параметры роста и развития растений. При высадке растений в условиях Арктики, скорее всего, они частично утратят декоративность.

Поскольку ассортимент аборигенных видов деревьев для территории Воркуты ограничен, то для исследования взяты растения, которые интродуцированы на территории Воркуты, а также которые произрастают в других арктических городах: карликовая берёза (*Betula nana* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), ива козья (*Salix caprea* L.), ива ломкая (*Salix fragilis* L.), ива арктическая (*Salix arctica* Pall.), ольха чёрная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench.), осина (*Populus tremula* L.), черемуха обыкновенная (*Prunus racemosa* (Lam.) Gilib.), лиственница даурская (*Larix dahurica* Turcz.), лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* Rupr.), лиственница сибирская (Larix sibirica Ledeb.), ель обыкновенная (Picea abies L.), ель сизая (*Picea glauca* (Moench) Voss.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), сибирский кедр (*Pinus sibirica* Du Tour.), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), можжевельник горизонтальный (*Juniperus horizontalis* Moench), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burgsd.). Выбор растений был обусловлен литературными [20, 22] и собственными данными о произрастании древесных растений в условиях Крайнего Севера.

Таблица 1

Кодирование декоративных признаков

1.	ЖИЗНЕННАЯ ФОРМА	КОД
1.1.	Древесная жизненная форма	
- лиственное		1
- хвойное		2

2.	РАЗМЕРЫ, ГАБИТУС РАСТЕНИЯ	КОД
2.1.	Высота растения	
- карликовые (менее 3 м.)		1
- низкорослая (менее 5 м.)		2
- средневысокая (10-15 м.)		3
- высокая (15-20 м.)		4
- очень высокая (более 20 м.)		5
2.2.	Сила роста	
- быстрорастущие (прирост до 1 м.)		1
- умеренного роста (прирост до 0,6 м.)		2
- медленно растущие (прирост до 0.3 м.)		3
- весьма медленно (прирост до 15 см.)		4
2.3.	Характер кроны	
- плотная		1
- ажурная		2
2.4	Форма кроны	
- пирамидальная, конусовидная		1
- плакучая		2
- раскидистая		3
- распростертая		4
- вытянутая, овальная		5
- колоновидная		6
- зонтичная		7
- карликовая, подушковидная		8
- стланиковая		9
- яйцевидная, шаровидная		10

3.	СТВОЛ И ПОБЕГИ	КОД
3.1.	Характер ствола и побегов	
- побеги тонкие, слабые		1
- побеги сильные, деревянистые		2
3.2.	Окраска ствола и побегов	
- не декоративная		0
- оригинальная (белая, красная и т.д.)		1

4.	ХВОЯ	КОД
4.1.	Тона окраски	
- теплый		1
- холодный		2
4.2.	Цвет хвои	
- голубой		1
- сизый		2
- серый		3
- серебристый		4
- голубовато-зеленый		5
- жёлтые		6
- золотисто-зелёные		7
- зелёный		8
- вариативный		9
- светло-зелёный		10
4.3.	Сезонные изменения окраски хвои	
- окраска не изменяется		0
- окраска изменяется осенью		1
- окраска изменяется в течение сезона		2

5.	ЛИСТЬЯ	КОД
5.1.	Сроки распускания листьев	
- начало мая		0
- середина марта - конец апреля		1
- начало марта		2
5.2.	Продолжительность облиствения	
- ранний листопад		0
- средняя продолжительность		1
- сохранение листьев до заморозков		2
- в течение всего года		3
5.3.	Размер и форма листьев	
- крупные, простые		1
- крупные, сложные или рассечённые		2
- средние, простые		3
- средние, сложные или рассечённые		4
- мелкие, простые		5
- мелкие, сложные или рассечённые		6
- очень мелкие, простые		7
- очень мелкие, сложные		8
5.4.	Фактура листьев	
- матовые		1
- глянцевые		2
- опушённые		3
5.5.	Цвет листьев	
- темно-зелёный		1
- зелёный		2
- светло-зелёный		3
- бело-зелёный		4

- жёлто-зелёные, жёлтые		5
- голубовато-зелёный		6
- с оттенками розового или красного		7
- пурпурные, красные		8
- мраморные, пятнистые		9
- серо-зелёные		10
- серебристо-серый		11
5.6.	Сезонные изменения окраски листьев	
- окраска не изменяется		0
- окраска изменяется осенью		1
- окраска изменяется в течение сезона		2
5.7.	Осенняя окраска листьев	
- не декоративная		0
- преобладают жёлтые тона		1
- преобладают красные тона		2
- преобладают пурпурные тона		3
- зелёная		4

6.	ЦВЕТЕНИЕ	КОД
6.1.	Кратность цветения	
- отсутствие цветения		0
- один раз за сезон		1
- несколько раз за сезон		2
- значительная часть вегетационного периода		3
6.2.	Сроки цветения	
- весеннее		1
- летнее		2
- летне-осеннее		3
- осеннее		4
- значительная часть вегетационного периода		5
6.3.	Продолжительность цветения	
- непродолжительное		0
- среднее (до 21 дня)		1
- продолжительное (до дней 40 дней)		2
- длительное (41-70 дней)		3
- значительное (более 70 дней)		4
6.4.	Величина отдельных цветков	
- мелкие, до 2 см.		1
- средние, от 2 до 5 см.		2
- крупные, от 5 до 10 см.		3
- очень крупные, более 10 см.		4
6.5.	Окраска цветков	
- белая		1
- жёлтая, бледно-жёлтая		2
- розовая, интенсивно-розовая		3
- оранжевая, красная		4
- бледно-зелёная		5
- синяя, фиолетовая, сиреневая		6
- темно-фиолетовый, чёрный		7
6.6.	Аромат	
- отсутствует		0
- сильный, непривлекательный		1
- слабый, непривлекательный		2
- слабый, приятный		3
- сильный, приятный		4

7.	ПЛОДОНОШЕНИЕ	КОД
7.1.	Продолжение плодоношения	
- отсутствие плодов		0
- плоды быстро опадают		1
- плоды сохраняются до зимы		2
- плоды сохраняются до следующего сезона		3
- плоды и цветки присутствуют одновременно		4
7.2.	Окраска плодов	
- чёрная		1
- белая		2
- жёлтая, оранжевая, коричневая		3
- розовая, красная		4
- темно-вишнёвая, пурпурная		5
- синяя (сизая)		6
- зелёная		7

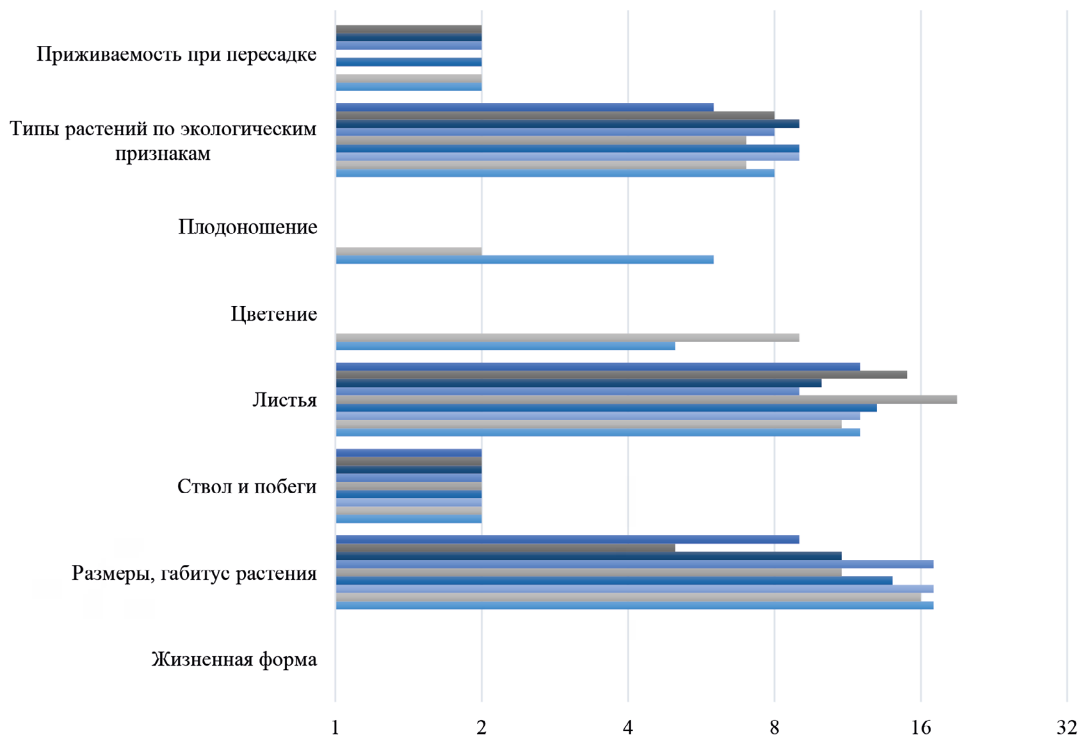
8.	ТИПЫ РАСТЕНИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ	КОД
8.1.	По отношению к свету	
- гелиофиты (светолюбивые)		1
- сциофиты (тенелюбивые)		2
- теневыносливые		3
8.2.	Требования к кислотности почвы	
- ацидофилы (кислые почвы)		1
- базифилы (нейтральные и слабощелочные почвы)		2
-безразличные к кислотности почвы		3
- щелочные почвы		4
8.3.	Требования к влажности почвы	
- влажные почвы		1
- нормальное увлажнение		2
- сухие почвы		3
- переносят засоленные почвы		4
8.4.	Отношение к антропогенным нагрузкам	
- устойчивы		1
- подвержены		0
8.5.	Отношение к заморозкам	
- устойчивы		1
- подвержены		0

9.0.	ПРИЖИВАЕМОСТЬ ПРИ ПЕРЕСАДКЕ	КОД
- не переносит пересадку		0
- пересадка с ЗКС		1
- возможна пересадка с ОКС		2

Результаты и обсуждение

Были разработаны таблицы с политомическим ключом из табл. 1 для каждого вида растения, отражающие основные характеристики декоративности, на основании которых рассчитаны сводные данные и построены диаграммы для оценки декоративности лиственных и хвойных пород деревьев.

Результаты оценки лиственных пород представлены на рис. 1. Можно наблюдать, что типичные растения, которые широко распространены на Крайнем Севере, зачастую обладают низкой декоративностью.



	Жизненная форма	Размеры, габитус растения	Ствол и побеги	Листья	Цветение	Плодоношение	Типы растений по экологическим признакам	Приживаемость при пересадке
карликовая берёза	1	9	2	12	0	0	6	1
ива арктическая	1	5	2	15	0	0	8	2
ольха серая	1	11	2	10	0	0	9	2
ива ломкая	1	17	2	9	0	0	8	2
осина	1	11	2	19	0	0	7	1
ива козья	1	14	2	13	0	0	9	2
ольха чёрная	1	17	2	12	0	0	9	1
черемуха обыкновенная	1	16	2	11	9	2	7	2
рябина	1	17	2	12	5	6	8	2

Рисунок 1. Оценка декоративности лиственных пород с использованием политомического ключа (ед.изм. баллы)

При оценке размеров растений и габитуса наибольшую декоративность показали рябина, ольха черная и ива ломкая. В данном случае на декоративность растения наибольшее влияние оказывает форма кроны, которая имеет шаровидную форму [1].

Листья, их морфологические характеристики, цветовая палитра и динамика изменения окраски в течение сезона являются ключевыми факторами, определяющими декоративные свойства древесных растений. В рамках проведённого исследования было выявлено, что наивысший уровень декоративности листвы наблюдается у осины. В летний период листья осины характеризуются зелёной окраской, обусловленной высоким содержанием хлорофилла. В предзимний период, предшествующий листопаду, наблюдается значительное изменение цветовой гаммы листвы, что приводит к появлению жёлтых, оранжевых и красных оттенков.

Помимо осины, следует отметить рябину и черемуху, которые также характеризуются значительным изменением оттенков цвета листвы в осенний период. Среди хвойных пород особое внимание заслуживает лиственница, чьи иголки также претерпевают значительные изменения цвета в осенний сезон.

Сроки облиствения в условиях Крайнего Севера смещены по сравнению со средней полосой, завершение созревания листьев происходит во второй половине июня и длится в среднем 130 дней. Осенняя окраска листьев появляется с 3 августа по 14 октября [23]. У интродуцированных в условиях Севера деревьев сокращается прохождение всего цикла вегетации от набухания почек до созревания плодов и окончания листопада [24].

Следующий критерий декоративности связан с наличием цветов. Из исследованных деревьев цветут только черемуха и рябина, благодаря чему эти растения являются украшением улиц города в весенний период. Большей декоративностью при цветении обладает черемуха благодаря приятному запаху цветков и более обильному цветению. Следует отметить, что в условиях Арктики растения могут цвести нерегулярно, также может наблюдаться сокращение сроков цветения до 6-10 дней, что связано с несоответствием условий окружающей среды сезонным ритмам развития [23].

Несмотря на то, что плодоносят и черемуха, и рябина, значительной декоративностью обладает все же рябина, ввиду яркой окраски плодов и долгого периода сохранения плодов на ветвях.

Необходимо отметить, что наряду с положительными качествами (высокая декоративность и приживаемость при посадке, быстрота роста) для рябины, как и для многих других лиственных деревьев, отрицательным показателем является недолговечность в посадках [20].

Сравнение экологических признаков лиственных деревьев показало, что лучшей устойчивостью обладают оба вида ольхи и ива козья, что связано в первую очередь с теневыносливостью и нетребовательностью к типам почв у перечисленных растений.

Ранжирование лиственных пород по декоративности с использованием расчета суммарного количества баллов политомического ключа представлено на рисунке 2. Результаты исследования показали, что наиболее декоративными свойствами обладают рябина и черемуха, что связано в первую очередь с изменением декоративности листьев в течение вегетативного периода, цветением и наличием плодов. На третьем месте в ряду ранжирования расположена ольха черная, которая несмотря на отсутствие цветов и плодов имеет другие качества, определяющие декоративность (форма кроны, листьев, экологическая устойчивость) и может быть рекомендована к использованию для озеленения арктических городов.

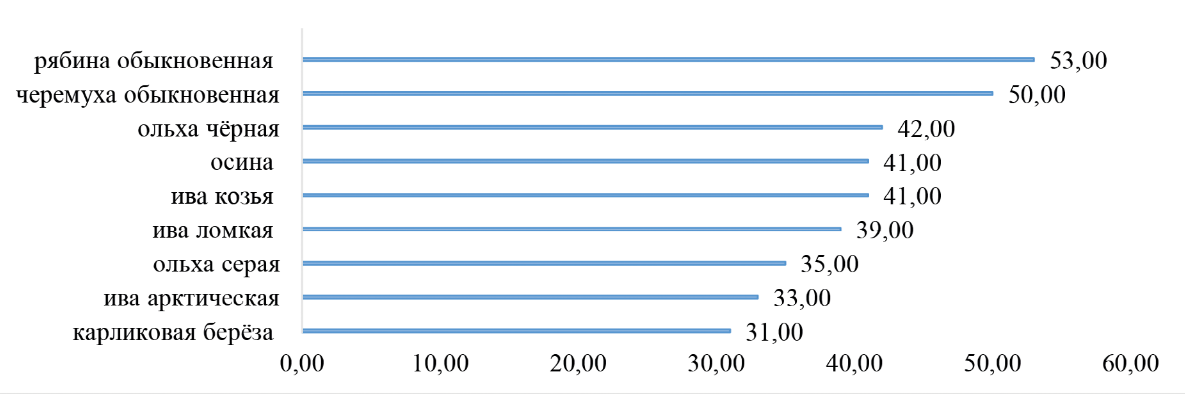


Рисунок 2. Ранжирование лиственных пород по декоративности с использованием расчета суммарного количества баллов политомического ключа (ед.изм. баллы)

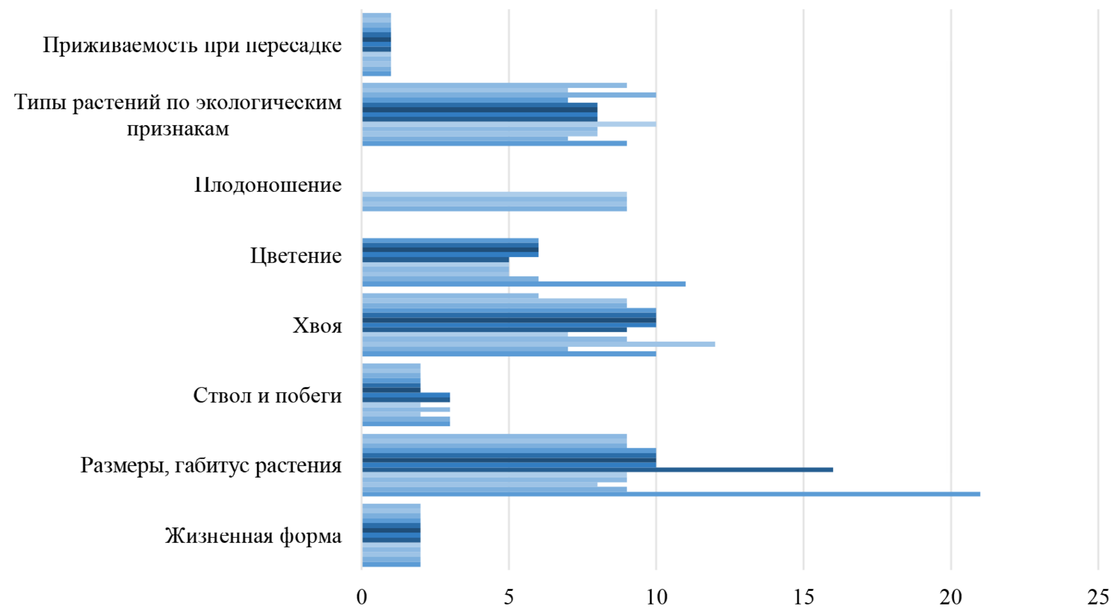
Следует обратить внимание, что в исследовании сравнивали два вида ольхи: черную и серую, однако, несмотря на сходство по многим параметрам, лучшие декоративные качества проявила ольха черная (черная - 42 балла, серая – 35 баллов). Ольха серая и ольха черная отличаются декоративностью, в основном, по форме кроны, цвету коры и форме листьев. Серая ольха обычно растет как кустарник или невысокое дерево с узко-яйцевидной кроной и диаметром ствола до 50 см, а черная ольха может достигать высоты до 35 м с диаметром ствола до 90 см и пирамидальной или яйцевидной кроной, которая со временем становится округлой. Кора серой ольхи светло-серая, а черной – темная, почти черная. Листья серой ольхи овальные с глубокими зубцами, похожие на березовые, а черной – округлые с выемчатой верхушкой. В области экологических параметров деревья имеют одинаковую оценку. Так, серая ольха более вынослива к сухим почвам, но более требовательна к освещению, а черная предпочитает влажные места, такие как берега рек и болота.

Выявленные в ходе исследования лиственные растения являются достаточно популярными и часто используются для озеленения городов [17-19, 25]. На рис. 3. представлены фотографии указанных деревьев из открытых источников и авторские, которые отражают декоративные качества, перечисленные выше. Стоит добавить, что кроме рябины обыкновенной есть другие сорта, например, рябина бузинолистная (*Sorbus sambucifolia* Cham. & Schltdl.), рябина промежуточная (*Sorbus intermedia* Ehrh.), рябина аспленифолия (*Sorbus aucuparia aspleniifolia*), рябина додонг (*Sorbus dodong*) и т. п., которые также могут быть использованы при озеленении городов.

(1) (2) (3) (4)

Рисунок 3. Внешний вид лиственных пород: (1) и (2) – рябина обыкновенная; (3) и (4) – черемуха обыкновенная

Сравнение декоративных свойств хвойных деревьев приведено на рис. 4 и 5. Следует отметить, что для озеленения городов в условиях Крайнего Севера хвойные породы являются предпочтительнее лиственных, ввиду их декоративности на протяжении всего года.



	Жизненная форма	Размеры, габитус растения	Ствол и побеги	Хвоя	Цветение	Плодоношение	Типы растений по экологическим признакам	Приживаемость при пересадке
ель сибирская	2	9	2	6	0	0	9	1
ель сизая	2	9	2	9	0	0	7	1
ель обыкновенная	2	9	2	9	0	0	10	1
лиственница сибирская	2	10	2	10	6	0	7	1
лиственница Гмелина	2	10	2	10	6	0	8	1
лиственница	2	10	2	10	6	0	8	1
лиственница даурская	2	10	3	10	6	0	8	1
сосна обыкновенная	2	16	3	9	5	0	8	1
можжевельник сибирский	2	9	2	7	5	9	10	1
можжевельник горизонтальный	2	9	3	9	5	9	8	1
можжевельник обыкновенный	2	8	2	12	5	9	8	1
можжевельник казацкий	2	9	3	7	6	9	7	1
сибирский кедр	2	21	3	10	11	0	9	1

Рисунок 4. Оценка декоративности хвойных пород с использованием политомического ключа (ед.изм. баллы)

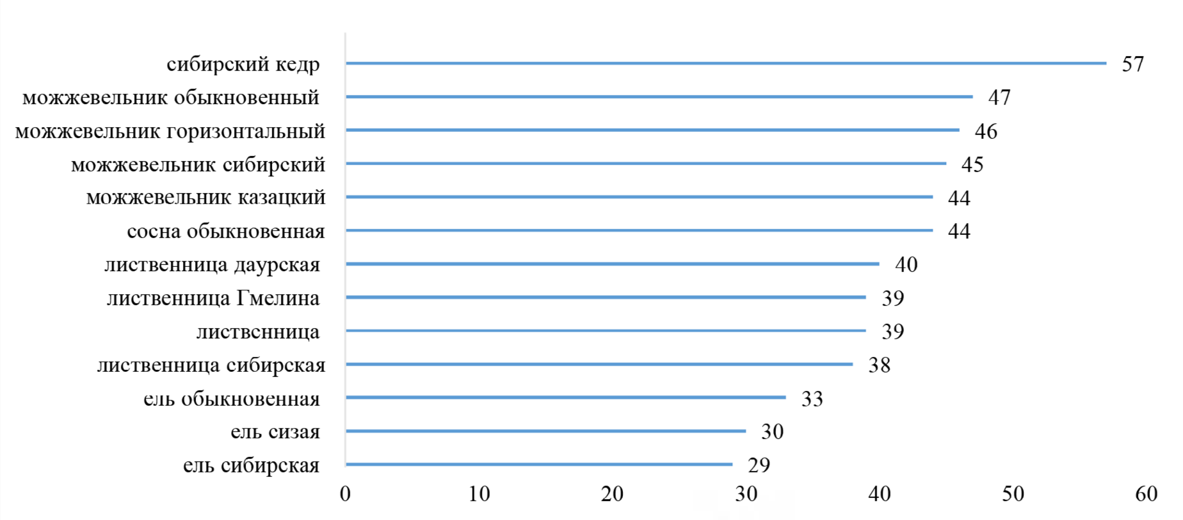


Рисунок 5. Ранжирование хвойных пород по декоративности с использованием расчета суммарного количества баллов политомического ключа (ед.изм. баллы)

Наибольшей оценкой по показателям размера и габитусу выделяется сибирский кедр, который относится к роду Pinus, является деревом высотой до 40 метров, с густой кроной, в молодости пирамидальной, а в зрелом возрасте часто раскидистой, многовершинной. В контексте озеленения урбанизированных территорий Крайнего Севера, ряд исследователей, таких как [17, 26-27], рассматривают сосну кедровую как перспективный вид для интродукции, подчеркивая ее выдающуюся морозостойкость и высокую газо- и дымоустойчивость. В то же время в качестве потенциальных факторов, негативно влияющих на рост и жизнеспособность сибирского кедра, выделяется заражение хермесом, особенно при культивировании вблизи сосновых насаждений [26]. Можно прогнозировать успешную интродукцию сосны кедровой севернее его ареала при условии подбора климатипов, близких к будущим условиям, использования устойчивого потомства и применения посадочного материала с закрытой корневой системой [28]. По итогам обследования сосны кедровой в г. Апатиты выявлены следующие особенности: у деревьев в условиях городской среды в первую очередь повреждаются крона и скелетные побеги (крона чаще изреженная и асимметричная), а зона комля имеет трещины и механические раны [25].

На втором месте в данной категории расположена сосна обыкновенная, которая также обладает значительными размерами и красивой кроной.

Оценка хвои показала, что декоративность можжевельника обыкновенного по указанному показателю незначительно выше по сравнению с сибирским кедром – 12 и 10 баллов соответственно. Это связано в первую очередь с изменением оттенка цвета хвои можжевельника в течение года. Так, голубой оттенок хвои можжевельника, обусловленный восковым налетом, который защищает растение от потери влаги и ультрафиолета в летний период, осенью и зимой сменяется на темно-зеленый.

Хвойные растения, несмотря на отсутствие классических цветков в ботаническом понимании, обладают уникальными репродуктивными структурами, которые обладают определёнными декоративными характеристиками. Цветение хвойных растений оценивалось по наличию мужских и женских шишек (стробил), выполняющих репродуктивную функцию и имеющих некоторые декоративные качества. Например, у сибирского кедра мужские стробилы имеют малиновый окрас, а женские макростробилы – от темно-красного до темно-фиолетового.

Можжевельник демонстрирует уникальный репродуктивный механизм, представленный шишкоягодами. Эти структуры имеют характерную шаровидную форму, диаметр которой варьируется в пределах 6-10 мм. Их поверхность гладкая и блестящая, что придает им эстетическую привлекательность. Зрелые шишкоягоды обладают темно-синей или фиолетово-черной окраской, часто дополненной серо-голубым восковым налетом.

Установление экологических особенностей произрастания выявило, что наиболее неприхотливыми растениями являются ель обыкновенная и можжевельник обыкновенный, которые нетребовательны к освещению, кислотности почв, относительно легко переносят заморозки и загрязнение воздуха [29]. Установлено, что сеянцы ели обыкновенной способны расти на экспериментальных субстратах с различным соотношением торфа и осадков сточных вод целлюлозно-бумажного комбината [30]. Кроме того, в собственных исследованиях показано, что ель обыкновенная может расти в почве с добавлением обожжённого угольного шлама.

Таким образом, было проведено ранжирование хвойных пород по декоративности с использованием расчета суммарного количества баллов политомического ключа. Выявлено, что наиболее привлекательным видом является сибирский кедр, далее идут можжевельники и сосна обыкновенная (рис. 5). Следует обратить особое внимание на можжевельники, разнообразие сортов и декоративных форм которых предоставляет широкие возможности для их селективного использования в соответствии с конкретными задачами и требованиями в определенных почвенно-климатических условиях. Несомненно, использование сортовых можжевельников для озеленения арктических территорий требует дополнительных исследований. Кроме того, можжевельники плохо переносят дым и копоть, что ограничивает их использование в «зеленом строительстве» городов [31].

На рисунке 6 представлены наиболее декоративные виды хвойников, которые можно использовать для озеленения (фото из открытых источников и авторские).

(1) (2) (3)

Рисунок 6. Внешний вид хвойных пород: (1) – кедр сибирский; (2) – можжевельник обыкновенный; (3) – можжевельник казацкий

Моделирование климатических процессов демонстрирует явную тенденцию к сокращению площади морского льда в арктических регионах России и прилегающих акваториях Северного Ледовитого океана в текущем столетии. Прогностические сценарии предполагают высокую вероятность полного исчезновения многолетнего льда в арктических акваториях в первой половине XXI века. На основе ряда современных моделей климатических изменений, прогнозируется, что в течение XXI века произойдет значительное смещение ареалов древесных пород в северном направлении, с предполагаемым смещением в среднем на 500 километров и более. Данный процесс будет сопровождаться трансформацией обширных территорий тундры в бореальные лесные экосистемы [32].

Согласно данным спутниковых наблюдений, в течение последних трех десятилетий на некоторых участках субарктической суши наблюдается значительное увеличение фитомассы. Этот процесс обусловлен активной сукцессией растительности, в ходе которой тундровые экосистемы замещаются более продуктивными фитоценозами. Предполагается, что к 2100 году до 50 % тундры может покрыться лесом, темпы продвижения которого по различным подсчетам могут составлять от 7 до 20 км/год [32]. В связи с изменением (потеплением) климата перечень древесных растений, которые можно применять для арктических городов, может существенно расшириться.

Современный процесс потепления климата, отмечаемый для региона, способствует лучшей приживаемости и самовозобновлению берез и даже елей, попытки использования которых в парках Воркуты ранее были неудачными [18].

На примере городов Архангельск и Мурманск была оценена степень декоративности насаждений в зависимости от их видового состава и санитарного состояния. Наивысшим уровнем декоративности обладает смешанная группа растений, включающая ель колючую, черемуху обыкновенную и сирень венгерскую. Наименьший уровень декоративности характерен для однопородных насаждений. При этом наилучшее санитарное состояние отмечается у местных видов растений, адаптированных к климатическим условиям региона. Напротив, экзотические виды, привезенные из других климатических поясов, демонстрируют наихудшие показатели санитарного состояния [1, 5, 26].

Выводы

В результате исследования проведена оценка использования древесных растений для озеленения г. Воркуты с использованием политомического ключа. Создан перечень древесных растений, которые можно использовать при озеленении городов Крайнего Севера. Ранжирование лиственных пород по декоративности с использованием расчета суммарного количества баллов политомического ключа выявило, что наибольшей декоративностью в условиях Арктики будут обладать рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная и ольха черная. Декоративность лиственных растений определяется в большей части внешним видом листвы (окраской, изменением и яркостью окраски листьев в течение вегетативного периода, продолжительностью периода облиствения), а также наличием цветов и плодов (окраска, размер, аромат).

Декоративность хвойных деревьев и кустарников обусловлена формой кроны, окраской хвои, скоростью роста, наличием шишкоягод, окраской шишек, экологическими признаками и др. Выявлено, что наибольшую декоративность будут проявлять кедр сибирский (сосна кедровая), можжевельники (обыкновенный, горизонтальный, сибирский, казацкий), а также сосна обыкновенная.

Благодарности

Работа выполнена по инициативе АО «Воркутауголь» в 2024 году. В результате отбора для озеленения г. Воркута была выбрана ель обыкновенная, которая несмотря на невысокие декоративные качества, обладает высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам. Кроме того, ель обыкновенная для г. Воркуты является нетипичным растением, ввиду отсутствия естественных экземпляров хвойных растений.

Список литературы:

1. Залывская О.С., Бабич Н.А. Оценка декоративности насаждений // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. № 6. С. 98-110. https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-6-98-110
2. Евсеев А.В., Красовская Т.М. Скверы в городах Российской Арктики: приоритетные экосистемные функции и услуги, способствующие адаптационному развитию и устойчивости городов // Известия Русского географического общества. 2022. Т. 154. № 5-6. С. 36-46. https://doi.org/10.31857/S0869607122050032
3. Исаева Л.Г., Сухарева Т.А. Оценка состояния зеленых насаждений в зоне воздействия комбината «Печенганикель» (Мурманская область) // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24. № 1. С. 97-106. https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-1-97-106
4. Святковская Е.А., Салтан Н.В., Уманец М.С., Тростенюк Н.Н. Мониторинг состояния древесных растений в зоне влияния железнодорожного транспорта в условиях Заполярья // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 1. С. 72-89. https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-1-72-89
5. Благовидова Н.Г., Девятов Д.В. Применение экосистемного подхода к регенерации нарушенных городских территорий г. Мурманска // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. №4(69). С. 239-255. https://doi.org/10.24412/1998-4839-2024-4-239-255
6. Макарова Т.А., Макаров П.Н. Мониторинг фитопатологического состояния зеленых насаждений города Сургута // Вестник НВГУ. 2017. №1. С. 117-127.
7. Одинаев Х.Д., Фролова Т.И. К вопросу об озеленении Нижнего Тагила и необходимости создания новых парковых территорий // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 238-242.
8. Очилдиева М.Д., Ядрихинский И.В. Озеленение и создание культурных ландшафтов в городе Якутске // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №1-1 (88). С. 27-31. https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-1-1-27-31
9. Сираева И.С., Ларионов М.В., Ларионов Н.В., Солдатова В.В. [и др.]. Экологическая оценка санитарных показателей древесных растений в природных и техногенных условиях // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 1 (30). С. 100-106. https://doi.org/10.17816/SNV202091116.T22902
10. Питухина М.А., Белых А.Д. Экологический мониторинг промышленных моногородов Арктики: анализ и рекомендации // Россия: общество, политика, история. 2024. № 1(10). С. 135-155. https://doi.org/10.56654/ROPI-2024-1(10)-135-155
11. Булыга И.В., Сродных Т.Б. Дореволюционное озеленение малых городов Урала (на примере города Миасс) // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики - 2017: материалы VII Международной научно-техническая

конференции, Саратов, 30–31 мая 2017 года. Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 31-36.
12. Василевич М.И., Василевич Р.С., Шамрикова Е.В. Поступление загрязняющих веществ с зимними атмосферными осадками на территорию Воркутинской агломерации // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 3. 244-254. https://doi.org/10.7868/S0321059618030033
13. Лебедев В.В. Современное состояние зеленых насаждений в городе Петропавловск-Камчатский // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2023. № 2(228). С. 84-90. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_228_02_6
14. Романова К.И. Предпосылки создания комплексного подхода к формированию озеленения городов Кольской Арктики // Ландшафтная архитетура, строительство и обработка древесины: Материалы научно-технической конференции СПбГЛТУ по итогам НИР 2017 года ИЛАСиОД, Санкт-Петербург, 15–16 февраля 2018 года. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2018. С. 132-134.
15. Васильчук Ю.К., Гинзбург А.П., Буданцева Н.А., Васильчук Д.Ю. Криогенные почвы на учебном полигоне Хановей, Воркутинский район, Республика Коми // Арктика и Антарктика. 2022. № 3. С. 92-128. http://dx.doi.org/10.3103/S0147687424700352
16. Буданцева Н.А., Васильчук Ю.К. Реконструкция средних температур января в раннем голоцене на северо-востоке Большеземельской тундры // Лёд и снег. 2020. Т. 60, № 4. С. 601-612. https://doi.org/10.31857/S2076673420040064
17. Тихановский А.Н. Озеленение городов и поселков Крайнего Севера // Вестник ИрГСХА. 2011. № 44-8. С. 118-123.
18. Белоусов С.К., Евсеев А.В., Красовская Т.М. Картографирование экосистемных услуг парковых зон Воркуты в целях совершенствования планировочных решений // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2023. Т. 29, № 2. С. 371-381. https://doi.org/10.35595/2414-9179-2023-2-29-371-381
19. Чипизубова М.Н. Дендроинтродукционное районирование Крайнего Северо-Востока России // Вестник КрасГАУ. 2008. № 5. С. 140-145.
20. Святковская Е.А., Салтан Н.В., Тростенюк Н.Н. Видовой состав и состояние аборигенных и интродуцированных древесных растений в зоне влияния железнодорожного транспорта в условиях Кольского Заполярья // Самарский научный вестник. 2020. №2(31). С. 109-114.
21. Трушева Н.А., Резчикова О.Н. Политомический ключ для подбора растений по декоративным, фенологическим, фенотипическим признакам при озеленении городов Юга России // Новые технологии. 2023. № 4. С. 212-228. https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-212-228
22. Filicetti A.T. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Forest Biology and Management (online). Department of Renewable Resources University of Alberta; 2021. 202 p. (accessed 22.07.2025). Available at: https://era.library.ualberta.ca/items/c445b968-98e4-46d4-852f-cb645814f62e/download/27fd91b2-a55d-46f9-a27e-897413d93301
23. Гончарова О.А., Зотова О.Е., Липпонен И.Н., Полоскова Е.Ю. Сроки цветения и облиствения интродуцированных древесных растений в Арктической зоне России (Кольский полуостров). Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2023. № 146. С.48-57. https://doi.org/10.36305/0513-1634-2023-146-48-57
24. Сунгурова Н.Р., Солтани Г.А., Страздаускене С.Р. Особенности фенологии древесных видов на северном и южном пределе их ареалов в условиях интродукционного стресса // Лесной вестник. 2023. № 2. С. 49-58. https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-2-49-58
25. Гончарова О.А., Зотова О.Е. Сосна кедровая сибирская в урбанизированной среде арктической зоны // Сибирский лесной журнал. 2023. № 2. С. 40–46. https://doi.org/10.15372/SJFS20230205
26. Гонтарь О.Б., Жиров В.К., Казаков Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н. Зеленое строительство в городах Мурманской области. Апатиты : Кольск. НЦ РАН, 2010. 292 с.
27. Михайленко Е.В. Проблемы применения деревьев хвойных пород в озеленении городов // Современные проблемы развития европейского севера : матер. Всерос. науч.-практ. конф. Ухта : Ухтинский гос. техн. ун-т, 2023. С. 162-165.
28. Братилова Н.П., Щерба Ю.Е., Мантулина А.В., Коновалова Д.А. Перспективы выращивания сосны кедровой сибирской (Pinus sibirica Du tour) в условиях Крайнего Севера // *ХБЗ*. 2024. № 2. С. 38-44. https://doi.org/10.53374/1993-0135-2024-2-38-44
29. Бунькова Н.П., Залесов С.В., Платонов Е.П., Соловьева М.В. Перспективность использования можжевельника скального в озеленении города Екатеринбурга //

Успехи современного естествознания. 2020. № 7 С. 7-12.
30. Сорокин Е.С., Беляева Е.А., Антонов А.М., Пастухова Н. О. Возможность применения осадков сточных вод АЦБК в экспериментальных субстратах и их влияние на рост корневых систем ели европейской (Picea abies L.) в условиях закрытого грунта // Естественные и технические науки. 2023. № 2(177). С. 87-93.
31. Атрощенко Г.П., Щербакова Г.В., Логинова С.Ф. Оценка интродуцированных сортов можжевельника для ландшафтного дизайна Северо-Запада России // Известия СПбГАУ. 2017. №2(47). С. 22-28. https://doi.org/10.30901/2227-8834-2016-2-89-98
32. Константинов А.В., Сергиенко В.Г. Влияние изменений климата в голоцене на формирование разнообразия современных лесов и их трансформация к концу XXI века в Европейской России // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6, № 3(23). С. 19-29. https://doi.org/12737/21676

References:

1. Zalyvskaya OS, Babich NA. Evaluation of decorativeness of plantings. News of universities. *Forestry magazine.* 2020;6:98-110. (In Russ.). https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-6-98-110
2. Evseev AV, Krasovskaya TM. Public gardens in the cities of the Russian Arctic: priority ecosystem functions and services that contribute to the adaptive development and sustainability of cities. *Bulletin of the Russian Geographical Society*. 2022;154(5-6):36-46. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S0869607122050032
3. Isaeva LG, Sukhareva TA. Assessment of the state of green spaces in the impact zone of the Pechenganikel plant (Murmansk region). *Bulletin of the Moscow State Technical University*. 2021;24(1):97-106. (In Russ.). https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-1-97-106
4. Svyatkovskaya E.A., Saltana N.V., Umanets M.S., Trostenyuk N.N. Monitoring the condition of woody plants in the zone of influence of railway transport in the Arctic. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia.* Series: Agronomy and animal husbandry. 2022;17(1):72-89. (In Russ.). https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-1-72-89
5. Blagovidova N.G., Devyatov D.V. The application of an ecosystem approach to the regeneration of disturbed urban areas Murmansk. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2024;4(69):239-255. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/1998-4839-2024-4-239-255
6. Makarova TA, Makarov PN. Monitoring of the phytopathological state of green spaces in Surgut. *Bulletin of NVSU*. 2017;1:117-127. (In Russ.).
7. Odinaev XD, Frolova TI. On the issue of landscaping Nizhny Tagil and the need to create new park areas. Scientific creativity of youth – to the Russian forest complex: materials of the XIX All-Russian (national) Scientific and technical conference of students and postgraduates. Ekaterinburg, 2023:238-242. (In Russ.).
8. Ochildieva MD, Yadrikhinsky IV. Landscaping and creation of cultural landscapes in the city of Yakutsk. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2024;1-1(88):27-31. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-1-1-27-31
9. Siraeva IS, Larionov MV, Larionov NV, Soldatova VV, et al. Ecological assessment of sanitary indicators of woody plants in natural and man-made conditions. *Samara Scientific Bulletin*. 2020; 9(1(30)):100-106. (In Russ.). https://doi.org/10.17816/SNV202091116.T22902
10. Pitukhina MA, Belykh AD. Environmental monitoring of industrial single-industry towns in the Arctic: analysis and recommendations. *Russia: society, politics, history.* 2024;1(10);135-155. (In Russ.). https://doi.org/10.56654/ROPI-2024-1(10)-135-155
11. Bulyga IV, Srodnykh TB. Pre-revolutionary landscaping of small towns in the Urals (using the city of Miass as an example). Landscape architecture and environmental management: from design to economics - 2017: Proceedings of the VII International Scientific and Technical Conference, Saratov, May 30–31, 2017. Saratov: OOO TseSAin; 2017. P. 31–36. (In Russ.).
12. Vasilevich MI, Vasilevich RS, Shamrikova EV. Intake of pollutants with winter atmospheric precipitation into the territory of the Vorkuta agglomeration. *Water resources*. 2018;45(3):244-254. (In Russ.). https://doi.org/10.7868/S0321059618030033
13. Lebedev VV. Current state of green spaces in the city of Petropavlovsk-Kamchatsky. *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2023;2(228):84-90. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_228_02_6
14. Romanova KI. Prerequisites for the creation of an integrated approach to the formation of greening of cities in the Kola Arctic. Landscape architecture, construction and wood processing: Proceedings of the scientific and technical conference of SPbGLTU on the results of R&D in 2017, ILASiOD, St. Petersburg, February 15–16, 2018. St. Petersburg:

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University"; 2018. P. 132–134. (In Russ.).
15. Vasilchuk YuK, Ginzburg AP, Budantseva NA, Vasilchuk DYu. Cryogenic soils at the Khanovey training ground, Vorkuta district, Komi Republic. *Arctic and Antarctic*. 2022;3:92-128. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.3103/S0147687424700352
16. Budantseva NA, Vasilchuk YuK. Reconstruction of average January temperatures in the early Holocene in the northeast of the Bolshezemelskaya tundra. *Ice and Snow*. 2020;60(4):601-612. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S2076673420040064
17. Tikhanovsky AN. Greening of cities and towns of the Far North. *Bulletin of Irkutsk State Agricultural Academy*. 2011;44-8:118-123. (In Russ.).
18. Belousov SK, Evseev AV, Krasovskaya TM. Mapping of ecosystem services of Vorkuta park zones in order to improve planning decisions. *InterCarto. InterGIS.* 2023;29(2):371-381. (In Russ.). https://doi.org/10.35595/2414-9179-2023-2-29-371-381
19. Chipizubova MN. Dendrointroduction zoning of the Far North-East of Russia. *Bulletin of KrasSAU*. 2008;5:140-145. (In Russ.).
20. Svyatkovskaya EA, Saltan NV, Trostenyuk NN. Species composition and state of native and introduced woody plants in the zone of influence of railway transport in the conditions of the Kola Arctic. *Samara Scientific Bulletin*. 2020;2(31):109-114. (In Russ.).
21. Trusheva NA, Rezchikova ON. Polytomous key for selection of plants by decorative, phenological, phenotypic characteristics for landscaping of cities in the South of Russia. *New technologies*. 2023;4:212-228. (In Russ.). https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-212-228
22. Filicetti AT. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Forest Biology and Management (online). Department of Renewable Resources University of Alberta; 2021. 202 p. (accessed 22.07.2025). Available at: https://era.library.ualberta.ca/items/c445b968-98e4-46d4-852f-cb645814f62e/download/27fd91b2-a55d-46f9-a27e-897413d93301
23. Goncharova OA, Zotova OE, Lipponen IN, Poloskova EYu. Flowering and foliation times of introduced woody plants in the Arctic zone of Russia (Kola Peninsula). *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2023;146:48-57. (In Russ.). https://doi.org/10.36305/0513-1634-2023-146-48-57
24. Sungurova NR, Soltani GA, Strazdauskiene SR. Features of the phenology of tree species at the northern and southern limits of their ranges under conditions of introduction stress. *Forest Bulletin*. 2023;2:49-58. (In Russ.). https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-2-49-58
25. Goncharova OA, Zotova OE. Siberian cedar pine in the urbanized environment of the Arctic zone. *Siberian Forest Journal*. 2023;2:40-46. (In Russ.). https://doi.org/10.15372/SJFS20230205
26. Gontar OB, Zhirov VK, Kazakov LA, Svyatkovskaya EA, Trostenyuk NN. Green construction in the cities of the Murmansk region. Apatity: Kolsk NC RAS; 2010. 292 p. (In Russ.).
27. Mikhailenko EV. Problems of the use of coniferous trees in urban landscaping. Modern problems of the development of the European North: materials. Everything is fine. scientific.-practice. conf. Ukhta: Ukhta State University. tech. Univ., 2023. P. 162-165. (In Russ.).
28. Bratilova NP, Shcherba YuE, Mantulina AV, Konovalova DA. Prospects for growing Siberian cedar pine (Pinus sibirica Du tour) in the Far North. *Conifers of the boreal zone*. 2024;2:38-44. (In Russ.). https://doi.org/10.53374/1993-0135-2024-2-38-44
29. Bunkova NP, Zalesov SV, Platonov EP, Solovyova MV. The prospects of using rock juniper in urban landscaping Yekaterinburg. *Successes of modern natural science*. 2020;7:7-12. (In Russ.).
30. Sorokin ES, Belyaeva EA, Antonov AM, Pastukhova NO. Possibility of using ACPM wastewater sludge in experimental substrates and their influence on the growth of root systems of Norway spruce (Picea abies L.) in closed ground conditions. *Natural and technical sciences*. 2023;2(177):87-93. (In Russ.).
31. Atroschenko GP, Shcherbakova GV, Loginova SF. Evaluation of introduced juniper varieties for landscape design of the Northwest Russia. *Izvestiya SPbGAU*. 2017;2(47):22-28. (In Russ.).https://doi.org/10.30901/2227-8834-2016-2-89-98
32. Konstantinov AV, Sergienko VG. The Impact of Climate Change in the Holocene on the Formation of Diversity of Modern Forests and Their Transformation by the End of the 21st Century in European Russia. *Forest Engineering Journal*. 2016;6(3(23)):19-29. (In Russ.). https://doi.org/12737/21676