

Санкт-Петербургский государственный университет

САДИКОВА Дарина Сергеевна

Выпускная квалификационная работа

***Подбор устойчивого ассортимента хвойных для зелёных насаждений
Санкт-Петербурга на основе эколого-географического анализа и
моделирования***

Уровень образования:

Направление 05.03.02 «География»

Основная образовательная программа СВ.5019.2015 «География»

Профиль «Биогеография и география почв»

Научный руководитель:
зав. каф., канд. биол. наук, доц.
Егоров Александр Анатольевич

Рецензент:
канд. биол. наук,
науч. сотр. БИН РАН
Орлова Лариса Владимировна

Санкт-Петербург

2019

Содержание

Обозначения и сокращения	3
Введение.....	4
1. Физико-географические условия района исследования	8
1.1. Географическое положение, основные черты орографии, тектоники и геологического строения	8
1.2. Особенности климатических условий.....	11
1.3. Гидрологические условия и гидрографическая сеть	15
1.4. Городские почвы	17
2. Методы и организация исследований	20
2.1. Характеристика методов исследования	20
2.2. Теоретико-методологические основы проведения эколого-географического моделирования	22
2.3. Характеристика использованных данных.....	32
3. Результаты работы и их обсуждение.....	34
3.1. Проведение эколого-географического анализа и моделирования.....	34
3.2. Анализ и обработка полученных результатов.....	38
Заключение	47
Список использованных источников	49
Приложения	53
Приложение А	53

Обозначения и сокращения

В работе приняты следующие обозначения и сокращения:

А. Ам. – Атлас деревьев Соединенных Штатов Америки

Агр. А. - Агрэкологический атлас России и сопредельных стран

ГТК – гидротермический коэффициент Селянинова

н. в. – настоящее время

н. д. – нет данных

р. а. – район аналог

р. д. – район донор

ЭГА – эколого-географический анализ

Введение

В настоящее время в зелёных насаждениях города Санкт-Петербурга произрастает более 400 видов древесных растений. Они как средовосстанавливающая система обеспечивают комфортность условий проживания жителей города, регулируют (в определенных пределах) газовый состав воздуха и степень его загрязненности, улучшают климатические характеристики городских территорий, снижают влияние шумового фактора и являются источником эстетического восприятия.

Основные элементы системы озеленения города - парки, сады, озелененные территории жилых и промышленных районов, набережные, бульвары, скверы, защитные зоны. По последним известным данным, зелёные насаждения города Санкт-Петербурга занимают (согласно государственным контрактам в 2016 году) - 7937,2 га. Однако в последние годы из-за увеличения плотности застройки норма зелёных насаждений снижается, а также ухудшается их состояние. Городским законом «О зелёных насаждениях общего пользования» установлены минимальные нормативы обеспеченности жителей города садами, скверами и парками: от 6 м² на человека в центральных районах, от 12 м² - в спальных и от 18 м² - в пригородах (п. 4 в ред. Закона Санкт-Петербурга от 30.06.2016 N 457-82). С учётом нового строительства и, соответственно, прироста населения обеспеченность зелёными территориями жителей в большинстве районов значительно снижается. Сильнее всего в Центральном районе - до 3,4 м² на человека, в Василеостровском - до 3,99 м² и в Адмиралтейском до 4,65 м². В Московском, Невском и Приморском этот показатель почти вдвое меньше норматива. Недостатка в зелёных насаждениях нет только в самых зелёных районах города - Курортном и Петродворцовом (рис. 1).

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ЗЕЛЁНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ, Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

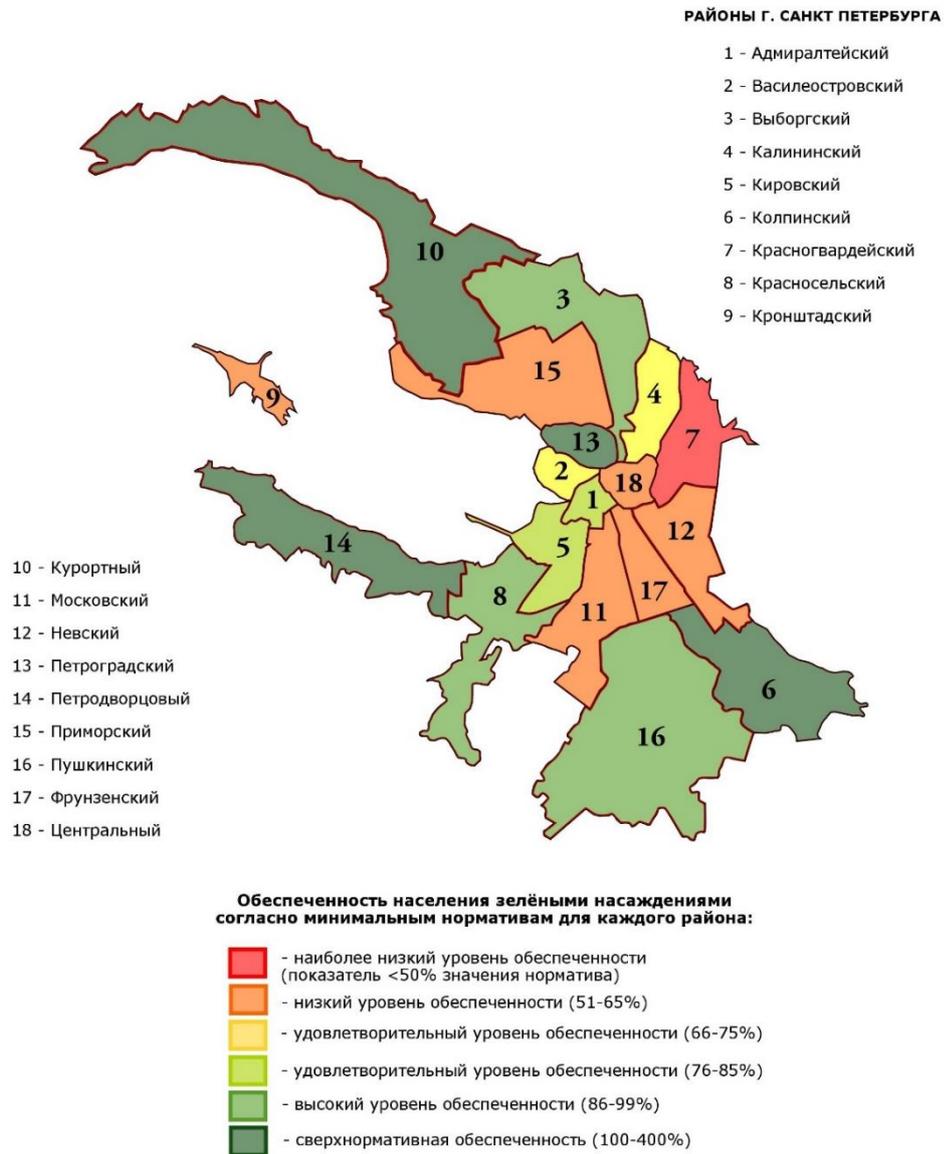


Рисунок 1. Карта обеспеченности населения зелёными насаждениями в городе Санкт-Петербурге по состоянию на 2019 год (по данным доклада на заседании Градсовета председателя Комитета по градостроительству и архитектуре Григорьева В. А.)

На данный момент, по прогнозу Комитета по благоустройству города Санкт-Петербурга, всего в 2019 году в зелёных насаждениях будет высажено около 12 000 древесных растений. Ежегодно высаживаются тысячи экземпляров хвойных и лиственных деревьев, но это не гарантирует выживаемость молодых посадок. В основном высаживаются виды, являющиеся коренными для зоны тайги европейской части России, в которой располагается

Санкт-Петербург, или же те виды, которые испытаны и длительное время уже использовались в озеленении. Однако в связи с потеплением климата, начавшимся во второй половине XX века, возможности интродукции и внедрения в зелёное строительство новых видов и форм сравнительно теплолюбивых южных древесных растений расширяются. При озеленении плотнозаселённых городов интерес также представляют те древесные растения, которые при высокой способности к акклиматизации обладают одновременно ценными эстетическими, санитарными качествами и устойчивостью к агрессивной городской среде. Находясь под влиянием городской среды не все высаживаемые растения способны адаптироваться и благополучно существовать в зелёных насаждениях. Особенно это касается хвойных растений, которые более чувствительны к высоким концентрациям загрязняющих веществ в атмосфере, более прихотливы к почвенным условиям и, следовательно, требуют большего ухода. Но несмотря на это, хвойные растения имеют ряд преимуществ при использовании их в городском озеленении. В первую очередь, почти все хвойные растения являются вечнозелёными, они круглый год сохраняют свою хвою и декоративны даже в зимний период. Так же хвойные в большей степени, чем лиственные, выделяют особые летучие органические соединения, называемые фитонцидами, которые убивают болезнетворные бактерии или задерживают их развитие. Эти свойства приобретают особую ценность в условиях города, где воздух содержит в 10 раз больше болезнетворных бактерий, чем воздух лесов.

Актуальность темы. Ассортимент используемых в озеленении видов хвойных растений на территории Санкт-Петербурга содержит не все их потенциальное разнообразие, которое способно произрастать в данных климатических условиях. Изменение климатического режима города уже долгое время позволяет использовать новые виды. Отсутствие обобщенных сведений об адаптационной возможности и биологических особенностях древесных интродуцентов сдерживают их распространение в городских зелёных насаждениях и ограничивают возможность их хозяйственного использования.

Проведение эколого-географического анализа и моделирования для видов хвойных растений в городе Санкт-Петербурге позволяет более точно оценить возможность их интродукции в городские зелёные насаждения, а адаптированные для Санкт-Петербурга принципы и методы эколого-географического анализа могут с успехом использоваться для подобных научно-исследовательских разработок. Результаты такого исследования оказываются чрезвычайно важными при получении полной информации об устойчивом ассортименте хвойных, которые потенциально могут использоваться в озеленении города, для принятия различных практических решений органами местного самоуправления. Город Санкт-

Петербург - один из сильноосвоенных регионов России, прошедших практически весь эволюционный путь от естественных природных ландшафтов до сильно измененных антропогенной деятельностью. В связи с этим проведение эколого-географического анализа и моделирования для разработки устойчивого ассортимента растений для зелёных насаждений является актуальной задачей для дальнейшего сбалансированного и гармоничного развития городских территорий.

Цель данного исследования – разработать устойчивый ассортимент хвойных растений для зелёных насаждений города Санкт-Петербурга по климатическим показателям, используя эколого-географический анализ и моделирование в ГИС.

Для достижения поставленной цели последовательно решались следующие задачи:

1. Обобщить материалы по видовому составу и результатам интродукции хвойных растений на территории города Санкт-Петербурга.

2. Выявить виды хвойных деревьев и кустарников, подходящих для интродукции в зелёные насаждения Санкт-Петербурга с использованием построенных эколого-географических моделей территорий-доноров и территорий-аналогов по климатическим показателям.

3. Составить устойчивый ассортимент хвойных растений для зелёных насаждений города Санкт-Петербурга.

Объектами исследования являются виды хвойных деревьев и кустарников зелёных насаждений Санкт-Петербурга. Предметами исследования являются ареалы видов хвойных растений, а также климатические условия города Санкт-Петербурга.

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа изложена на 80 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 3 глав, заключения, списка используемых источников, 1 приложения. Работа содержит 3 таблицы, 27 рисунков, список использованных источников включает 52 наименования.

1. Физико-географические условия района исследования

1.1. Географическое положение, основные черты орографии, тектоники и геологического строения

Санкт-Петербург расположен на $59^{\circ} 57'$ с. ш. и $30^{\circ} 19'$ в. д. на северо-западе европейской части России в пределах Приневской низины при впадении р. Невы в Финский залив; территория города включает 42 острова её разветвленной дельты. С запада он омывается водами Финского залива Балтийского моря, береговая линия которого в черте города составляет 12-14 км. Площадь городской территории – 605.8 км^2 , протяженность её с севера на юг - 44 км, с запада на восток - около 25 км (Санкт-Петербург..., 1992).

Пригородная зона общей площадью около $15\ 000 \text{ км}^2$ полностью подчинена в своем развитии интересам города. Она снабжает мегаполис местной сельскохозяйственной продукцией и является базой трудовых ресурсов для промышленных предприятий города.

Ведущие естественные факторы, формирующие ландшафтно-архитектурные комплексы в городе, обусловлены прежде всего географическим положением его территории. Санкт-Петербург - важнейший промышленный, научный и культурный центр России, крупнейший транспортный узел и морской порт, оказывающий значительное влияние на прилегающие территории. Город играет важную роль во внутренней и международной торговле, поскольку находится на побережье Балтийского моря и, кроме того, объединяет большую сеть внутренних водных путей (Ладожское озеро и бассейн р. Волги).

Пригородная территория отличается большим разнообразием природных условий и исключительной живописностью своих ландшафтов и служит курортной зоной Санкт-Петербурга с высоким рекреационным потенциалом. Здесь сосредоточены дворцово-парковые комплексы и лесопарки, которые наряду с уникальными архитектурными ансамблями составляют базис туристской индустрии Санкт-Петербурга на современном этапе развития города.

Естественная растительность и лесопарки пригородной зоны Санкт-Петербурга (и Ленинградской области в целом) совместно с городскими зелёными насаждениями формируют мощную экологическую основу, поддерживающую функционирование урбогеосистем мегаполиса в условиях интенсивного техногенного пресса.

Геологический фундамент и рельеф, представляющие литогенную основу ландшафта (Солнцев, 1948; Крауклис, 1979) и своего рода палеогеографическую память геосистемы (Солнцев, 1981), относятся к наиболее устойчивому блоку системообразующих факторов в вертикальной структуре географической оболочки. Важно отметить, что геолого-

геоморфологический каркас ландшафта предопределяет изначальное распределение геофизических и геохимических полей на этой территории, обуславливающих особенности локальных водных, воздушных, литодинамических и других потоков (Природный комплекс..., 2000). Природная литогенная основа мегаполиса (геологический фундамент, гидрогеологические условия и рельеф) является комплексным экологическим фактором. Она обуславливает межкомпонентные связи в геосистемах и особенности их техногенной трансформации, в том числе - техногенного загрязнения.

Санкт-Петербург расположен на северо-западной окраине Русской плиты Восточно-Европейской платформы и состоит из геологических образований различного возраста. К северу от города примерно на широте пос. Лосево Русская плита граничит с выступом фундамента платформы - Балтийским щитом, который сложен сильно дислоцированными метаморфическими сланцами и гнейсами, прорванными гранитоидами архея и нижнего протерозоя с возрастом от 1.7 до 3.5 млрд. лет. К северу от Ладожского озера на территории Южной Карелии преобладают кислые глубинные породы и докембрийские отложения, на юге Ленинградской области коренными являются девонские и нерасчлененные девоно-силурийские породы.

В Санкт-Петербурге кристаллический фундамент залегает на глубине от 175 м на северо-западе до 250 м на юго-востоке. Основание осадочного чехла в районе Карельского перешейка и Приневской низины сложено верхнепротерозойскими породами рифея и венда (возраст 1650-570 млн. лет). К северу от г. Зеленогорска и к востоку от пос. Сосново под четвертичными отложениями залегают гдовские песчаники, гравелиты и глины венда мощностью 70-85 м, а южнее развиты голубовато-серые котлинские глины, песчаники, алевролиты венда мощностью 80-100 м. В Санкт-Петербурге поверхность венда залегает на глубине от 10 до 110 м. В породах гдовского и котлинского горизонтов проложена большая часть тоннелей метро. Над отложениями протерозоя залегают осадочные породы палеозоя (кембрия, ордовика и девона), представленные главным образом глинами, песчаниками, алевролитами, известняками, доломитами, мергелями. Основная особенность дочетвертичного периода - ступенчатость сформировавшихся геологических структур, проявляющаяся в современном рельефе.

Нижняя ступень, расположенная в Приневской низине и на Карельском перешейке, в районе Санкт-Петербурга имеет абсолютные высоты от -25 до 30 м. Верхнюю ступень образует Ордовикское (Ижорское) плато (100-120 м). Эти поверхности разделяются денудационным Балтийско-Ладожским уступом (глинтом).

Четвертичные отложения (ледниковые, флювиогляциальные, озерно-ледниковые, речные, озерные, морские, торфяно-болотные и техногенные) распространены повсеместно. Мощность их колеблется на Ордовикском плато от 1 до 5 м, в черте города - от 30 до 50 м, а севернее, в поселках Южки и Токсово, достигает 80-100 м. Возраст этих отложений - от среднечетвертичного (380-110 тыс. лет) до голоценового (последние 10 тыс. лет). После отступления ледникового покрова (около 12-13 тыс. лет назад) Приневская низина покрылась водами вначале приледникового озера Рамзая, уровень которого находился на абсолютной высоте 55 м, а затем Невского и позднее Балтийского приледниковых озер, уровни которых быстро снижались до 40, 30, 20 и 15 м над уровнем моря. На дне этих озер отлагались озерно-ледниковые осадки — ленточные глины, супеси, пески мощностью от 3 до 15 м. С этим временем связано образование многочисленных террас, обращенных к Приневской низине и формирующих современный рельеф.

К началу голоцена уровень Балтийского пресноводного озера понизился до современной нулевой отметки. В это время в Балтику проникли соленые воды, началась Иольдиевая морская трансгрессия, продолжавшаяся около 500-800 лет. Ее осадки в виде илов и алевритов мощностью до 3-5 м залегают на территории Санкт-Петербурга ниже уровня моря - во впадине Лахтинского болота. Иольдиевые морские осадки перекрыты торфом и местами почвой, что свидетельствует о кратковременной регрессии, прерванной трансгрессией Анцилового пресноводного озера. В это время (от 9 до 8 тыс. лет назад) образовалась первая терраса, развитая только в дельте Невы и сложенная песками, алевритами и илами, залегающими на ленточных глинах и осадках Иольдиевого моря. Уступ первой террасы хорошо выражен в южной части Санкт-Петербурга вдоль Петергофского шоссе, в районе Автото он переходит в пологий скат. Поверхность этой террасы (её высота не превышает 2-3 м над уровнем моря) является зоной затопления при максимальных уровнях наводнений. К местностям с преобладанием отметок до 2.5 м над уровнем моря относятся левобережье Невы до р. Фонтанки, острова дельты Невы и широкая полоса вдоль побережья Финского залива. Северо-западная часть Васильевского острова относится к наиболее низким местам Санкт-Петербурга.

Последние этапы геологической истории Санкт-Петербурга связаны с вторичным вторжением соленых вод Литориновой морской трансгрессии (высотой до 4-5 м), продолжавшейся от 7 до 4 тыс. лет. Около 4 тыс. лет назад трансгрессия закончилась и уровень Балтийского моря понизился до современной отметки. Нева образовалась около 4 тыс. лет назад в результате прорыва вод Ладожского озера в районе Ивановских порогов в долину р. Тосны. Рукава Невы прорезают всю толщу послеледниковых отложений до ленточных

глин, нередко до морены (Санкт-Петербург..., 1991). Таким образом, вся территория Невско-Ладожского региона покрыта плащом четвертичных отложений, из-под которого на севере Ленинградской области и в Карелии нередко выходят на поверхность подстилающие коренные породы. Минимальная мощность четвертичных отложений наблюдается около северо-западных побережий крупных водоемов (Тойкка, 1976).

В изученном регионе преобладает равнинный рельеф с холмами. Прилегающая к Неве низменность отличается незначительными гипсометрическими высотами и характеризуется плоской, местами заболоченной поверхностью, на которой выделяются изолированные возвышенности (Ижорская возвышенность, Дудергофские высоты). Низкая приморская терраса, простирающаяся узкой полосой вдоль берегов Финского залива (0.2-1.0 км), в пределах Санкт-Петербурга, т. е. в дельте Невы, расширяется до 8-10 км. В пригородах Санкт-Петербурга именно к этой террасе приурочена курортная зона мегаполиса, в пределах города приморская терраса сплошь застроена, а наиболее низкая её часть подвержена наводнениям под влиянием нагонных явлений в Финском заливе.

1.2. Особенности климатических условий

Климат региона определяется как его расположением в северных широтах, так и воздействием морских и континентальных воздушных масс умеренных широт. Санкт-Петербургский регион находится в зоне влияния атлантико-континентального климата, характеризующегося избыточным увлажнением, обусловленным интенсивной циклонической деятельностью. В результате взаимодействия всех климатообразующих факторов формируется климат, близкий к морскому, с умеренно теплым влажным летом и довольно продолжительной, умеренно холодной зимой. Для региона характерны частая смена воздушных масс, прохождение многочисленных атмосферных фронтов и циклонов, что и определяет неустойчивую погоду во все сезоны. Зимой наиболее выражены циклоническая деятельность и западный перенос влажных теплых воздушных масс, вызывающих оттепели, но нередко наблюдается и вторжение холодного арктического воздуха. Летом циклоническая деятельность ослабевает и большое значение приобретают радиационные факторы, хотя сохраняются частые вторжения морских воздушных масс, приносящих осадки.

Положение Санкт-Петербурга в высоких широтах обуславливает большую изменчивость продолжительности дня в течение года (от 5 ч 50 мин в день зимнего солнцестояния до 18 ч 55 мин в день летнего солнцестояния). В результате приход суммарной радиации в холодную половину года ничтожно мал, а в теплую - довольно велик, несмотря на значительную облачность. В пределах самого города из-за меньшей прозрачности его атмосферы

снижается приход радиации и уменьшается число часов солнечного света. Тем не менее, радиационный баланс в пределах города больше, чем в окрестностях, так как его расходные статьи - отражение и излучение - в городе меньше (Ленинград...,1977). Поступления солнечной радиации в течение года очень неравномерное. Среднегодовая величина радиационного баланса составляет 1430 МДж/м². Максимальные значения наблюдаются в июне и июле - 344-327 МДж/м², что соответствует 60% общего прихода суммарной радиации за месяц. Годовая суммарная радиация составляет 4940 МДж/м². Среднегодовая сумма фотоактивной радиации (ФАР) равна 1520 МДж/м².

Имеет место также сдвиг минимальной температуры с января на февраль с уменьшением годовой амплитуды температуры воздуха. Средняя температура февраля составляет минус 7.9°C, июля - плюс 17.8°C. Период со среднесуточной температурой меньше минус 5°C длится около 100 дней. К концу апреля среднесуточная температура переходит через плюс 5°C. В это время усиливается влияние континента, направление ветра становится неустойчивым, появляется восточная составляющая. Уменьшается облачность, реже выпадают осадки. В мае среднесуточная температура становится выше плюс 10°C и начинается активная вегетация. Продолжительность вегетационного периода (при температуре выше плюс 5°C) составляет 173 дня, а продолжительность активной вегетации (при температуре выше плюс 10°C) - 123 дня. Сумма среднесуточных температур больше 10°C составляет около 1700-1800°C (Справочник..., 1965).

Относительная влажность воздуха высока (70-90%) во все месяцы. В сочетании с температурой этот показатель дает представление об испаряемости. Наименьшая относительная влажность (50-55%) наблюдается в мае и июне. Суточный ход этого параметра четко прослеживается с апреля по сентябрь: минимальные показатели приходятся на дневное время, максимальные - на ночное. Число влажных дней (с относительной влажностью больше 80%) в среднем за год равно 141, и приходятся они в основном на осенне-зимний период.

Дефицит влажности в Санкт-Петербурге составляет в среднем за год 2.8 гПа. Минимальное его значение - 0.5 гПа - наблюдается в декабре и январе, когда температура воздуха низкая, а относительная влажность высокая; к июлю он возрастает до 6.7 гПа. Наименьший дефицит влажности наблюдается в теплый период года в прибрежных районах.

Упругость водяного пара увеличивается от зимы к лету, повторяя ход температуры воздуха, и в среднем за год составляет 7.8 гПа. Это увеличение наиболее интенсивно происходит от мая к июню - с 8 до 12 гПа. Максимум, равный 14.7 гПа, наблюдается в июле.

Суточный ход упругости водяного пара хорошо выражен в летнее время — имеются два минимума, рано утром и днем (в 4-5 и 14-15 ч), и два максимума, утром и вечером (в 7 и в 21 ч). Уменьшение упругости водяного пара в дневное время, несмотря на увеличение температуры воздуха, связано с увеличением турбулентности и переносом пара в более высокие слои атмосферы.

В среднем за год по области выпадает 550-850 мм осадков, в городе - 618 мм осадков, причем более 70% - в теплый период. Максимум осадков приходится на август (84 мм), а минимум - на март (32 мм). Летом преобладают кратковременные осадки ливневого характера, зимой - длительные обложные морозящие. Осадки выпадают довольно часто - в среднем 194 дня в году с осадками, причем преобладают обложные осадки. Общая продолжительность выпадения осадков за год от 1515 до 1550 ч (Справочник, 1968).

На облачность оказывают влияние атмосферная циркуляция, рельеф и наличие крупных водоемов. В летнее время над водоемами и их берегами облачность меньше, что объясняется бризовой циркуляцией и связанной с ней инверсией, препятствующей образованию конвективной облачности. Зимой, наоборот, облачность над водоемами увеличена. В Санкт-Петербурге преобладает в течение всего года пасмурная погода. Повторяемость её по общей облачности составляет в холодный период 75-85 %, а в теплый - 50-60%. Больше всего пасмурных дней в ноябре и декабре, когда характерно сплошное покрытие неба облаками нижнего яруса слоисто-кучевых и слоисто-дождевых форм.

Весной и летом повторяемость ясного неба увеличивается до 30% по общей облачности, но все же характерно полужасное состояние (20-25 %) как по общей облачности, так и по нижней за счет наличия днем конвективных облаков. Нередко в теплый период формируются наряду со слоисто-кучевыми также и кучево-дождевые облака.

В Санкт-Петербурге преобладают ветра западного, юго-западного и южного направлений. Повторяемость их в среднем за год превышает 50%. Ветры преобладающих направлений, как это обычно бывает, являются наиболее сильными - 3.3-3.7 м/с. Скорость ветра в центральной застроенной части города небольшая, в среднем за год 3 м/с. В то же время на открытых участках - в прибрежной полосе и на окраине города - она увеличивается до 4.3 м/с. Ветры свыше 15 м/с в центральной части города бывают не чаще 2 дней в году, в прибрежных районах - от 14 до 22 дней. В теплый период ветер слабее, минимальные значения скорости ветра приходятся на июнь и июль. Сильные западные и юго-западные ветры, возникающие обычно осенью над Балтикой в небольших по площади циклонах с центром,

близким к устью Невы, вызывают высокие подъемы уровня воды. Частота штилей не превышает 12% от общего числа наблюдений. Частота приземных инверсий составляет 36%, а приподнятых - 45% от общего числа наблюдений (инверсия - вид вертикального распределения температуры воздуха, при наличии которого возможно существенное повышение уровня загрязнения). Для Василеостровского района, расположенного на берегу Финского залива, характерна высокая продуваемость, обеспечивающая вынос загрязняющих веществ местных предприятий на восток. Но это можно сказать только о предприятиях, имеющих высокие трубы, выбросы же остальных организаций могут осаждаться в непосредственной близости от завода.

Туманы в Санкт-Петербурге определяются развитием циклонической деятельности в течение всего года, но особенно в холодный период с октября по март, когда массы теплого влажного воздуха с Атлантики попадают на холодную поверхность суши. В среднем за год отмечается 29 дней с туманом. Летом, как правило, возникают радиационные туманы местного происхождения, связанные с охлаждением слоя воздуха от земной поверхности в ночные часы при ясной погоде.

В разных районах города число дней с туманами неодинаково. Вблизи Невской губы их количество возрастает до 39 в год. Туман является неблагоприятным атмосферным явлением для промышленных городов, так как растворяет в себе вредные примеси и, осаждаваясь на поверхностях, сильно загрязняет стены зданий и сооружений, сокращая срок их службы, вынуждает растения поглощать многие элементы-загрязнители и, конечно же, представляет определенную опасность для здоровья человека (Климат..., 1982).

Особенности микроклимата различных районов города обусловлены не только такими естественными причинами, как близость водоемов, качество и количество зеленых насаждений, но и рядом негативных антропогенных факторов:

1. Наличие над городом пелены дыма и пыли изменяет радиационный режим и условия конденсации водяного пара.
2. Подстилающая поверхность с преобладанием асфальта, камня и металла отличается хорошей теплопроводностью и изменяет тепловой режим.
3. Плотность застройки, формирующая резко пересеченный рельеф города, приводит к изменению скорости и направления ветра, изменению интенсивности турбулентного перемешивания воздуха и создает дополнительные особенности радиационного режима.

4. Выделение в атмосферу дополнительного количества тепла за счет сжигания топлива, отопления зданий и разнообразной деятельности промышленных предприятий повышает температуру воздуха в городе на 1-3°С по сравнению с окрестностями.

Изменчивые погодные условия в значительной степени влияют на состояние зеленых насаждений города, усугубляя или сглаживая негативное антропогенное воздействие.

На степень загрязнения атмосферного воздуха оказывают существенное воздействие многие метеорологические параметры - это скорость ветра, вертикальное распределение температуры воздуха (стратификация), туманы, осадки (Экологическая обстановка..., 1993). В целом можно сказать, что климатические условия Санкт-Петербурга, влияющие на уровень загрязнения воздуха, более благоприятны, чем в среднем по городам России.

1.3. Гидрологические условия и гидрографическая сеть

Для Невско-Ладожского региона с его холмисто-моренным рельефом характерно обилие водоёмов, малых рек и ручьев с неустойчивым водным режимом. Ладожское озеро, расположенное в Карелии и Ленинградской области, является самым крупным озером в Европе и занимает площадь 17 700 км². Котловина Ладожского озера тектонического происхождения и преобразована воздействием четвертичных ледников. Общий объём заключенной в нем воды составляет 908 км³. Северные берега большей частью высокие и скалистые, южные - преимущественно низкие и слабо изрезанные. Глубины озера уменьшаются к югу от 100 до 10 м. Грунты дна в северной и центральной глубоководных частях озера илистые, в южной части - песчаные с валунами. На Ладожском озере около 660 островов общей площадью 435 км², большая часть которых расположена в северо-западной части озера. Наибольшие притоки - Волхов на юге, Свирь на юго-востоке, Вуокса на западе - дают 85% приходной части водного баланса озера. На сток Невы приходится 92% расходной части водного баланса Ладожского озера, а 8% - на испарение с водной поверхности. Отметка среднего уровня равна 4 м; средний годовой размах колебаний уровня — около 0.8 м, абсолютный - около 3 м. Вода озера пресная, гидрокарбонатно-кальциевая, её средняя минерализация 56 мг/л. Содержание растворенного кислорода зимой составляет 14-15 мг/л, летом в поверхностных слоях воды - 10-11, в глубинных - 12-13 мг/л (Богословский, 1973).

Вся речная сеть региона относится к бассейну Балтийского моря. Большинство рек берет начало из озёр и болот и относится к равнинному типу, отличаясь небольшим падением. Реки имеют смешанное питание с преобладанием снегового. На долю подземного питания приходится около 25% годового стока, примерно столько же - на долю дождевого

питания. Водный режим характеризуется высоким половодьем, низкой летней и зимней меженью и подъемом уровня воды осенью под влиянием обложных дождей (Экодинамика..., 1996).

Санкт-Петербургу по обилию вод принадлежит одно из первых мест в мире: водная поверхность занимает 1/10 часть площади города (включая прибрежную зону Финского залива). В его пределах насчитывается 86 рек и каналов общей протяженностью около 300 км и около 100 водоёмов, в основном искусственного происхождения.

Нева образовалась около 4 тыс. лет назад, это самая короткая река (74 км) из всех крупных рек Европы. В её бассейне находится около 50 000 озёр, в том числе Ладожское и Онежское, 60 000 рек общей протяженностью 160 000 км (основные из них - Свирь, Волхов, Вуокса). Нева течёт в довольно высоких берегах, постепенно снижающихся от истока к устью, и её водный режим сильно зарегулирован. В верхней части течения река отражает особенность водного режима Ладожского озера, а в низовье - Финского залива (Нежиховский, 1988).

Нева и её бассейн, в частности дельта, имеют определяющее значение в жизни города. Особенность реки и её дельты - относительная стабильность конфигурации, так как русло её сложено из трудноразмываемых озёрно-ледниковых и послеледниковых отложений. При малой протяженности Невы средний расход воды в её истоке составляет 2480 м³/с, средняя ширина - от 400 до 600 м при средних глубинах 8-10 м (максимальная глубина, равная 24 м, - у Арсенальной набережной).

Нева течет в пределах города на протяжении 32 км. Ниже Литейного моста она разветвляется на многочисленные рукава и протоки, образуя дельту. Северной границей дельты служит Большая Невка, южной — Обводный канал и р. Екатерингофка. За время существования города гидрографическая сеть Санкт-Петербурга претерпела существенные изменения. Строительство города в низком болотистом месте потребовало искусственного осушения территории: сооружались каналы, служившие одновременно и водными путями, прорывались пруды. Вынутая при этом земля использовалась для повышения поверхности. С течением времени по мере строительства города многие водоемы теряли свое первоначальное значение, засорялись вследствие малых уклонов местности, вода в них застаивалась и загрязнялась. Поэтому начиная с середины XVIII века были постепенно засыпаны ненужные каналы, ручьи и водоёмы.

Подземные воды Санкт-Петербурга и Ленинградской области приурочены как к четвертичным, так и к дочетвертичным породам. Величина напора в дочетвертичных водоносных горизонтах увеличивается, как правило, с северо-запада на юго-восток по мере погружения вмещающих пород. Для большей части территории региона свойственна неравномерная водообильность горизонтов, а в некоторых местах артезианские воды вообще отсутствуют и для водоснабжения используются поверхностные или грунтовые воды неглубокого залегания. В пределах Санкт-Петербурга уровень грунтовых вод обычно устанавливается на глубине около 1 м. Кровля межморенных водоносных горизонтов залегает на глубине 4-20 м. Из месторождений пресных подземных вод этого горизонта наибольший интерес представляет находящееся на северо-западе Приморского района.

1.4. Городские почвы

Почвенный покров Невско-Ладожского региона отличается значительным разнообразием, что связано с неоднородностью почвообразующих пород. Материнскими породами почв региона являются преимущественно ледниковые и водно-ледниковые отложения, а также послеледниковые - морские и аллювиальные. По характеру материнских пород различаются почвы, формирующиеся на сильнокарбонатных глинах, на слабокарбонатных глинах и суглинках (валунных и безвалунных), на супесях и песках (валунных и безвалунных).

Для Карельского перешейка и восточных районов Ленинградской области характерны подзолистые супесчаные почвы, по побережью Ладожского озера, вдоль Невы и к югу от озера преобладают подзолисто-болотные и торфяно-глеевые, в западной части - дерново-подзолистые и болотные. На суглинистых породах преобладают средне- и сильноподзолистые почвы с признаками оглеения. В местах выхода известняков (Ордовикское плато) сформировались дерново-карбонатные и перегнойно-карбонатные почвы, отличающиеся значительной гумусностью, слабокислой или нейтральной реакцией, общим ослаблением процесса подзолообразования (Тойка, 1976; Гагарина и др., 1995.; Экодинамика..., 1996; Матинян, 2003).

Почвы мегаполиса по генезису представляют собой сложную систему. Сложна и пространственная структура почвенного покрова на его территории. Городские почвы относятся к особому типу почвообразования. Городские почвы, как правило, по генезису гетерогенны: в нижней части профиля они состоят из естественных слоев, в верхней - из культурных. Слои насыпного грунта большой мощности наблюдаются вдоль берегов Невы и ее рукавов, что связано со строительством набережных и мостов. Наибольшая мощность

насыпного грунта находится на месте засыпанных речек, протоков и каналов петровского времени, а также вдоль побережья Финского залива в районе порта. Здесь конфигурация берега значительно изменена из-за наращивания площади островов и превращения их в молы (Ленинград, 1977). Городские почвы характеризуются как процессами, свойственными естественным почвам (выщелачивание, выветривание, гумусонакопление, заболачивание), так и специфическими чертами (отсутствием основных генетических горизонтов, преобладанием слоистого насыпного сложения антропогенного происхождения). Зрелая городская почва - урбанозём - сформирована на древнем культурном слое и имеет мощный темноокрашенный горизонт U (горизонт urbic).

Урбанозёмы подразделяются следующим образом:

1. Собственно урбанозёмы, характеризующиеся отсутствием генетических горизонтов до глубины 0.5 м; обычно они представлены культурными отложениями, состоящими из своеобразного пылевато-гумусного субстрата разной мощности с примесью городского мусора.

2. Культуроземы - городские почвы фруктовых и ботанических садов, старых парков; они отличаются большой мощностью гумусного горизонта и перегнойно-торфокомпостного слоя, развивающихся на нижней иллювиальной части почвенного профиля природной почвы.

3. Индустриозёмы - почвы промзон, сильно техногенно загрязнённые и уплотнённые.

4. «Некрозёмы» - почвы, входящие в комплекс почв городских кладбищ.

5. «Запечатанные» (или, иначе говоря, «экрanoзёмы») – почвы под асфальтом.

Все это и позволяет отнести городскую почву к типу урбанозёмов (Строганова, Мягкова, 1996). Почва является биогеохимическим барьером на пути миграции веществ-загрязнителей, поэтому интенсивное антропогенное воздействие приводит к нарушению нормального функционирования почвенного покрова и деградации экосистем, что в конечном итоге создает угрозу для здоровья и жизни человека.

Территория Санкт-Петербурга представляет собой приморскую террасу, сложенную песками и супесями. Почвы здесь в основном искусственные, т. е. созданные путем посто-

янной подсыпки естественных (глина, песок, торф и т. п.) и антропогенных (переработанные строительные, промышленные, бытовые отходы) субстратов. Естественные почвы сохранились под культурным слоем преимущественно в парках и на кладбищах.

Городская почва является депонирующей средой для атмосферных загрязнителей в течение длительного времени и одновременно служит субстратом для обеспечения жизнедеятельности растений.

2. Методы и организация исследований

2.1. Характеристика методов исследования

Для отбора перспективного ассортимента были использованы следующие методы:

1. Анализ таксономического состава хвойных растений в настоящее время и в прошлом.
2. Оценка степени устойчивости видов хвойных в городских зелёных насаждениях к неблагоприятным климатическим факторами по экологическим свойствам (по зимостойкости).
3. Метод эколого-географического анализа и моделирования в ГИС для построения районов доноров и районов аналогов для территории Санкт-Петербурга (Environmental niche modelling).

Анализ таксономического состава хвойных проводился по ряду литературных источников, которые послужили основой для составленного в этой работе обобщённого списка видов хвойных, ранее испытываемых в городе Санкт-Петербурге, начиная с 18 века и до наших дней. Рассматривались как равнинные, так и горные виды хвойных, однако метод эколого-географического анализа на настоящий момент не может применяться для горных территорий, т. к. разрешение растровых снимков недостаточно высокое и захватывает достаточно большие пределы высот. Их невысокое разрешение не позволяет локализовать температурные и другие климатические показатели определенным высотам.

Данные о зимостойкости отдельных видов были взяты из работы «Итоги интродукции видов голосеменных растений в Санкт-Петербурге» Булыгина Н. Е., Фирсова Г. А., 2002. Сведения о видах голосеменных растений собраны за период с 1861 по 2002 гг. По сравнительным показателям зимостойкости, по повреждаемости растений зимними морозами, весенними и осенними заморозками авторами были выделены следующие группы растений:

1 - совершенно незимостойкие древесные растения: вымерзают с корнем, чаще всего уже в первые годы их жизни;

2 - незимостойкие древесные растения: сильно повреждаются отрицательной температурой ежегодно, отчего изменяют свою жизненную форму (от деревьев лесного или плодового типов до кустарников и даже полукустарников, от кустарничков до полукустарничков). Растения не достигают присущих им размеров в естественных условиях и не способны к половой репродукции, а в наиболее суровые зимы вымерзают;

3 - сравнительно незимостойкие древесные растения: морозами повреждаются регулярно, но даже при значительном обмерзании способны к семенному возобновлению, сохранению или восстановлению присущей им в естественных условиях формы роста;

4 - сравнительно зимостойкие древесные растения: при типичном сезонном ходе метеорологических условий, на почвах нормального увлажнения морозами не повреждаются. Растения могут незначительно повреждаться отрицательной температурой только в неблагоприятных ситуациях, например, в аномально суровые или в сравнительно мягкие зимы, но с резкими перепадами температуры, поздними весенними заморозками в сочетании с ранней и теплой весной, но от полученных повреждений быстро оправляются;

5 - вполне зимостойкие древесные растения: в местных экологических условиях не имеющие признаков повреждения отрицательной температурой.

Виды, относящиеся к группам растений 4 и 5, мало отличаются по толерантности к отрицательной температуре от видов местной дендрофлоры и вполне пригодны для производственной культуры и выращивания (Булыгин и др., 1989). Приведённая шкала баллов зимостойкости использовалась в работе для сравнения с результатами эколого-географического моделирования. При указании в литературе диапазона значений у некоторых видов анализ проводился по лучшим, наиболее высоким показателям зимостойкости.

Из работы «Итоги интродукции видов голосеменных растений в Санкт-Петербурге» Булыгина Н. Е., Фирсова Г. А. (2002) также были взяты данные о репродуктивной способности видов, о годах введения в культуру отдельных видов и последних испытаниях некоторых из них. По репродуктивной способности растения разделяются на следующие группы:

- 1 - растения только вегетируют;
- 2 - растения цветут, но не плодоносят;
- 3 - растения формируют невсхожие (партеноспермические) семена или их качество неизвестно и не проверено;
- 4 - растения образуют всхожие семена;
- 5 - растения образуют самосев.

Из работы Связевой О. А. «Деревья, кустарники и лианы...» 2005 года была получена информация о наличии видов в посадках, коллекциях или дендрариях в настоящее время (была дополнена данными Фирсова Г. А., Орловой Л. В. из работы «Хвойные в Санкт-Петербурге», 2008), годах введения в культуру и последних испытаниях некоторых видов хвойных.

2.2. Теоретико-методологические основы проведения эколого-географического моделирования

Метод эколого-географического анализа и моделирования широко применяется при интродукции видов культурных или декоративных растений, для прогнозов распространения вредных видов насекомых, болезней, при поиске районов доноров и районов аналогов, а также при районировании полезных биологических объектов, учитывая требования растений к среде. Эта технология позволяет отбирать виды, пригодные для конкретной территории путем построения эколого-географических моделей.

Первые работы в области эколого-географического анализа и моделирования берут начало в 1986 году, когда вышли первые публикации, описывающие и практикующие метод эколого-географического моделирования распространения биологических объектов, использующий компьютерные геоинформационные технологии. Специалистом по данному направлению выступает Н. Нix, как основоположник концепции и создатель самой первой системы моделирования ниш - Bioclim (Nix H, 1986), появившаяся в открытом доступе в начале 1984 года (Афонин, Соколова, 2018).

В основе эколого-географического анализа и моделирования распространения биообъектов (экологического нишинга) лежит положение о том, что каждый биологический объект характеризуется своими экологическими потребностями, и его распространение в данной точке связано с присутствием на этой территории экологической ниши, соответствующей всему комплексу потребностей биообъекта. Задача эколого-географического анализа при этом сводится к поиску закономерностей распространения биообъекта в связи с экологическими факторами среды. В ходе анализа выявляются основные экологические факторы, определяющие и лимитирующие возможность распространения объекта, и рассчитываются экологические амплитуды (зоны толерантности) объекта по отношению к каждому из лимитирующих его распространение факторов. Анализ проводится на основе сопоставления информации об известном распространении или отсутствии биообъекта с информацией о значениях экологических факторов среды на территориях где этот объект присутствует или отсутствует. В идеальном варианте карта распространения биообъекта накладывается на карты экологических факторов среды, выявляются фрагменты границ ареала, определяемые теми или иными лимитирующими факторами и по этим границам производится экстракция значений экологических факторов. В таком случае экстрагированные значения представляют экологические лимиты распространения вида по каждому из лимитирующих его распространение экологических факторов среды. Дальнейшая задача моделирования состоит в выявлении по экологическим картам территорий, пригодных для

обитания биообъекта по всем учитываемым лимитирующим факторам. В варианте конвертного моделирования процедура заключается в выделении по картам экологических факторов среды экологически пригодных для обитания вида территорий по каждому лимитирующему фактору и затем в выборе из совокупности экологически пригодных территорий только тех участков земной поверхности, которые пригодны для существования биообъекта по каждому из лимитирующих факторов. Концепция моделирования экологических ниш по приведенному алгоритму в схематичном виде представлен на схеме (рис. 2).

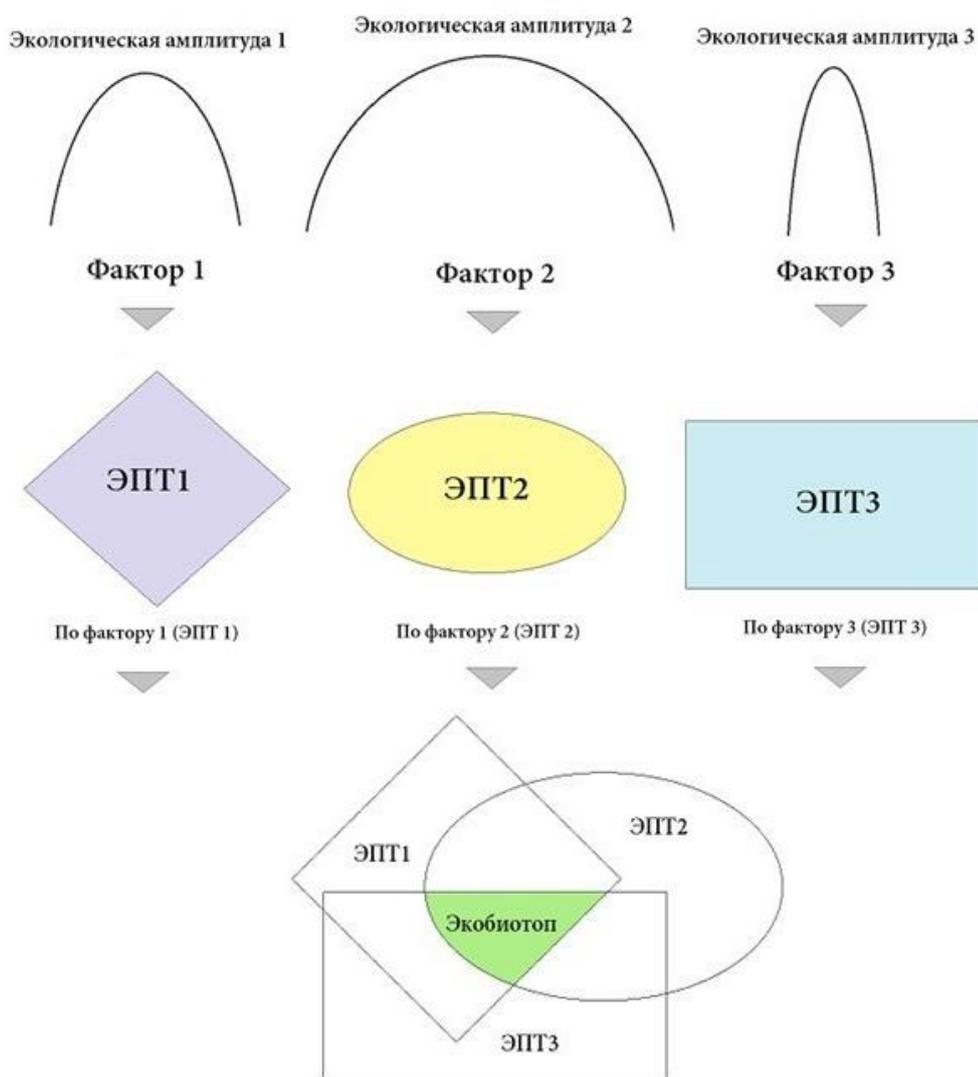


Рисунок 2 - Выделение экологически пригодных для вида территорий (ЭПТ) по экологическим факторам (по Афонин, Ли, 2011)

Сходная концепция лежит в основе многих современных технологий моделирования распространения видов, сортов и сообществ живых организмов, базирующихся на эколого-географическом принципе (Афонин, Соколова, 2018).

В данной работе использован метод эколого-географического моделирования для поиска районов доноров и аналогов с определенными климатическими характеристиками для последующего подбора видового ассортимента, способного адаптироваться в данных условиях.

Построение эколого-географических моделей районов доноров и аналогов как средство прогнозирования эколого-географических распределений таксонов - это развивающееся направление, которое, однако, уже было применено к многочисленным ситуациям, имеющим важное значение для экологии, систематики растений и благосостояния людей.

Подбор видового ассортимента может осуществляться двумя различными методами. Первый метод заключается в отборе климатических районов аналогов, с такими же значениями климатических факторов, как и на исследуемой территории (рис. 3).

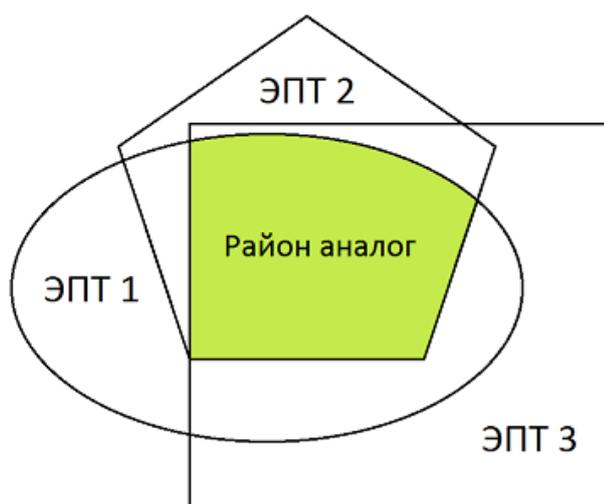


Рисунок 3 - Выделение районов аналогов по экологическим факторам

Второй способ – отыскание климатических районов доноров. Во втором случае предполагается, что возможна интродукция вида из более суровых условий в мягкие. Так, территориями, откуда возможна интродукция, становятся не только территории с такими же значениями факторов как в месте исследования, но и более холодные или засушливые районы. Районы доноры всегда шире районов аналогов.

В этой работе было решено выявить районы климатических доноров и аналогов для города Санкт-Петербурга, и на основе полученных данных осуществить подбор видового

ассортимента. Однако климат Санкт-Петербурга специфичен, поэтому районы доноры и районы аналоги для такой небольшой территории, какую занимает наш город, будут довольно небольшими, что весьма затруднит подбор видов. Существуют исследования, подтверждающие, что мегаполисы сами по себе являются локальными источниками тепла (Менжулин, Павловский; 2013, 2016). В результате этого было принято решение взять в исследуемую область и более южные от Санкт-Петербурга территории. Таким образом, область исследования была ограничена границей подзоны южной тайги в пределах Ленинградской области. Граница подзоны южной тайги была проведена согласно карте геоботанического районирования Нечерноземья европейской части РСФСР масштабом 1:10 000 000 (рис. 4) (Александрова и др., 1989). Такая территория имеет большую площадь по сравнению с площадью города Санкт-Петербурга, поэтому является достаточно показательной и может быть использована в дальнейшей работе (рис. 5).

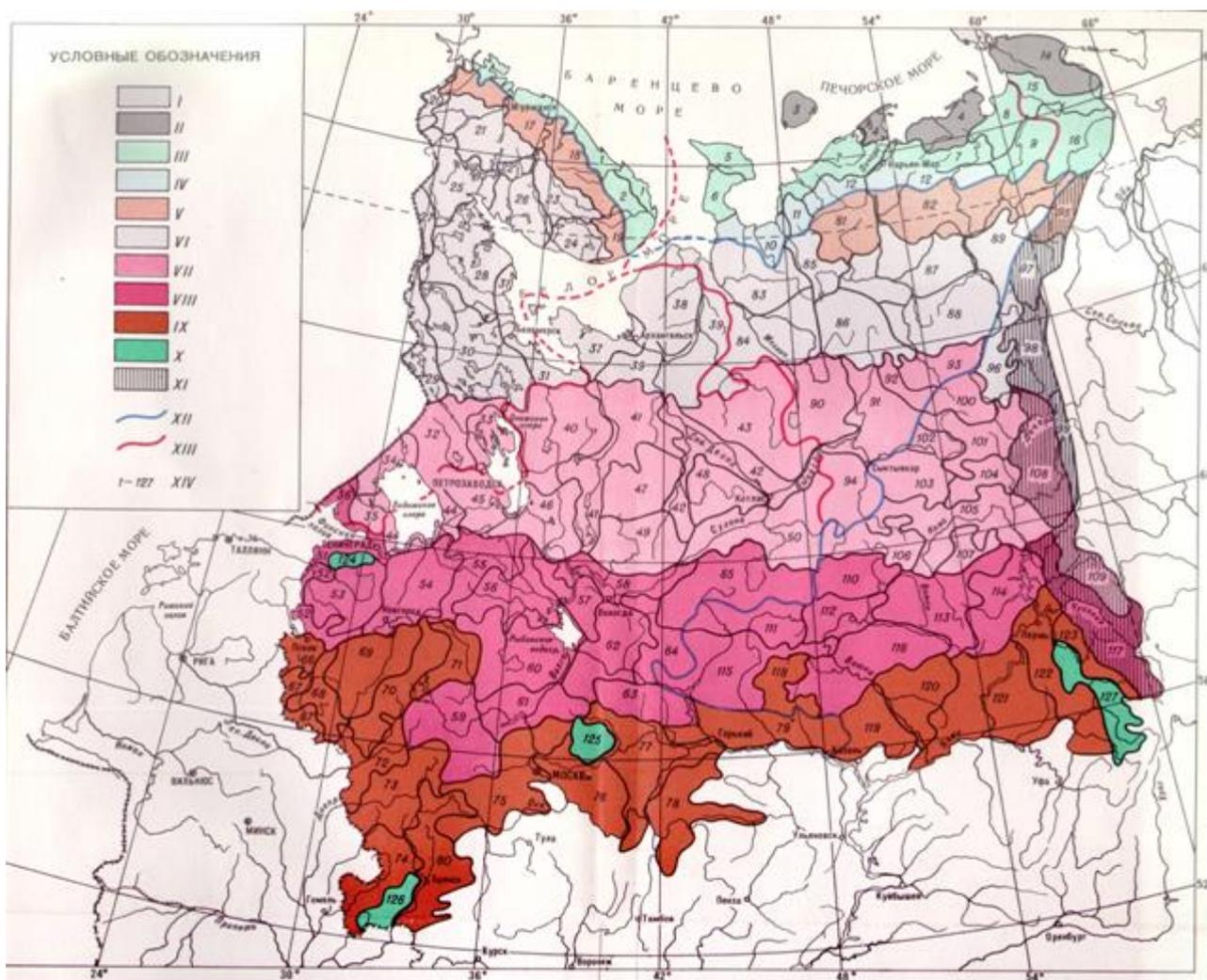


Рисунок 4 - Карта геоботанического районирования Нечерноземья европейской части РСФСР. Широтные полосы тундровой области (I-IV) и евразийской таёжной области (V-IX). Тундра: I - арктическая, II - северная, III - южная. Лесотундра: IV - северная, V - южная. Тайга: VI - северная, VII - средняя, VIII - южная, IX - подтайга (хвойно-широколиственная полоса). X -

экстразональные округа. XI - горные округа Урала. XII - границы провинций, XIII - границы подпровинций, XIV - номера округов (Александрова и др., 1989)

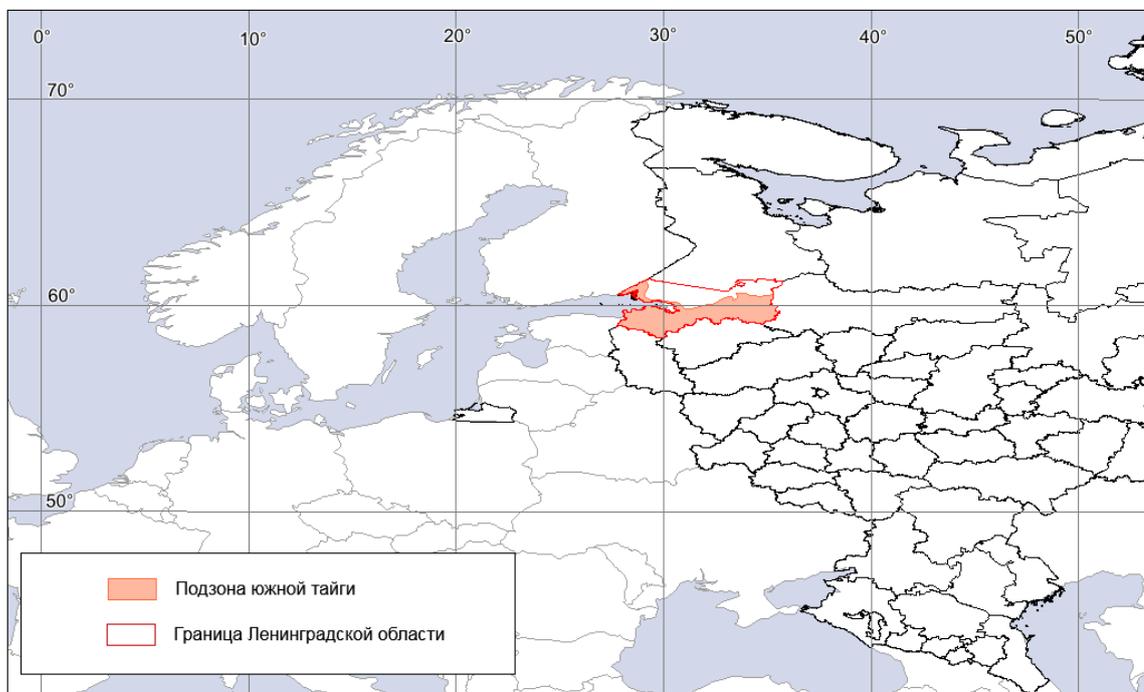


Рисунок 5 - Карта подзоны южной тайги в пределах Ленинградской области

Эколого-географический анализ и моделирование для разработки видового ассортимента хвойных растений для города Санкт-Петербурга с использованием ГИС технологий заключался в выполнении следующих работ:

1. Выявление основных экологических факторов, лимитирующих распространение хвойных растений на территории города Санкт-Петербурга.
2. Количественное определение диапазонов значений каждого из этих экологических факторов.
3. Создание карт районов аналогов и доноров по выявленным лимитирующим экологическим факторам для города Санкт-Петербурга.
4. Сравнить ареалы испытанных ранее, произрастающих на данный момент в зелёных насаждениях и интродуцированных видов с районами аналогами и донорами для территории Санкт-Петербурга и на основании этого проводить дальнейший анализ и сравнительную характеристику.

На возможность распространения биологических объектов влияет множество экологических факторов, которые всегда оказывают совокупное воздействие. Например, такие факторы, как эдафические, химические (загрязнение воздуха выбросами производств и выхлопными газами), физические, климатические и другие. В естественной среде они совокупно определяют ареал вида.

В этой работе для хвойных растений было рассмотрено три важнейших лимитирующих их распространение климатических фактора среды, как наиболее ограничивающих их адаптацию в северных широтах:

1. Невысокая теплообеспеченность и короткий вегетационный период, не позволяющие растениям пройти сезонный цикл: сформировать семена и подготовиться к зиме.
2. Дефицит влаги в вегетационный период.
3. Неблагоприятные условия зимнего периода, в т. ч. низкие температуры, приводящие к вымерзанию растений.

Таким образом, для работы использовалась, во-первых, сумма активных температур выше 0°C, необходимая для развития растения. Если сумма температур недостаточна, растение не успевает закончить цикл своего развития и подготовиться к зиме. Во-вторых, были использованы значения гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), который отражает уровень влагообеспеченности территории. Гидротермический коэффициент – это показатель увлажнённости территории. Коэффициент был установлен советским климатологом Георгием Тимофеевичем Селяниновым. ГТК определяется отношением суммы осадков (r) в мм за период со среднесуточными активными температурами воздуха (выше 0°C, 5°C, 10°C – в зависимости от исследуемого объекта или цели исследования) к сумме температур ($\sum t$) за это же время, т. е. $ГТК = \frac{r}{\sum t}$. Чем ниже ГТК, тем засушливее местность. В-третьих, при работе также были использованы значения средних температур января, как самого холодного месяца года, так как минимальные температуры и заморозки могут негативно повлиять на состояние растений, выбранных для озеленения.

Для работы со всеми этими тремя показателями используются растровые карты (рис. 6-8).

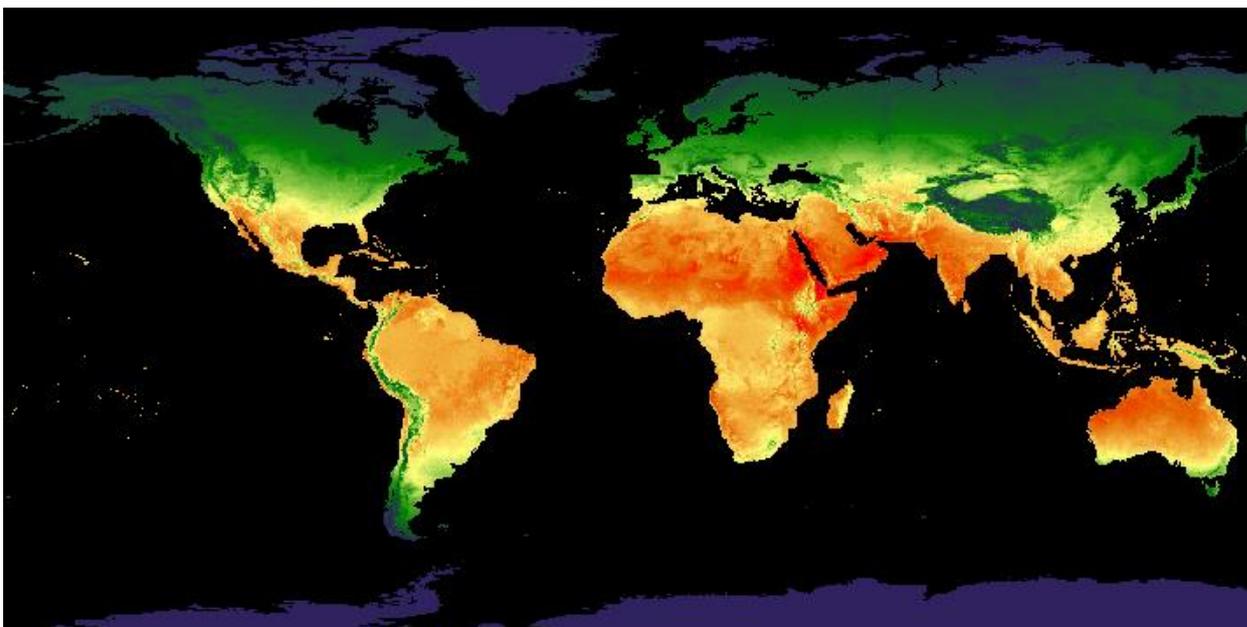


Рисунок 6 - Карта суммы активных температур выше 0°C (проект o-gis, <http://app.o-gis.org/o-gis/web/app.php/>)

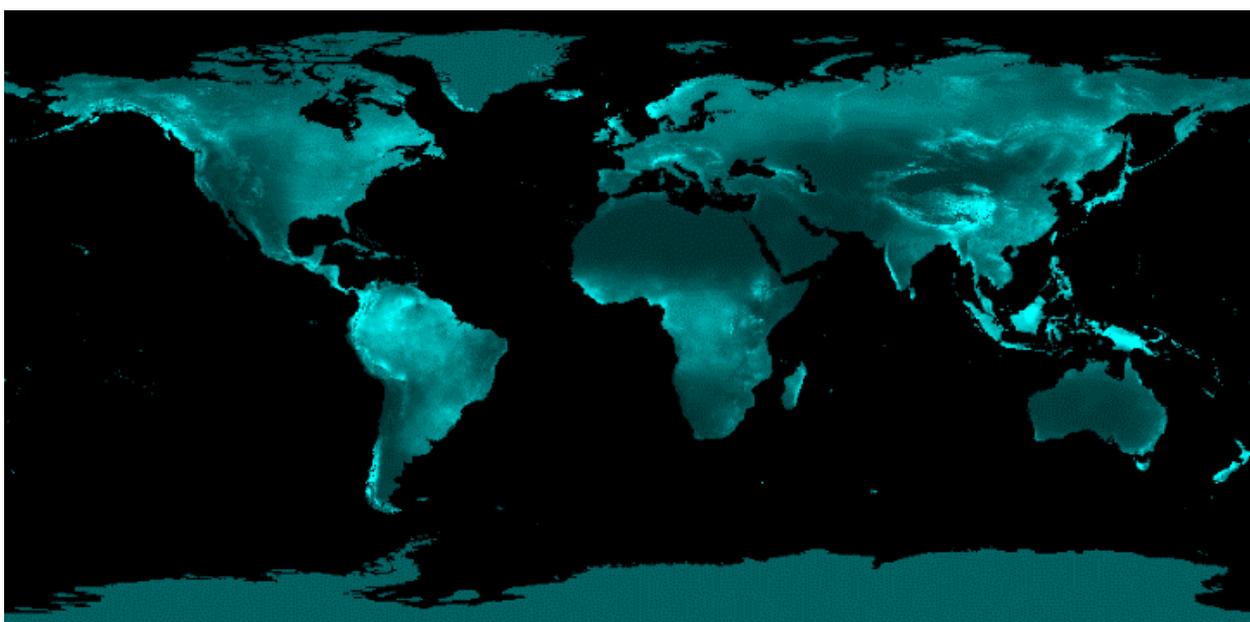


Рисунок 7 - Карта значений гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) (проект o-gis, <http://app.o-gis.org/o-gis/web/app.php/>)

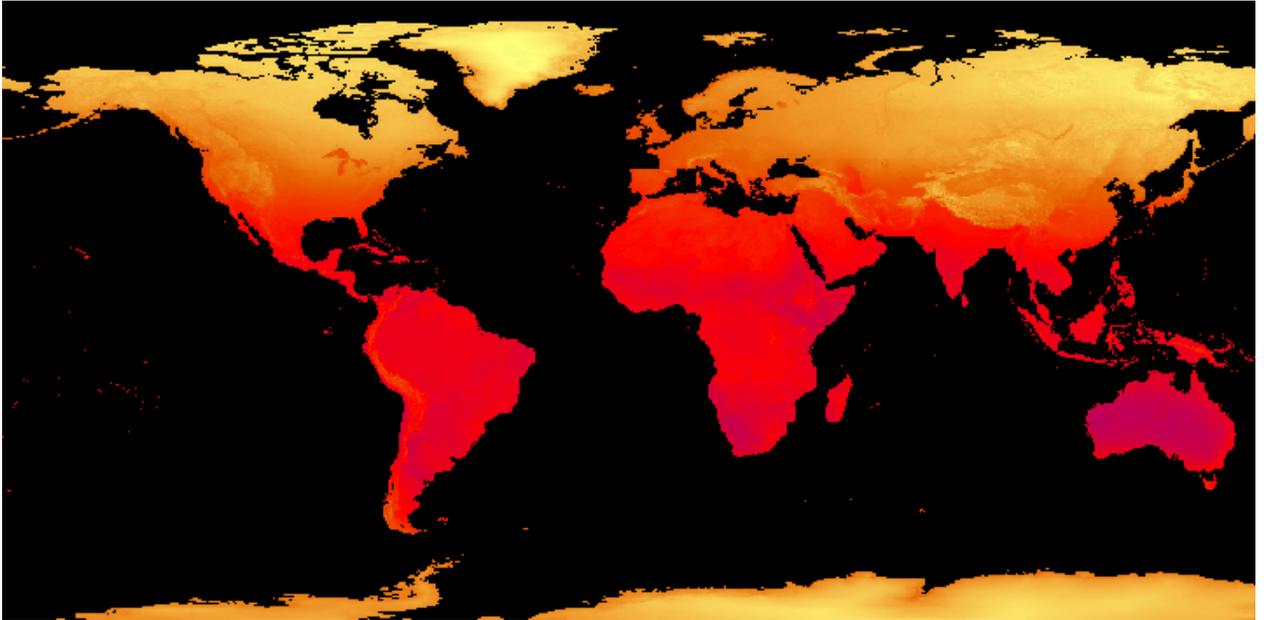


Рисунок 8 - Карта значений среднемесячных температур января (проект o-gis, <http://app.o-gis.org/o-gis/web/app.php/>)

С помощью таких карт, были выделены диапазоны значений каждого климатического фактора в пределах подзоны южной тайги Ленинградской области техникой кликинга (с помощью инструмента «пиксельная пипетка» в ГИС. Затем растровые изображения реклассифицируются и создаются растровые изображения климатических районов аналогов и районов доноров по каждому выбранному фактору (рис. 9-14).

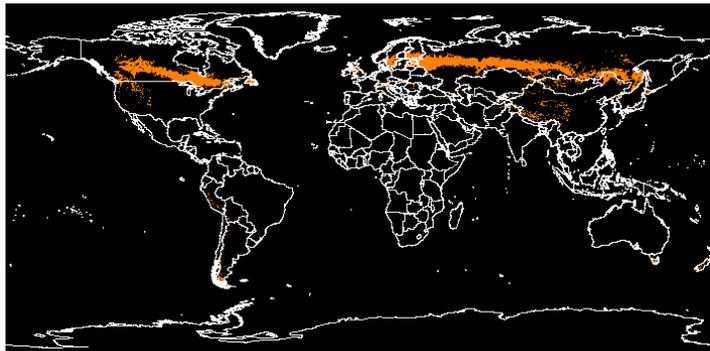


Рисунок 9 - Реклассифицированное изображение растра, районы аналоги по сумме активных температур выше 0°C для Санкт-Петербурга

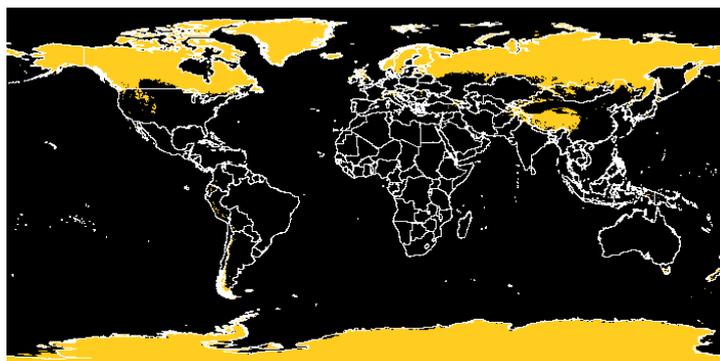


Рисунок 10 - Реклассифицированное изображение растра, районы доноры по сумме активных температур выше 0°C для Санкт-Петербурга

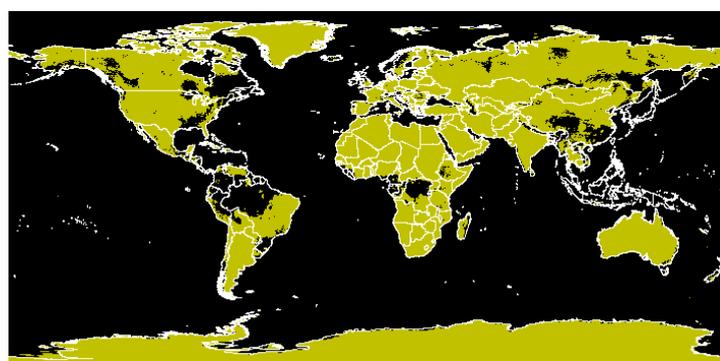


Рисунок 11 - Реклассифицированное изображение растра, районы аналоги по значениям гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) для Санкт-Петербурга

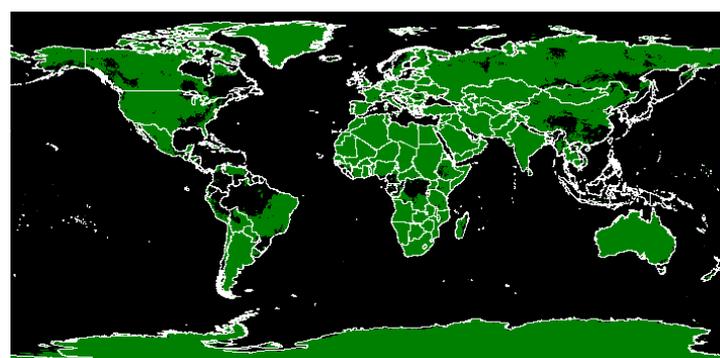


Рисунок 12 - Реклассифицированное изображение растра, районы доноры по значениям гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) для Санкт-Петербурга

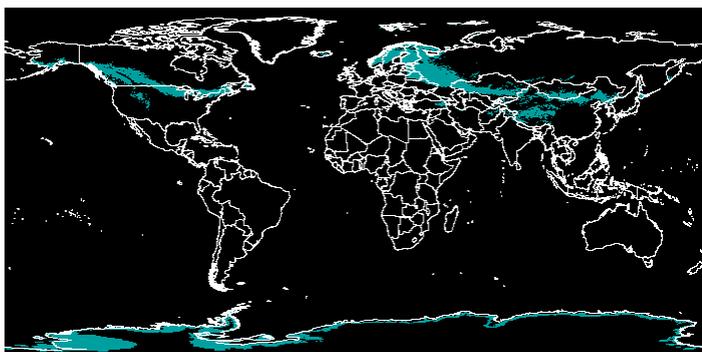


Рисунок 13 - Реклассифицированное изображение растра, районы аналоги по значениям среднемесячных температур января для Санкт-Петербурга

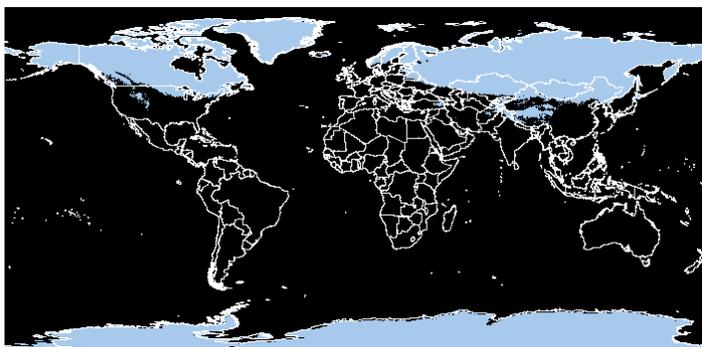


Рисунок 14 - Реклассифицированное изображение растра, районы доноры по значениям среднемесячных температур января для Санкт-Петербурга

Однако интродукцию вида ограничивает не каждый фактор по отдельности, а их совокупное действие, растение может существовать лишь на территории, удовлетворяющие всем факторам одновременно. Поэтому при построении эколого-географической модели экологически пригодные территории по отдельным климатическим факторам объединяются в одну, учитывающую весь комплекс факторов. В результате выделяются территории с такими же значениями климатических факторов, как и в Санкт-Петербурге по всему миру, это и есть климатические районы аналоги, откуда возможна интродукция. С учётом более суровых условий при реклассификации получается растровое изображение климатического района донора, которое используется в дальнейшем для анализа.

Подготовка карт и эколого-географический анализ проведены с использованием программного ГИС обеспечения QGIS Desktop 2.14.11, MapInfo Professional 12.5, Idrisi Selva и графического редактора Inkscape 0.92.1.

2.3. Характеристика использованных данных

Исходными материалами для проведения исследования являлись:

1. Растровые карты климатических факторов, каждая клетка растра которых отражает количественное значение фактора:

1) карта среднеголетних сумм температур выше 0°C на территорию Земли (рис. 6), составленная по данным дистанционного зондирования температуры поверхности Земли спектрорадиометром Modis/Terra. Пространственное разрешение карты 0.05° земной дуги, что соответствует примерно 5.6 км по экватору. Усреднение за период 2000-2013 (Афонин, проект o-gis, URL: <http://app.o-gis.org/o-gis/web/app.php/>);

2) карта значений гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) (рис.7), который отражает уровень влагообеспеченности территории. Построен помесечным расчётом ГТК из среднемесячных слоёв температур (ДДЗ Modis 2000-2013) и осадков (WorldClim) - проект o-gis;

3) карта значений среднемесячных температур января как самого холодного месяца года в северном полушарии (рис. 8). Температуры рассчитаны по ДДЗ Modis за период 2000-2013 годы (проект o-gis).

2. Для сравнения ареалов хвойных использовали как готовые цифровые карты, так и бумажные и описательные ареалы из следующих источников:

1) карты ареалов и описательные ареалы отдельных видов хвойных растений, взятые из литературных и электронных источников, баз данных (Соколов и др., 1977; Флора СССР, т.1 (Комаров В. Л., 1934), Flora of China, Flora of North America, Flora of Missouri, URL: <http://www.efloras.org/>);

2) оцифрованные карты ареалов видов хвойных растений Северной Америки из «Атласа деревьев Соединенных Штатов Америки» (Little, 1971, URL: <https://archive.usgs.gov/archive/sites/www.usgs.gov/science/cite-view.php-cite=22.html>);

3) цифровые карты ареалов видов России из «Агроэкологического атласа России и сопредельных стран» (Афонин и др., 2008, URL: <http://www.agroatlas.ru/ru/>);

4) База координатных данных по распространению биообъектов - Global Biodiversity Information Facility (GBIF), URL: <http://www.gbif.org/occurrence>.

3. Данные об устойчивости и состоянии видов хвойных деревьев и кустарников в городе Санкт-Петербурге, взятые из литературных источников.

В настоящее время по разнообразию и состоянию хвойных деревьев и кустарников в зелёных насаждениях и ведущих ботанических садах Санкт-Петербурга опубликован ряд важных обобщающих работ:

- 1) Хвойные в Санкт-Петербурге (Фирсов, Орлова; 2008);
- 2) К вопросу об ассортименте древесных растений парков Санкт-Петербурга (Фирсов и др., 2010);
- 3) Проблемы совершенствования современного ассортимента древесных растений в городских зеленых насаждениях Санкт-Петербурга (Егоров и др., 2011);
- 4) Итоги интродукции видов голосеменных растений в Санкт-Петербург (Булыгин Н. Е., Фирсов Г. А., 2002) и предыдущие работы авторов;
- 5) Хвойные Санкт-Петербургской лесотехнической академии (Аннотированный каталог) (Орлова и др., 2011);
- 6) Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В. Л. Комарова (Связева, 2005).

3. Результаты работы и их обсуждение

3.1. Проведение эколого-географического анализа и моделирования

В соответствии с методикой проведения эколого-географического анализа и моделирования были определены диапазоны значений каждого фактора в пределах подзоны южной тайги Ленинградской области и выделены районы аналоги и районы доноры для территории г. Санкт-Петербурга (рис. 15-16). Значения оказались следующими:

1. Сумма эффективных температур при выше 0°C – от 1819,48 до 2516,86.
2. Гидротермический коэффициент при температурах выше 0°C – от 1.41 до 2.04.
3. Среднемесячная температура января – от $-18,31^{\circ}\text{C}$ до $-11,19^{\circ}\text{C}$.

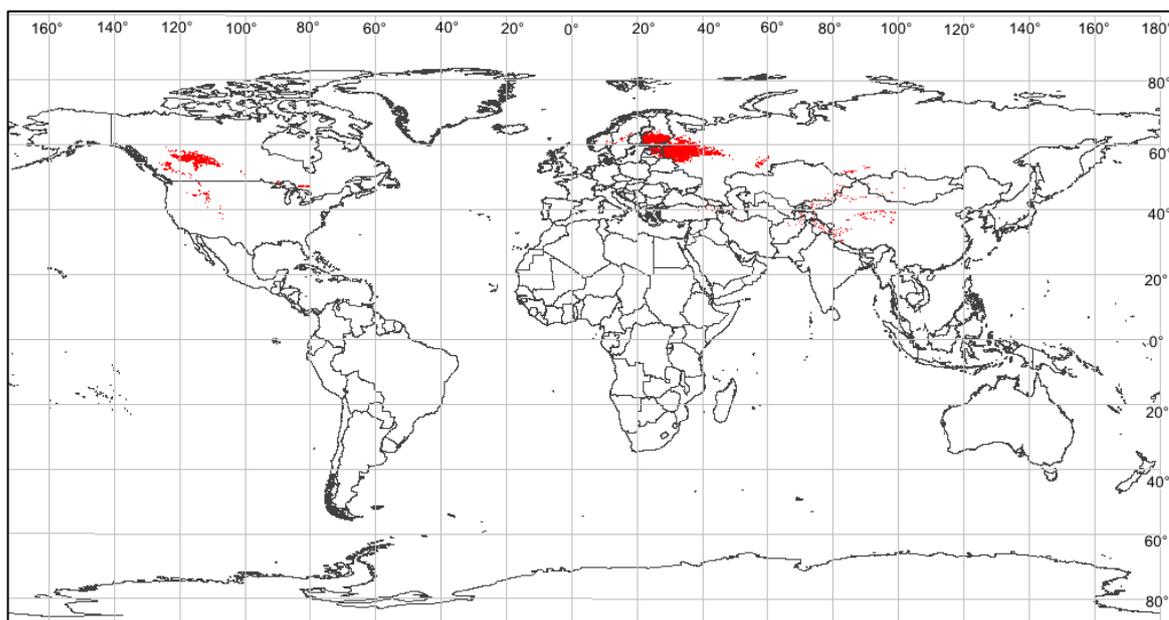


Рисунок 15 - Карта климатических районов аналогов для Санкт-Петербурга по трём климатическим показателям

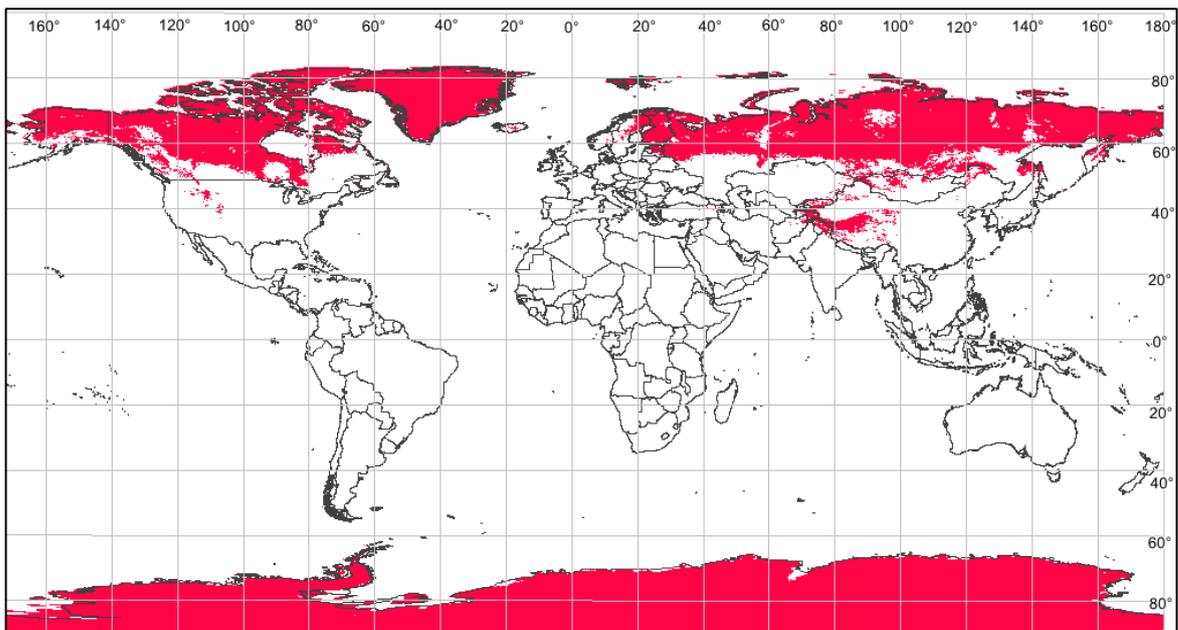


Рисунок 16 - Карта климатических районов доноров для Санкт-Петербурга по трём климатическим показателям

Конечно, в район донор по более худшим показателям попали и Антарктида, и Гренландия, и тундровые зоны Евразии и Северной Америки, однако в качестве районов доноров хвойных эти территории будут непригодны из-за отсутствия древесной растительности в этих зонах и из-за других климатических показателей.

Также были составлены карты по каждому из климатических факторов, которые тоже использовались при анализе видов (рис.17-19).

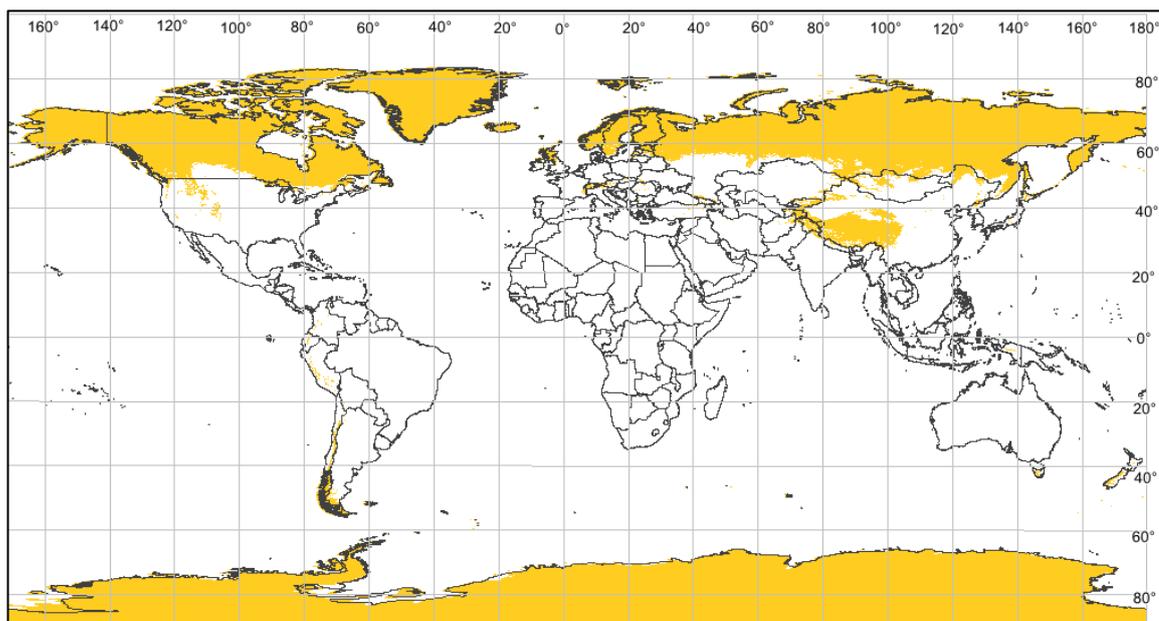


Рисунок 17 – Карта климатических районов доноров по сумме активных температур выше 0°C для Санкт-Петербурга

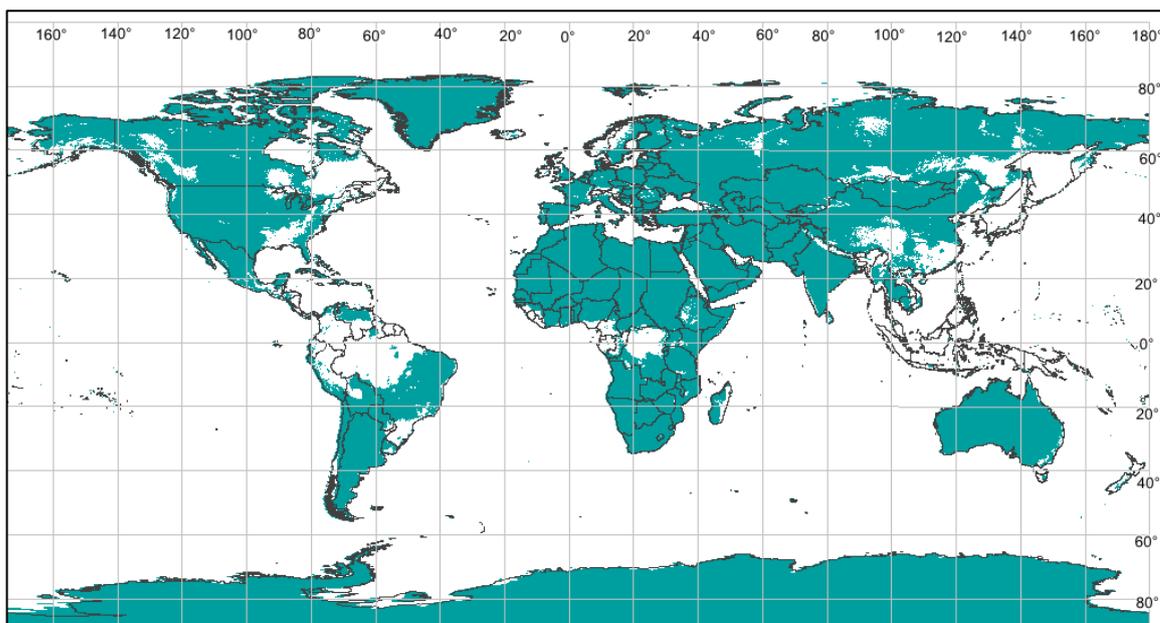


Рисунок 18 – Карта климатических районов доноров по значениям гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) для Санкт-Петербурга

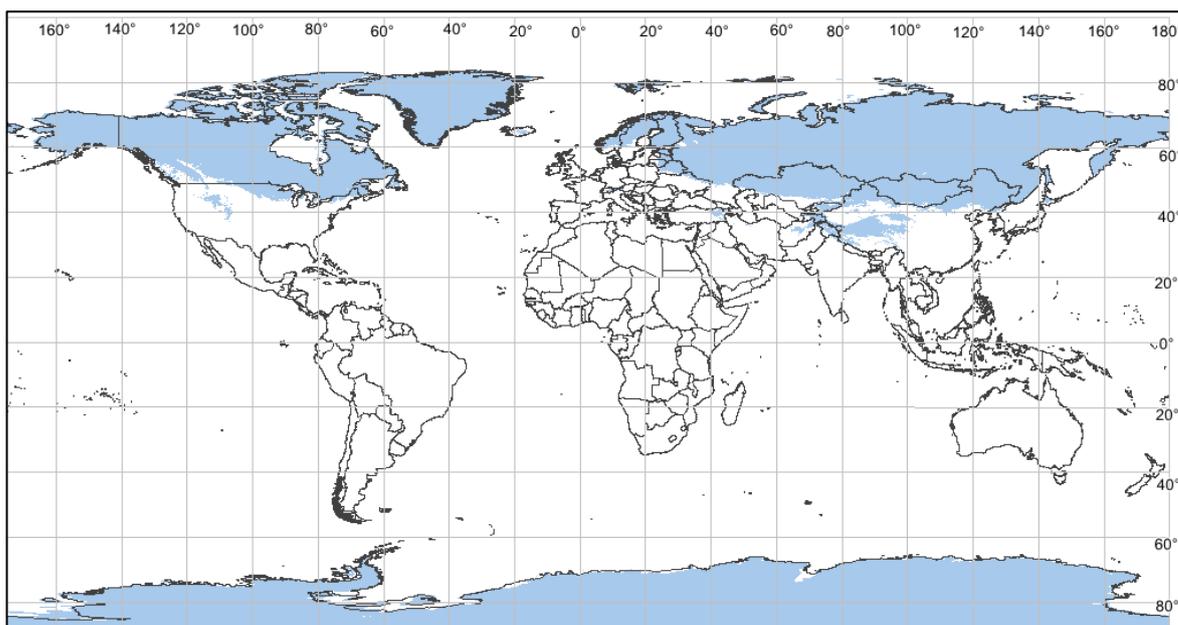


Рисунок 19 – Карты климатических районов доноров по значениям среднемесячных температур января для Санкт-Петербурга

На следующем этапе работ получившиеся территории с картами доноров и климатических аналогов сравниваются с картами ареалов растений, что позволяет установить перспективность интродукции и использования в зелёных насаждениях видов в условиях города Санкт-Петербурга. Цифровые карты ареалов большинства видов были взяты из «Атласа Деревьев Соединенных Штатов» (Little, 1971), частично из «Агроэкологического атласа России и сопредельных стран» (Афонин и др., 2008), а также уточнены по данным

GBIF (<http://www.gbif.org/occurrence>). Для некоторых видов использовались описательные ареалы. Виды, чьи естественные ареалы попадают в получившиеся климатические районы доноры и аналоги, предположительно могут быть использованы для озеленения.

На рис. 20 приведен пример естественного ареала вида пихты бальзамической - *Abies balsamea*, который попадает в район доноры. Таким образом, этот вид подходит для интродукции в Санкт-Петербург. С этого вида начались испытания растений рода *Abies* еще до 1793 года. (Связева, 2005). В настоящее время этот вид выращивается в коллекциях Ботанического сада БИН и Лесотехнической академии. Отмечается, что вид обладает высокой зимостойкостью и морозостойкостью и хорошо растёт в области умеренно холодного климата (Фирсов, Орлова, 2008). Это подтверждается и данными Булыгина Н. Е. и Фирсова Г. А. (2002): по зимостойкости пихте бальзамической присваивается 5 баллов, по репродуктивной способности – тоже 5 баллов.

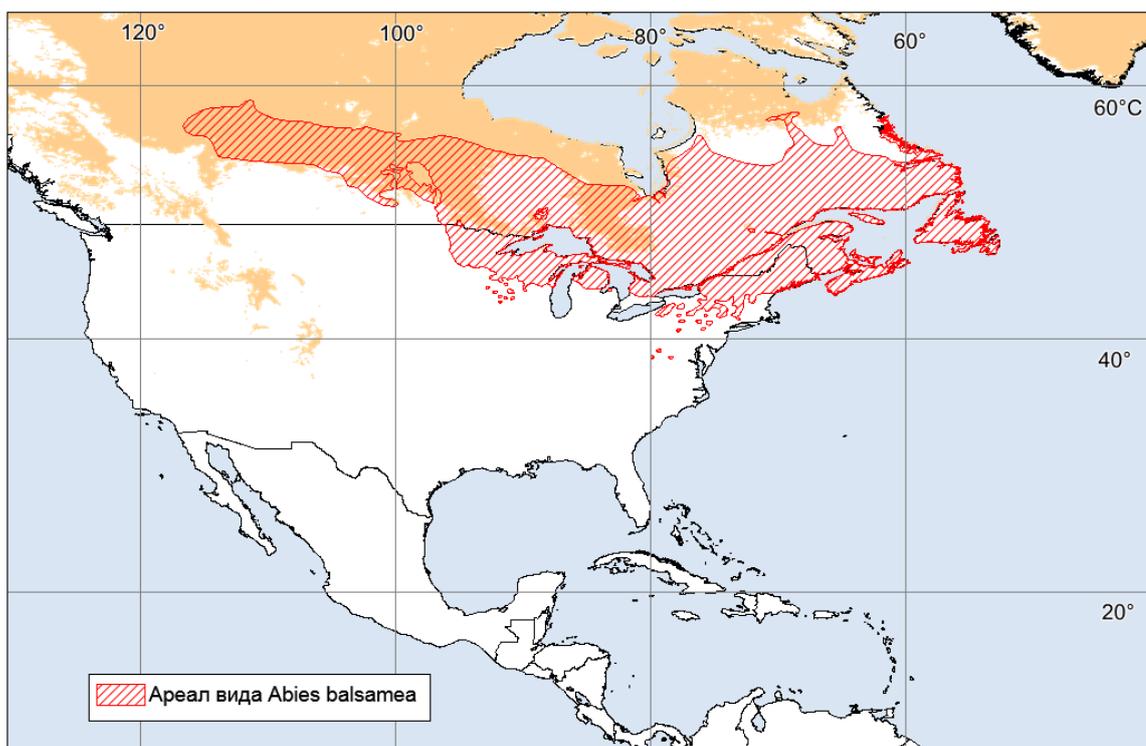


Рисунок 20 - Карта естественного ареала пихты бальзамической - *Abies balsamea*, наложенный на территорию района донора для Санкт-Петербурга (бежевый цвет)

На рис. 21 приведена карта естественного ареала североамериканского вида сосны короткохвойной - *Pinus echinata*, наложенного на районы доноры, пригодные для отбора

видов для территории Санкт-Петербурга. Ареал вида не пересекает и район донор, что означает о его потенциальной непригодности для климатических условий Санкт-Петербурга. Это подтверждается опытными данными. Этот вид упоминается в каталогах в течение 1-2 лет, что говорит о постоянном выпадении или вымерзании. Но конкретная причина не установлена. По данным Булыгина Н. Е., Фирсова Е. А. (2002), этот вид впервые испытывался ещё до 1916 года. По репродуктивной способности и зимостойкости ей присваивают 1 балл.

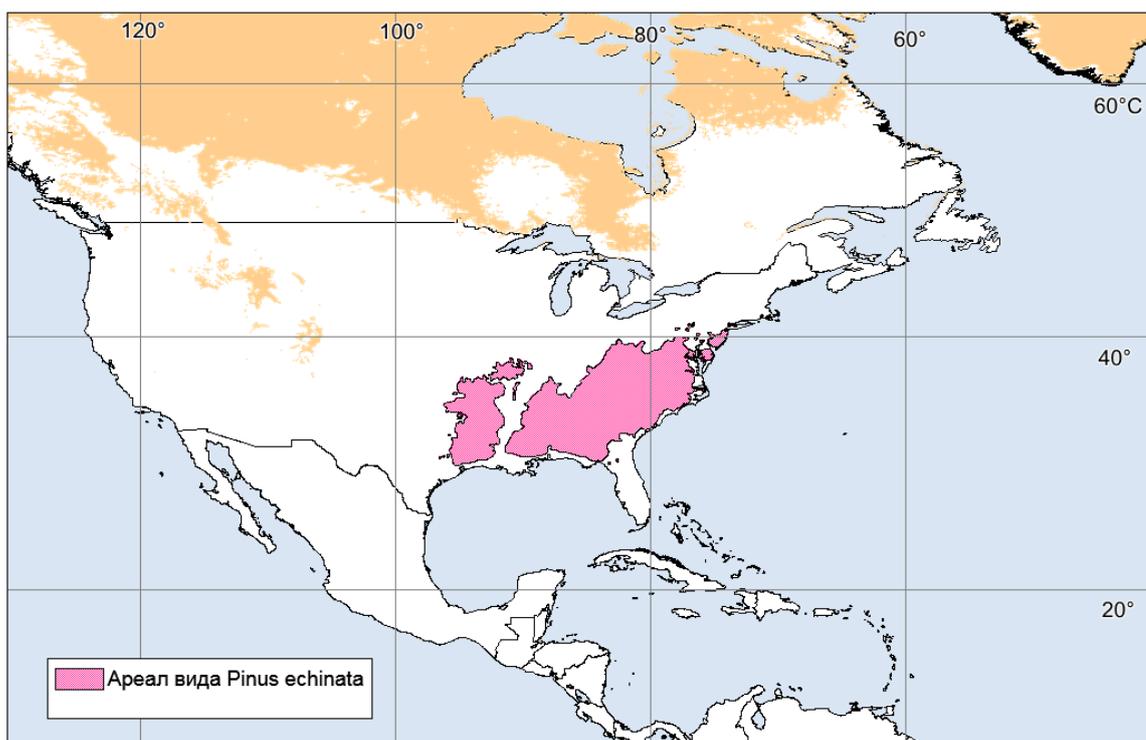


Рисунок 21 - Карта естественного ареала *Pinus echinata*, наложенный на территорию района донора для Санкт-Петербурга (бежевый цвет)

3. 2. Анализ и обработка полученных результатов

Всего было рассмотрено 205 видов хвойных растений. Результаты эколого-географического моделирования для каждого рассмотренного вида приведены в разделе Приложения (прил. 1) в виде таблицы. Далее была проведена работа по анализу литературы, результаты которой также приведены в этом же приложении (прил. 1). Соответствие значений зимостойкости хвойных и обобщённые результаты эколого-географического анализа и моделирования для города Санкт-Петербурга приводится в табл. 1.

Таблица 1 - Соответствие значений зимостойкости хвойных и результатов эколого-географического анализа для г. Санкт-Петербурга

Зимостойкость, балл	Виды, ареалы кот. ..., шт. (%)			Виды, ареалы кот. входят в р. д., шт. (%)		
	входят в р. д.,	в т. ч. входят в р. а.	не входят в р. д.	по ГТК	по Т января	по $\Sigma T \geq 0^\circ$
5	67 (86)	44 (56)	11 (14)	74 (95)	74 (95)	76 (97)
4	15 (58)	11 (42)	11 (42)	26 (100)	21 (81)	21 (81)
3	2 (7)	2 (7)	25 (93)	27 (100)	19 (70)	20 (74)
2	2 (8)	0 (0)	24 (92)	25 (96)	13 (50)	20 (77)
1	2 (6)	1 (3)	30 (94)	31 (97)	13 (41)	13 (41)
Нет данных	11 (69)	9 (56)	5 (31)	15 (94)	13 (81)	14 (87,5)

Наблюдается общая закономерность соответствия баллов зимостойкости и попадания в район донор и район аналог (рис. 22-23): Большинство (86% видов с баллом зимостойкости 5 и 58% видов с баллом зимостойкости 4) наиболее зимостойких видов растений по данным эколого-географического анализа входят в район донор, а часть из них (56% и 42%) – также и в район аналог. Некоторые виды из наиболее зимостойких в район донор не попадают. По баллу зимостойкости 5 их всего 11: *Abies fraseri*, *Abies koreana*, *Juniperus oblonga*, *Juniperus occidentalis*, *Juniperus procumbens*, *Juniperus pygmaea*, *Larix polonica*, *Picea maximowiczii*, *Picea alcoquiana*, *Picea rubens*, *Pinus strobus*. По баллу зимостойкости 4 таких видов также 11: *Juniperus virginiana*, *Microbiota dicussata*, *Picea koyamae*, *Pinus parviflora*, *Pinus palasiiana*, *Pinus virginiana*, *Pseudotsuga macrocarpa*, *Thujopsis dolobrata*, *Torreya nucifera*, *Tsuga caroliniana*, *Tsuga standishii*. Такое несоответствие объясняется тем, основная часть этих видов – это виды горных территорий, климатические характеристики которых для используемой методики эколого-географического анализа невозможно выявить: существенное изменение высоты на небольшой площади склона (в т. ч. смена природных поясов) не фиксируется на спутниковых снимках невысокого разрешения.

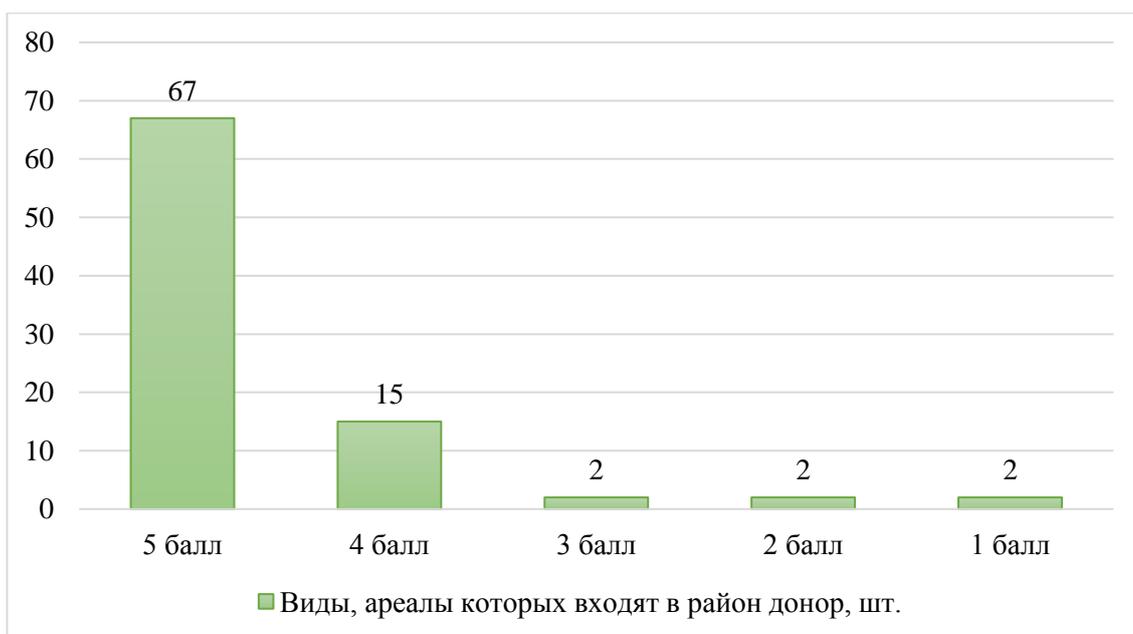


Рисунок 22 - Соответствие значений зимостойкости хвойных и результатов эколого-географического анализа для г. Санкт-Петербурга по району донорам

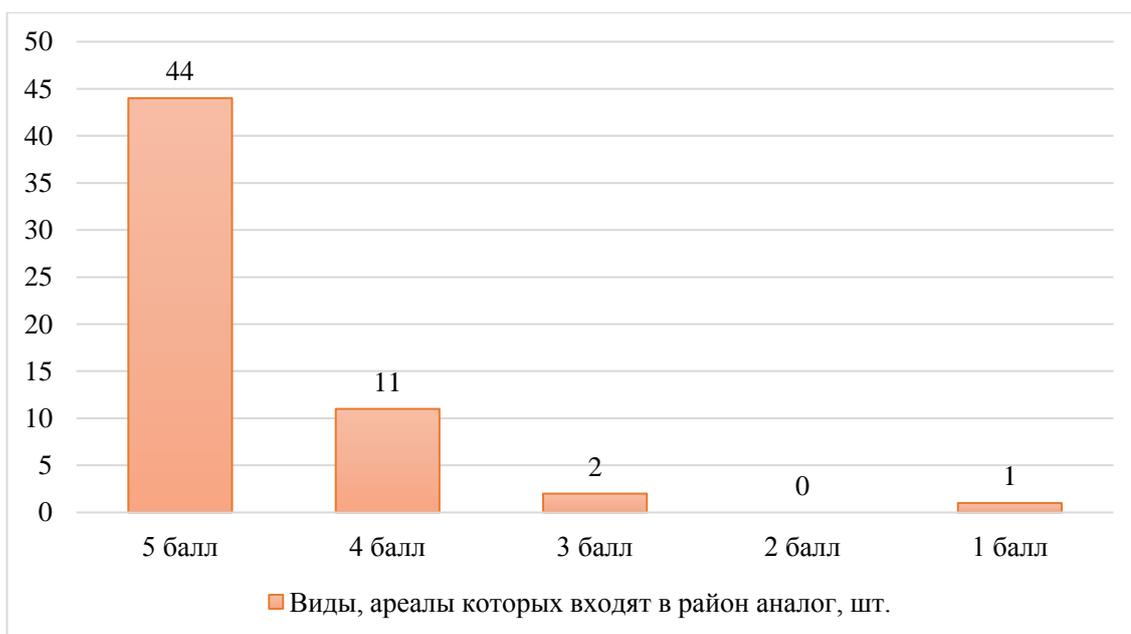


Рисунок 23 - Соответствие значений зимостойкости хвойных и результатов эколого-географического анализа для г. Санкт-Петербурга по району аналогам

Далее было установлено, что часть незимостойких видов с баллами зимостойкости 1, 2 и 3 считаются подходящими для территории Санкт-Петербурга по эколого-географическому моделированию. Два вида с баллом зимостойкости 1 ареалами попадают в район донор: пихта замечательная - *Abies spectabilis* (рис. 24) (попадает частично) и мексикан-

ская белая сосна - *Pinus strobiformis* (рис. 25). Ареал вида *Pinus strobiformis* также попадает в район аналог (рис. 26). Это тоже объясняется тем, что приведённые виды являются горными. Результаты эколого-географического моделирования некоторых из них получаются неоднозначными. *Abies spectabilis* – вид пихты, чье местообитание находится в Гималаях, и во время испытаний с 1887 по 1889 годы он оказался незимостойким и больше испытаний не проводилось. На данный момент этого растения нет в коллекциях (Связева, 2005). Североамериканский вид *Pinus strobiformis* испытывался в коллекциях еще до 1916 года (Булыгин, Фирсов, 2002), причины выпадения неизвестны. Местообитание этого вида - горные леса с условиями от засушливых до влажных на высотах 1900-3000 м (Flora of North America, URL: <http://www.efloras.org>).

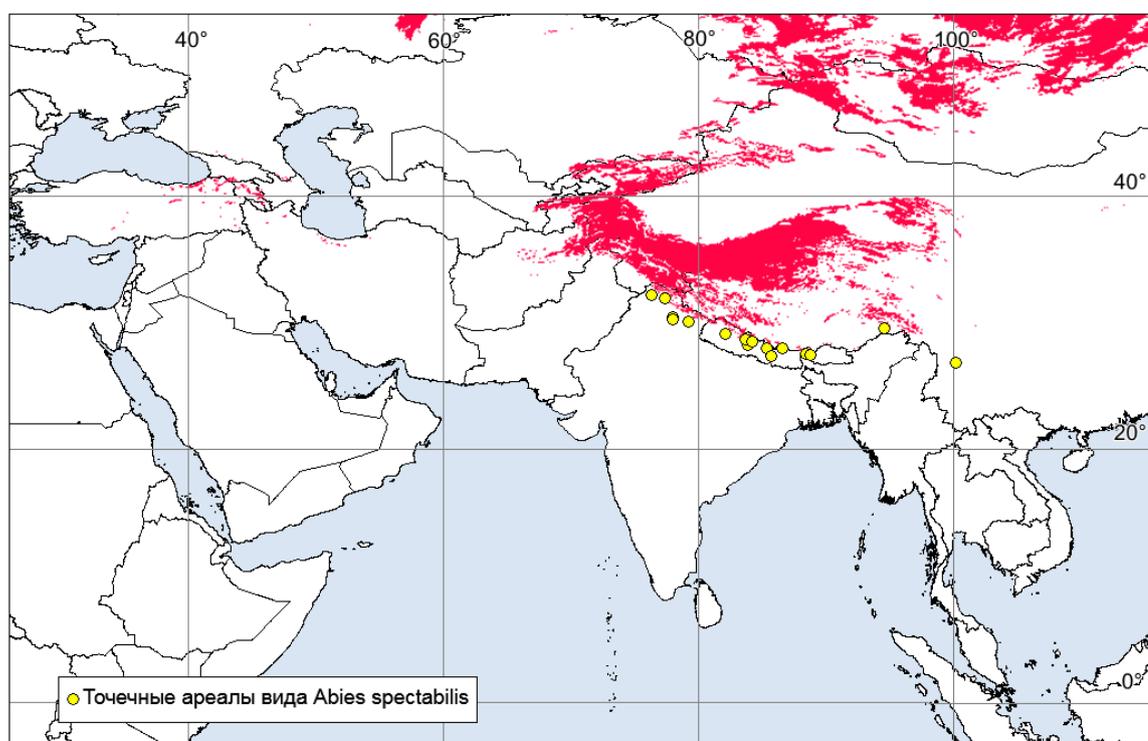


Рисунок 24 - Карта ареала пихты замечательной - *Abies spectabilis*, наложенный на территорию района донора для Санкт-Петербурга (красный цвет)

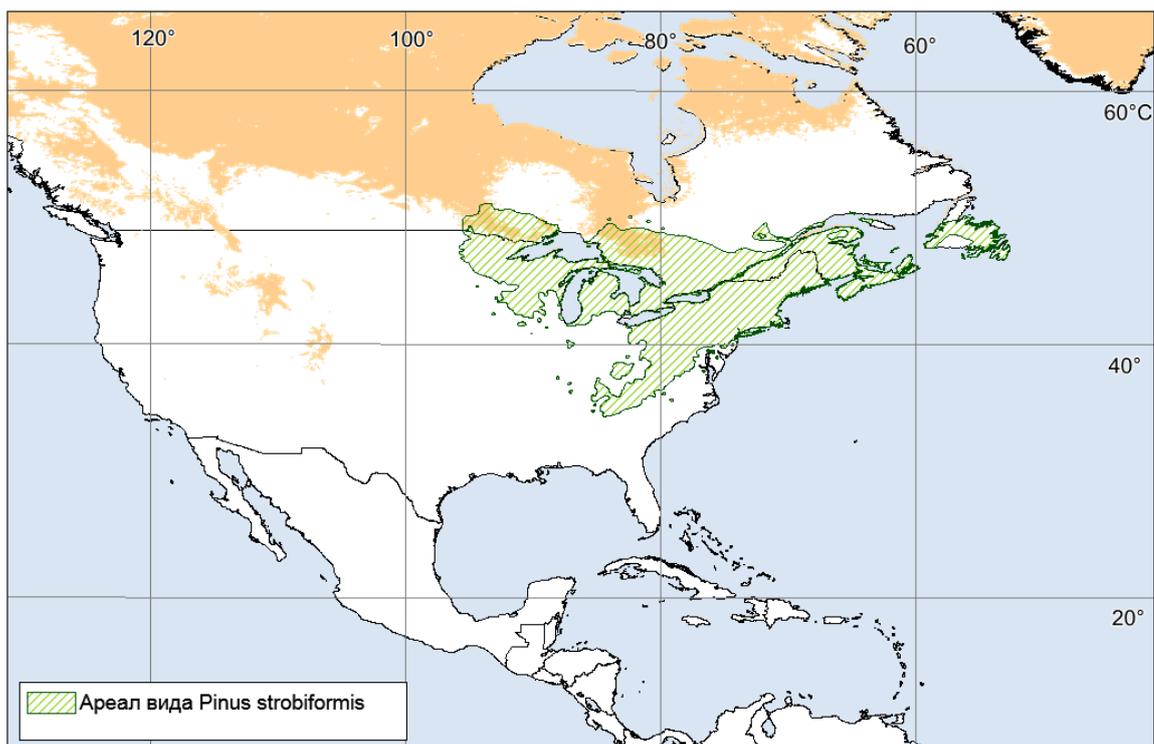


Рисунок 25 - Карта естественного ареала мексиканской белой сосны - *Pinus strobiformis*, наложенный на территорию района донора для Санкт-Петербурга (бежевый цвет)

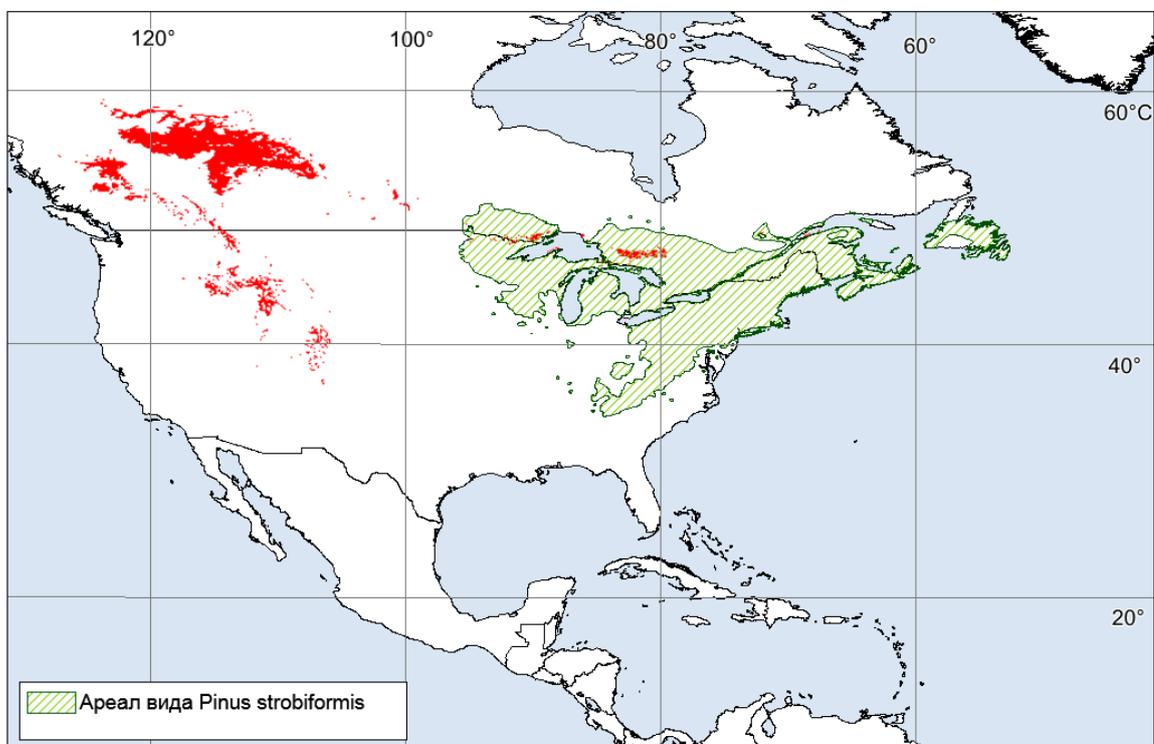


Рисунок 26 - Карта естественного ареала мексиканской белой сосны - *Pinus strobiformis*, наложенный на территорию района аналога для Санкт-Петербурга (красный цвет)

С баллом зимостойкости 2 попадают в район доноры *Abies amabilis* и *Tsuga mertensiana*. С баллом зимостойкости 3 два вида попадают в район донор и аналог одновременно: *Abies grandis*, *Pinus ablicaulis*. Также выявлено 94%, 92% и 93% видов с баллом зимостойкости 1, 2 и 3 соответственно, чьи ареалы не попадают в район донор и район аналог для Санкт-Петербурга.

Так как почти все виды попадают в район донор по гидротермическому коэффициенту (рис. 27), то были проанализированы другие два лимитирующих фактора (температура января и сумма эффективных температур выше 0) и количество видов, которые ареалами входят в районы доноры по этим факторам, но которые не входят в районы доноры и районы аналог (табл. 2).

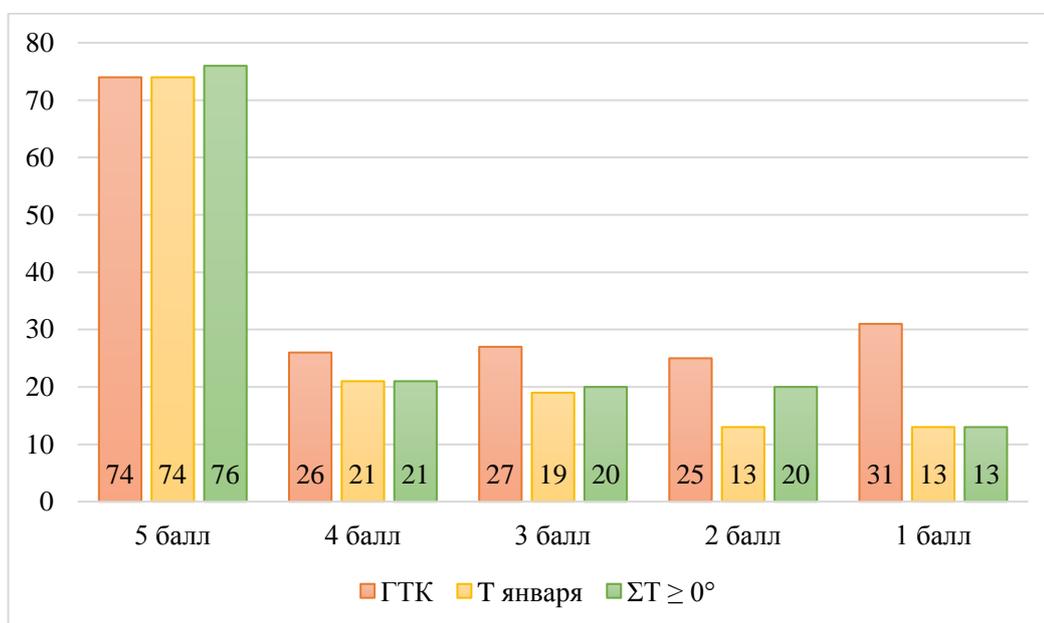


Рисунок 27 - Соответствие значений зимостойкости хвойных и результатов эколого-географического анализа по районам донорам каждого из климатических факторов

Таблица 2 - Соответствие значений зимостойкости хвойных и результатов эколого-географического анализа для видов, не входящих в район донор и район аналог

Зимостойкость, балл	Виды, ареалы кот. входят в р. д., шт. (%)		
	по T января и по $\Sigma T \geq 0^\circ$ одновременно	по T января	по $\Sigma T \geq 0^\circ$
5	8 (73)	8 (73)	10 (91)
4	5 (45.5)	6 (54.5)	6 (54.5)
3	17 (68)	17 (68)	18 (72)
2	12 (50)	12 (50)	18 (75)
1	11 (37)	11 (37)	11 (37)

По итогу работы в результате эколого-географического анализа и моделирования были отобраны виды хвойных, чьи ареалы входят в климатический район донор и чьи баллы зимостойкости составляют 4 и 5 баллов:

1. *Abies balsamea* (L.) Mill.
2. *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr.
3. *Abies gracilis* Kom.
4. *Abies holophylla* Maxim.
5. *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.
6. *Abies nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim.
7. *Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast.
8. *Abies semenovii* B. Fedtsch.
9. *Abies sibirica* Ledeb
10. *Abies veitchii* Lindl.
11. *Chamaecyparis pisifera* (Siebold et Zucc.) Endl.
12. *Cupressus nootkatensis* D. Don
13. *Juniperus chinensis* L.
14. *Juniperus communis* L.
15. *Juniperus davurica* Pall.
16. *Juniperus foetidissima* Willd.
17. *Juniperus horizontalis* Moench
18. *Juniperus sabina* L.

19. *Juniperus sargentii* (A. Henry) Takeda ex Koidz.
20. *Juniperus scopulorum* Sarg.
21. *Juniperus seravschanica* Kom.
22. *Juniperus sibirica* Burgsd.
23. *Juniperus turkestanica* Kom.
24. *Larix × lubarskii* Sukaczew
25. *Larix archangelica* Laws.
26. *Larix cajanderi* Mayr
27. *Larix czekanowskii* Szafer
28. *Larix decidua* Mill.
29. *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen.
30. *Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière
31. *Larix kamtschatica* (Rupr.) Carrière
32. *Larix laricina* K. Koch
33. *Larix maritima* Sukaczew
34. *Larix occidentalis* Nutt.
35. *Larix olgensis* A. Henry
36. *Larix sibirica* Ledeb.
37. *Microbiota decussata* Kom.
38. *Picea × fennica* (Regel) Kom.
39. *Picea abies* (L.) Karst.
40. *Picea asperata* Mast.
41. *Picea brachytyla* E. Pritzel
42. *Picea engelmannii* (Parry) Engelm.
43. *Picea gemmata* Rehder & E. H. Wilson (*Picea retroflexa* Mast.)
44. *Picea glauca* (Moench) Voss
45. *Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast.
46. *Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.) Carrière
47. *Picea koraiensis* Nakai
48. *Picea likiangensis* (Franch.) E. Pritz.
49. *Picea mariana* Mill., Britton, Sterns & Poggenburg
50. *Picea obovata* Ledeb.
51. *Picea omorika* (Pančić) Purk.
52. *Picea pungens* Engelm
53. *Picea schrenkiana* Fisch. & C. A. Mey.

54. *Picea sitchensis* (Bong.) Carrière
55. *Pinus aristata* Engelm.
56. *Pinus banksiana* Lamb.
57. *Pinus cembra* L.
58. *Pinus contorta* Douglas ex Loudon
59. *Pinus flexilis* E. James
60. *Pinus friesiana* Wich.
61. *Pinus kochiana* Klotzsch ex K. Koch (*Pinus sosnowskyi* Nakai)
62. *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.
63. *Pinus monticola* Douglas ex D. Don
64. *Pinus mugo* Turra
65. *Pinus nigra* J. F. Arnold
66. *Pinus peuce* Griseb.
67. *Pinus ponderosa* P. Lawson & C. Lawson
68. *Pinus pumila* (Pall.) Regel
69. *Pinus resinosa* Sol. ex Aiton
70. *Pinus sibirica* Du Tour
71. *Pinus sylvestris* L.
72. *Pinus uncinata* Ramond ex DC.
73. *Pinus wallichiana* A. B. Jacks.
74. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco
75. *Taxus baccata* L.
76. *Taxus brevifolia* Nutt.
77. *Taxus canadensis* Marshall
78. *Taxus cuspidata* Siebold et Zucc. ex Endl.
79. *Thuja koraiensis* Nakai
80. *Thuja occidentalis* L.
81. *Thuja plicata* Donn ex D. Don
82. *Tsuga canadensis* (L.) Carrière

Таким образом, из исследуемых видов подходят 83 вида хвойных растений, которые и составляют устойчивый ассортимент для зелёных насаждений Санкт-Петербурга.

Заключение

Санкт-Петербург – один из крупнейших центров интродукционных испытаний древесных растений на Северо-Западе России. Зелёные насаждения Санкт-Петербурга в большей своей части состоят из интродуцированных видов древесных растений, в меньшей части они состоят из местных видов. Интродукция деревьев и кустарников на данной территории берет свое начало ещё в 1708 году и продолжается в настоящее время. Изменение климатических характеристик города Санкт-Петербурга в результате потепления климата и развития города расширяет возможности интродукции и внедрения в зеленое строительство и лесное хозяйство на Северо-Западе России новых видов и форм сравнительно теплолюбивых южных древесных растений, о чем писали Н.Е. Булыгин и З.Н. Довгулевич еще в 1974 г. В ближайшие годы и десятилетия ассортимент городских садов и парков может претерпеть дальнейшие значительные изменения. Интродукционные испытания новых видов и форм могут многое дать для обогащения лесопарковых ландшафтов и, особенно для озеленения городов и населенных мест. Современное развитие компьютерных и космических технологий позволяет по-новому - эффективно и пространственно точно анализировать сведения о распространении растений и об условиях их существования, т. е. проводить эколого-географический анализ и моделирование в ГИС. Наличие многолетнего опыта интродукции хвойных в Санкт-Петербурге позволяет дополнить и более точно интерпретировать полученные результаты ЭГА. Таким образом, совместив два метода, можно разработать устойчивый ассортимент растений для определенных территорий.

Анализ сравнения естественных ареалов хвойных показал, что наиболее перспективными для интродукции являются виды, ареалы которых частично или полностью пересекаются с районами климатических доноров и которые имеют высокие баллы зимостойкости. В ходе работы был разработан новый ассортимент хвойных деревьев и кустарников для зеленых насаждений города Санкт-Петербург в меняющихся климатических условиях. Было выявлено 83 таких вида, экологические требования которых соответствуют климатическим характеристикам города Санкт-Петербурга. Другие же виды, ареалы которых не входят в районы доноры и районы аналоги, нерационально использовать при интродукции. Однако существуют технические сложности применения метода эколого-географического анализа для горных территорий, которые связаны с разрешением используемых космических снимков. Существует сложность локализации климатических показателей для быстроменяющихся горных поясов. Для равнинных видов методика эколого-географического

анализа и моделирования работает и может проводиться в дальнейшем для подбора видо-вого ассортимента для определённой территории, тогда как эта методика для горных видов должна совершенствоваться.

На данном этапе работы видовой ассортимент хвойных для зелёных насаждений города Санкт-Петербурга был подобран только по климатическим параметрам, как одним из самых решающих и ограничивающих распространение биологических объектов лимитирующих факторов. Ассортимент может пополняться в дальнейшем благодаря совершенствованию метода эколого-географического анализа и моделирования для прогнозирования в более высоком разрешении, что позволило бы учитывать и горные виды. Также предложенный ассортимент в последующих работах может быть рекомендован с учётом других лимитирующих факторов городской среды (дымо- и газостойкость, устойчивость к засолению, устойчивость к загрязнению почв и др.). Видовой ассортимент, полученный в результате комплекса работ по различным лимитирующим факторам, может применяться не только в садово-парковых насаждениях, но и в городских и уличных посадках.

Список использованных источников

1. Агроклиматические ресурсы Ленинградской области [Текст]. - Л.: Гидрометеорологическое из-во, 1971. - 119 с.
2. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.agroatlas.ru/ru/>
3. Александрова В. Д., Юрковская Т. К. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР [Текст]. – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1989. - 64 с.
4. Андрусенко В. В., Егличева А. В., Прохоров А. А. Итоги и перспективы формирования коллекций Gymnospermae в ботанических садах России. Список таксонов. [Текст]. – Hortus botanicus, 2012.
5. Афонин А.Н., Ли Ю.С., Эколого-географический подход на базе географических информационных технологий в изучении экологии и распространения биологических объектов / BioGIS Journal - 2011-04-03 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.agroatlas.ru/ru/biogis/Quercus2011.pdf>
6. Афонин А. Н., Лунева Н. Н., Ли Ю. С., Коцарева Н.В. Эколого-географический анализ распространения и встречаемости борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в связи со степенью аридности территорий и его картирование для европейской территории России [Текст]. - Экология, №1, 2017. С. 66-69.
7. Афонин А. Н., Севрюков С. Ю., Соловьев П. А., Лунева Н. Н. Веб-ГИС для решения задач эколого-географического анализа и моделирования: новые возможности [Текст]. - СПб. - Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2016. Вып. 4.
8. Афонин А.Н., Соколова Ю.В. Эколого-географический анализ и моделирование распространения биологических объектов с использованием ГИС/ Учебное пособие (Практикум) / [Текст]. - СПб: Изд-во ВВМ, 2018. - 113 с.
9. Булыгин Н. Е., Связева О. А., Фирсов Г. А. Дендрологические фонды садов и парков Ленинграда [Текст]. - Л.: 1991.
10. Булыгин Н. Е., Фирсов Г. А. Итоги интродукции видов голосеменных растений в Санкт-Петербург [Текст]. - СПб.: Растительные ресурсы, вып. 3, 2002.
11. Васильева О. Ю. Проблемы интродукции растений: основные направления исследований [Текст]. - Новосибирск: Научные ведомости, №3 (23), вып. 4, 2006.
12. Волчанская А. В., Фирсов Г. А. Перспективы дальнейшей интродукции древесных растений Красной книги России в Санкт-Петербурге [Текст]. – СПб.: Hortus Botanicus: Международный журнал ботанических садов, вып. 9, 2014.
13. Гагарина Э. И., Матинян Н. Н., Счастливая Л. С., Касаткина Г. А. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России [Текст]. - СПб: Изд-во СПбГУ, 1995.
14. Даринский А. В. География Ленинграда [Текст]. - Л.: Лениздат, 1982.
15. Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. Т. II. Покрытосеменные / Ред. тома С. Я. Соколов [Текст]. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. - 612 с.
16. Егоров А.А., Афонин А.Н., Эколого-географический потенциал ели сизой (*Picea glauca* (Moench) Voss, *Pinaceae*) и возможность ее интродукции в северную Евразию [Текст]. – Журнал общей биологии, 2017. Т. 78. № 1. С. 67-76.

17. Егоров А. А., Орлова Л. В. История интродукции и использование в озеленении лиственниц (*Larix Mill.*) в Санкт-Петербурге [Текст]. – Вестник ИРГСХА. 2011. №44-1. С. 50-57.
18. Егоров А. А., Орлова Л. В., Фирсов Г. А., Бялт В. В. Коллекция хвойных растений Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии [Текст]. – Спб.: Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009. №189. С. 4-13.
19. Егоров А. А., Фирсов Г. А., Фадеева И. В. и др. Проблемы совершенствования современного ассортимента древесных растений в городских зелёных насаждениях Санкт-Петербурга [Текст]. – СПб.: 2011.
20. Железнова-Каминская М. А. Результаты интродукции хвойных экзотов в Ленинграде и его окрестностях [Текст]. - Л.: Труды Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР, сер. 6, вып. 3, 1953.
21. Климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteo.nw.ru/>
22. Лапин П. И., Калуцкий К. К., Калуцкая О. Н. Интродукция лесных пород [Текст]. - М.: Лесная промышленность, 1979.
23. Менжулин Г. В., Павловский А. А. Комплексная методика расчёта и оценки нарушений естественного климатического режима в мегаполисе Санкт-Петербург [Текст]. – СПб.: Ученые записки. №43. 2016. С. 154-173.
24. Меркер В. В. Итоги интродукции древесных растений североамериканской флоры в Челябинской области [Текст]. – Вестник Челяб. гос. ун-та. 2008. № 17 (118). Экология. Природопользование. Вып. 3. С. 104–121.
25. Орлова Л. В., Фирсов Г. А. Хвойные в Санкт-Петербурге [Текст]. – Спб, Росток, 2008. – 336 с.: ил.
26. Орлова Л. В., Фирсов Г. А., Васильев Н. П. и др. Хвойные (*Coniferae*) научно-опытной станции Отрадное Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН [Текст]. - СПб.: Вестник СПбГУ. Сер. 3. 2014. Вып. 2.
27. Орлова Л. В., Фирсов Г. А., Егоров А. А., Неверовский В. Ю. Хвойные Санкт-Петербургской лесотехнической академии (аннотированный каталог) [Текст]. – СПб.: СПбГЛТА, 2011. - 88 с.
28. Проект o-gis. Прототип социальной сети на основе веб-ГИС [Электронный ресурс]. – URL: <http://app.o-gis.org/o-gis/web/app.php/>
29. Санаев И. В. Роль зелёных насаждений в создании оптимальной городской среды [Текст]. – Лесной вестник, вып. 6, 2006.
30. Связева О. А. Деревья и кустарники Ленинграда [Текст]. - Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1983. – 40 с.: ил.
31. Связева О. А. Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В. Л. Комарова [Текст]. –СПб.: Росток, 2005. - 384 с.: ил.
32. Сидоренко А. Д. Гидрогеология СССР, том III, Ленинградская, Псковская и Новгородская области. [Текст]. - Издательство «Недра», Москва, 1967, 423 стр.
33. Скупченко Л. А., Скроцкая О. В., Мифтахова С. А., Пунегов А. Н. Интродукция некоторых древесных видов растений североамериканской флоры в среднетаежной подзоне республики Коми [Текст]. – Сыктывкар, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2015.

34. Соколов С. Я., Связева О. А., Кубли В. А. другие. Ареалы деревьев и кустарников СССР. В трех томах. Т.1 [Текст]. – Л.: Издательство «Наука», Ленингр. отд., 1977.
35. Фалин А.Ю., Ковяка В. М. Результаты экспериментальных работ по выращиванию видов южного происхождения в Ботаническом саду ПетрГУ [Текст]. – СПб.: Hortus botanicus, 2014, №9.
36. Фирсов Г. А., Бялт В. В., Волчанская А. В., Егоров А. А. Использование в озеленении Санкт-Петербурга редких и исчезающих видов дендрофлоры России. [Текст]. - М.: Товарищество научных изданий КМК. 2011.
37. Фирсов Г. А., Егоров А. А., Фадеева И. В. и др. К вопросу об ассортименте древесных растений парков Санкт-Петербурга [Текст]. – СПб.: Hortus botanicus: Международный журнал ботанических садов, 2010.
38. Фирсов. Г. А. Коллекция хвойных Ботанического сада Петра Великого БИН РАН в начале XXI века [Текст]. - СПб: 2016.
39. Фирсов А. Г., Хмарик Г. А. Смещение зон зимней устойчивости древесных растений на северо-западе России в условиях потепления климата [Текст]. – Вестник удмуртского университета, 2016, Т.26, вып. 3.5
40. Флора СССР: в 30 т. / гл. ред. В. Л. Комаров [Текст]. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936, Т. 5.
41. Цинзерлинг Ю. Д. География Растительного покрова Северо-Запада Европейской части СССР [Текст]. – Л.: 1932.
42. Churkina, G., Grote, R., Butler, T.M., Lawrence, M. Natural selection? Picking the right trees for urban greening [Текст]. - Environmental Science & Policy 47, 12-17. 2015.
43. Digital Representations of Tree Species Range Maps from "Atlas of United States Trees" by Elbert L. Little [Электронный ресурс]. URL: <https://archive.usgs.gov/archive/sites/www.usgs.gov/science/cite-view.php-cite=22.html>
44. Global Biodiversity Information Facility (GBIF). База координатных данных по распространению биообъектов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gbif.org>
45. GIS-Lab. Русскоязычный ресурс сообщества специалистов в области ГИС и дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс]. – URL: <http://gis-lab.info/>
46. Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas [Текст]. International Journal of Climatology. V. 25. P. 1965-1978. 2005.
47. Natural Earth Data. Наборы мелкомасштабных географических данных на весь мир [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.naturalearthdata.com/>
48. Nix H. A. A biogeographic analysis of Australian elapid snakes Atlas of elapid snakes of Australia: Australian flora and fauna series 7 (ed. by R. Longmore) [Текст]. - Bureau of Flora and Fauna, Canberra. Pp. 4–15. 1986.
49. The Gymnosperm Database [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.conifers.org/zz/gymnosperms.php>
50. The Plant List – a working list of all plant species [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.theplantlist.org/>
51. The United States Geological Survey (USGS) - a scientific agency of the United States government [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.usgs.gov/>

52. WorldClim - Global Climate Data. Климатические растровые карты на мировую территорию в ГИС формате [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.worldclim.org/>

Приложения

Приложение А

Таблица 3. Результаты эколого-географического анализа и моделирования

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
Семейство <i>Cupressaceae</i>													
1.	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murray) Parl.	+	2-3	1	1882	1874-н.в.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Запад США, горы северной Калифорнии и юго-запада Орегона	А. Ам.
2.	<i>Chamaecyparis obtusa</i> (Siebold & Zucc.) Endl.	+	1-3	1	1879	1949-1977 ?-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония, Тайвань	GBIF
3.	<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl.	+	4	4	1879	С 1950-н.в.	Да, <10%	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
4.	<i>Chamaecyparis thyoides</i> (L.) Britton et al.	-	1	1	До 1916	1960-1964	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Восточное побережье Северной Америки	А. Ам.
5.	<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. ex L. f.) D. Don	+	1-2	1	До 1916	1962-1963	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
6.	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	-	1-2	1	1989	н. д.	Нет	Нет	Да, <25%	Да, <25%	Да, <25%	Центральный и Южный Китай, Вьетнам	GBIF
7.	<i>Cupressus arizonica</i> Greene	-	1-2	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Юго-запад США, Мексика	А. Ам.
8.	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Да	Да, <25%	Юг Европы, запад Азии, Южный берег Крыма, Черноморское побережье Кавказа	GBIF
9.	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	-	н. д.	н. д.	1941	1941-1942	Да, <10%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да, <25%	Мексика, Центральная Америка, юг США	GBIF
10.	<i>Cupressus nootkatensis</i> D. Don	-	4	4	До 1857	1957-1977 ?- н.в.	Да, <25%	Нет	Да, <25%	Да, <25%	Да	Прибрежные зоны, Северо-Запад Северной Америки, Аляска, Британская Колумбия	А. Ам.
11.	<i>Juniperus chinensis</i> L.	+	4	2	До 1916	1988-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Мьянма, Китай, Корея, Япония, Тайвань	GBIF
12.	<i>Juniperus communis</i> L.	+	4-5	2	1907	1961-1980 ?-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	Средняя и Северная Европа, Кавказ, Сибирь, Западная и Центральная	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
												Азия, Северная Африка, Северная Америка	
13.	<i>Juniperus conferta</i> Parl.	+	н. д.	н. д.	н. д.	1996-1998 ?-н.в.	Да, <25%	Нет	Да, <25%	Да	Да	Япония, о. Сахалин	GBIF
14.	<i>Juniperus davurica</i> Pall.	+	4	1	1825-1851	1985-н.в.	Да	Да, <10%	Да	Да	Да	Амурская область, Хабаровский край, Приморский край, Забайкалье, южная часть Якутии, Северная Монголия, Северный Китай	GBIF
15.	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Юго-западная часть Северной Америки	А. Ам.
16.	<i>Juniperus excelsa</i> M.Bieb.	-	1-2	1	До 1916	1958-1971	Нет	Нет	Да	Да	Да	Балканы, Крым, Малая Азия, Кавказ, Среднюю Азию	GBIF
17.	<i>Juniperus foetidissima</i> Willd.	+	4	1	1991	?-2002-н.в.	Да, <10%	Да, <10%	Да	Да	Да, <25%	Юго-Восточная (Албания, Греция, Македония) и Восточная Европа (Крым), Кавказ, Западная Азия, Кипр, Иран, Ливан,	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
												Турция, Центральная Азия - Туркменистан	
18.	<i>Juniperus hemisphaerica</i> (J.Presl & C.Presl)	-	н. д.	н. д.	н. д.	1997	Да, <10%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да, <10%	Крым, Кавказ, Болгария, Турция	GBIF
19.	<i>Juniperus horizontalis</i> Moench	+	4	4	До 1860	1963-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да, <10%	США, Канада	А. Ам.
20.	<i>Juniperus monosperma</i> (Engelm.) Sarg.	-	н. д.	н. д.	н. д.	1988	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <10%	США, Мексика	А. Ам.
21.	<i>Juniperus oblonga</i> M. Bieb.	+	4-5	2	До 1916	1956-2005	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Кавказ, Турция, Северный Иран	GBIF
22.	<i>Juniperus occidentalis</i> Hook.	-	5	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Да, <10%	Да, <10%	Горные районы на западе США	А. Ам.
23.	<i>Juniperus osteosperma</i> (Torr.) Little	-	1-2	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Юго-западная часть США	А. Ам.
24.	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	-	1-3	1	До 1816	1990-1997	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Средиземноморье	GBIF
25.	<i>Juniperus phoenicea</i> L.	-	1-3	1	н. д.	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Средиземноморье	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
26.	<i>Juniperus procumbens</i> (Siebold ex Endl.) Siebold ex Miq.	+	4-5	1	1864	?-2002-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Горы Японии	GBIF
27.	<i>Juniperus pseudosabina</i> Fisch. et Mey.	-	3	1	1825-1851	1997	Нет	Нет	Да	Да	Да	Центральная Азия, Западная и Восточная Сибирь	GBIF
28.	<i>Juniperus pygmaea</i> K. Koch	-	4-5	2	≈1960	1970-1988	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Крым, Кавказ	н. д.
29.	<i>Juniperus rigida</i> Siebold & Zucc.	+	1-3	1	До 1916	1961-1987 ?-н.в.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Приморский край, Сахалин, Камчатка, Китай, Корейский полуостров, Япония	GBIF
30.	<i>Juniperus sabina</i> L.	+	5	2	До 1808	1988-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Юг европейской части России, юг Западной Сибири, Украина, Кавказ, Казахстан, Монголия, Средняя Азия, Китай, горы Западной Европы	GBIF
31.	<i>Juniperus sargentii</i> (A.Henry) Takeda ex Koidz.	+	5	2	1987	1990-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Сахалин, Курильские острова, Китай, Тайвань, Корея	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
32.	<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.	+	4-5	3	До 1916	1963-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Горы запада Северной Америки	А. Ам.
33.	<i>Juniperus semiglobosa</i> Regel	+	3	1	До 1913	1996-2002	Нет	Нет	Да	Да	Да	Средняя Азия	GBIF
34.	<i>Juniperus seravschanica</i> Kom.	-	3-5	1	1960	1986-1996	Да	Да, <10%	Да	Да	Да	Средняя Азия	GBIF
35.	<i>Juniperus sibirica</i> Burgsd.	+	5	2	1816-1824	1940-н. в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Европейская часть России, Сибирь, Курильские о-ва, Северная Корея, Монголия, Турция, Европа	GBIF
36.	<i>Juniperus squamata</i> Buch.-Ham. ex D. Don	-	2-3	1	1846-1860	?-1940-?	Нет	Нет	Да	Да	Да	Афганистан, Китай, Тайвань, Восточные Гималаи	GBIF
37.	<i>Juniperus turkestanica</i> Kom.	-	3-5	1	1953	1953	Да, <25%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да, <25%	Памиро-Алай, Тянь-Шань	GBIF
38.	<i>Juniperus virginiana</i> L.	+	4	2	До 1808	1937-н.в.	Нет	Нет	Да	Да, <25%	Нет	Восток Северной Америки	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
39.	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W. C. Cheng	+	1-3	1	1953	1953-н.в.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Китай, провинции Сычуань и Хубэй	GBIF
40.	<i>Microbiota decussata</i> Kom.	+	4	2	1963	1966-н.в.	Да, <25%	Нет	Да, <25%	Да	Да	Горы Сихотэ-Алинь	GBIF
41.	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	+	2-3	3	1794-1816	1995-н.в.	Нет	Нет	Да	Да	Да, <25%	Горы Восточного и Северо-Восточного Китая, Корея	GBIF
42.	<i>Sequoia sempervirens</i> (D. Don) Endl.	-	1	1	До 1860	1941-1942	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Запад Северной Америки	А. Ам.
43.	<i>Sequoiadendron giganteum</i> (Lindl.) J. Buchholz	-	1-2	1	До 1916	1873	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <25%	Калифорния	А. Ам.
44.	<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	США	А. Ам.
45.	<i>Thuja koraiensis</i> Nakai	+	4-5	4	1973	1993-наст. вр.	Да, <25%	Нет	Да	Да	Да, <25%	Корея, Северо-Восточный Китай	GBIF
46.	<i>Thuja occidentalis</i> L.	+	5	5	До 1973	1796-2005	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Восточная часть Северной Америки	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
47.	<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don	+	4	4	1855-1869	1994-н.в.	Да	Да, <10%	Да	Да	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
48.	<i>Thuja standishii</i> (Gordon) Carrière	+	3-4	4	До 1916	1951-1958 ?-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
49.	<i>Thujopsis dolabrata</i> (Thunb. ex L.f.) Siebold & Zucc.	+	3-4	1	1897	1988-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
Семейство <i>Pinaceae</i>													
50.	<i>Abies alba</i> Mill.	+	3-4	1	1794-1816	1970-н.в.	Да, <25%	Нет	Да	Нет	Нет	Центральная и Южная Европа	GBIF
51.	<i>Abies amabilis</i> Douglas ex J. Forbes	-	1-2	1	До 1916	1996-1997	Да, <25%	Нет	Да	Да, <25%	Да	Северо-западная часть Северной Америки	А. Ам.
52.	<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	+	5	5	1816-1824	1949-2005	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Канада, США	А. Ам.
53.	<i>Abies bracteata</i> (D. Don) A. Poit.	-	1	1	До 1916	1958-1960	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	США, центральное побережье Калифорнии	А. Ам.
54.	<i>Abies cephalonica</i> Loudon	+	1-3	1	До 1916	1987-н.в.	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <10%	Албания, Греция	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
55.	<i>Abies cilicica</i> (Antoine & Kotschy) Carrière	-	2	н. д.	До 1916	1952-1980	Нет	Нет	Да	Да, <25%	Да, <25%	Горы Ливана, Сирии, Турции	GBIF
56.	<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr.	+	4	3	1889	1953-н.в.	Да, <10%	Да, <10%	Да	Да, <10%	Да	Горы юго-западной части США, северная Мексика	А. Ам.
57.	<i>Abies delavayi</i> Franch.	-	н. д.	н. д.	1958	1958-1960	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Юго-западная часть Китая, юго-восточный Тибет, Индия, Мьянма, Вьетнам	GBIF
58.	<i>Abies fargesii</i> Franch.	-	н. д.	н. д.	1958	1958-1971	Нет	Нет	Да, <25%	Да, <25%	Да, <25%	Центральный Китай	GBIF
59.	<i>Abies firma</i> Siebold et Zucc.	-	1-3	1	До 1916	1994-?	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
60.	<i>Abies forrestii</i> Coltm. - Rog.	-	н. д.	н. д.	1949	1949-1960	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Горы юго-западного Китая	GBIF
61.	<i>Abies fraseri</i> (Pursh) Poir.	+	4-5	4	1825-1851	1949-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Нет	Нет	Юго-восток США	А. Ам.
62.	<i>Abies gracilis</i> Kom.	+	5	1	1986	1986-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	П-ов Камчатка	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
63.	<i>Abies grandis</i> (Douglas ex D. Don) Lindl.	+	2-3	1	До 1916	1958-1982 ?-н.в.	Да, <25%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
64.	<i>Abies holophylla</i> Maxim.	+	4-5	4	1901	1936-н.в.	Да, <25%	Нет	Да	Да, <25%	Да, <25%	Приморский Край, северо-восток Китая, полуостров Корея	GBIF
65.	<i>Abies homolepis</i> Siebold & Zucc.	-	1-2	1	1892	1892-1940-?	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
66.	<i>Abies koreana</i> E. H. Wilson	+	5	4	1951	1951-н.в.	Нет	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <10%	Южные горные районы Корейского полуострова	GBIF
67.	<i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt.	+	4-5	3	1890	1951-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
68.	<i>Abies magnifica</i> A. Murray	-	1-2	1	1886	1886-1923	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <10%	Запад США	А. Ам.
69.	<i>Abies mariesii</i> Mast.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
70.	<i>Abies nephrolepis</i> (Trautv. ex Maxim.) Maxim.	+	5	5	До 1916	1975-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Дальний Восток, Китай, Корейский полуостров	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
71.	<i>Abies nordmanniana</i> (Steven) Spach	+	1-3	1	1855-1896	1948-н.в.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Кавказ, Турция	GBIF
72.	<i>Abies numidica</i> de Lannoy ex Carrière	-	1	1	1887	1887-1889	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Алжир	GBIF
73.	<i>Abies pinsapo</i> Boiss.		1-2	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Испания	GBIF
74.	<i>Abies procera</i> Rehder	-	2	1	До 1916	1990-1994	Нет	Нет	Да	Нет	Да	Запад Северной Америки	А. Ам.
75.	<i>Abies recurvata</i> Mast.	-	н. д.	н. д.	1958	1958-1960	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Китай	GBIF
76.	<i>Abies sachalinensis</i> (F. Schmidt) Mast.	+	5	1	1895	1962-н.в.	Да, <25%	Нет	Да, <25%	Да	Да	О. Сахалин, Курильские острова, Япония	GBIF
77.	<i>Abies semenovii</i> B. Fedtsch.	+	5	3	1949	1949-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Средняя Азия, Киргизия	GBIF
78.	<i>Abies sibirica</i> Ledeb	+	5	5	≈1704	До 1824-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Северо-восток европейской части России, Сибирь, Казахстан, Монголия	Агр. А.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
79.	<i>Abies spectabilis</i> (D. Don) Mirb.	-	1	1	1887-1889	1887-1889	Да	Нет	Да	Да	Да	Афганистан, Пакистан, Индия, Непал, Тибет	GBIF
80.	<i>Abies veitchii</i> Lindl.	+	4-5	4	1895	1954-н.в.	Да, <10%	Нет	Нет	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
81.	<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Марокко, Алжир	GBIF
82.	<i>Cedrus deodara</i> (Roxb.) G. Don	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Афганистан, Пакистан, Индия, Непал	GBIF
83.	<i>Cedrus libani</i> A. Rich.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Горы Ливана	GBIF
84.	<i>Larix archangelica</i> Laws.	+	5	5	1738	До 1820-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Европейская часть России, Урал, юго-запад Западной Сибири	Агр. А.
85.	<i>Larix cajanderi</i> Mayr	+	5	4	1914	?-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Восточная Сибирь, Дальний Восток	GBIF
86.	<i>Larix czekanowskii</i> Szafer	+	5	5	≈1830	1915-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Средняя Сибирь	GBIF
87.	<i>Larix decidua</i> Mill.	+	5	5	1816-1824	1833-н.в.	Да, <25%	Нет	Да	Да	Да	Горы Европы: Альпы, Карпаты	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
88.	<i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Kuzen.	+	5	5	1825	До 1825-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Восточная Сибирь, Дальний Восток, Монголия, Китай, Корея	Агр. А.
89.	<i>Larix griffithii</i> Hook. f.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Гималаи, юго-западная часть Китая, Мьянма	GBIF
90.	<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière	+	5	5	1887	1963-н.в.	Да, <25%	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
91.	<i>Larix kamtschatica</i> (Rupr.) Carrière	+	5	5	1898	До 1920-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	О. Сахалин, Курильские острова	GBIF
92.	<i>Larix laricina</i> K. Koch	+	5	4	1816-1824	До 1820-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	США, Канада	А. Ам.
93.	<i>Larix</i> × <i>lubarskii</i> Sukaczew	+	5	4	1935	До 1975-н.в.	Да, <25%	Нет	Да	Да	Да	Приморский край, Северо-Восточный Китай	GBIF
94.	<i>Larix maritima</i> Sukaczew	+	4-5	4	1924	1965-1995 ?-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Хабаровский край, Приморский край, о. Сахалин	GBIF
95.	<i>Larix occidentalis</i> Nutt.	+	4-5	4	До 1916	1975-н.в.	Да, <25%	Да, <25%	Да	Да, <25%	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
96.	<i>Larix olgensis</i> A. Henry	+	5	4	1934	1975-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Горы Сихотэ-Алинь, Корейский полуостров, Северо-Восточный Китай	GBIF
97.	<i>Larix polonica</i> Racib.	-	5	4	1934	1994-н.в.	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <25%	Карпаты	GBIF
98.	<i>Larix potaninii</i> Batalin	-	н. д.	н. д.	1956	1996-1997	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Непал, Китай	GBIF
99.	<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	+	5	5	1738	До 1820-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Россия, Казахстан, Монголия, Китай	Агр. А.
100.	<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	+	5	1	До 1714	До 1714-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	Европа, Северо-Запад России	Агр. А.
101.	<i>Picea alcoquiana</i> (H. J. Veitch ex Lindl.) Carrière	-	3-5	1	≈1900	1965-1970	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
102.	<i>Picea asperata</i> Mast.	+	5	4	1954	1956-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Горы Западного Китая	GBIF
103.	<i>Picea brachytyla</i> E. Pritzell	-	5	4	1958-1961	1958-1964	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Китай, Мьянма, Индия	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
104.	<i>Picea breweriana</i> S. Watson	+	2-3	1	До 1916	1973-н.в.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	США	А. Ам.
105.	<i>Picea engelmannii</i> (Parry) Engelm.	+	5	4	1878	1949-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
106.	<i>Picea</i> × <i>fennica</i> (Regel) Kom.	+	5	4	До 1855	?-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	Северная часть Восточной Европы, Скандинавия	GBIF
107.	<i>Picea gemmata</i> Rehder & E. H. Wilson (<i>Picea retroflexa</i> Mast.)	+	5	4	1957	1958-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Горы Китая	GBIF
108.	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	+	5	5	1794-1816	1833-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	США, Канада	А. Ам.
109.	<i>Picea glehnii</i> (F. Schmidt) Mast.	+	4-5	3	До 1916	1956-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Япония, о. Сахалин, Курильские острова	GBIF
110.	<i>Picea jezoensis</i> (Siebold & Zucc.) Carrière	+	4-5	4	1825-1851	1891-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Дальний Восток, Китай, Корея, Япония	GBIF
111.	<i>Picea koraiensis</i> Nakai	+	5	4	1957	1978-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Дальний Восток, Корейский полуостров, Северо-Восточный Китай	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
112.	<i>Picea koyamae</i> Shiras.	+	3-4	3	1956-1959	1956-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
113.	<i>Picea likiangensis</i> (Franch.) E. Pritz.	+	5	3	1958	1958-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Западный Китай	GBIF
114.	<i>Picea</i> × <i>lutzii</i> Little	+	н. д.	н. д.	н. д.	2000-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Аляска	GBIF
115.	<i>Picea mariana</i> Mill., Britton, Sterns & Poggenburg	+	5	4	1833	1956-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	США, Канада	А. Ам.
116.	<i>Picea maximowiczii</i> Regel ex Mast.	+	5	1	До 1891	1892-1898 ?-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
117.	<i>Picea meyeri</i> Rehder et E. H. Wilson	+	н. д.	н. д.	н. д.	?-н.в.	Нет	Нет	Да	Да	Да, <25%	Северный Китай	GBIF
118.	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	+	5	5	До 1857	До 1852-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	Европейская часть России, Сибирь, Скандинавия, Казахстан, Северная Монголия, Китай	GBIF
119.	<i>Picea omorika</i> (Pančić) Purk.	+	5	4	1896	1954-н.в.	Да, <25%	Нет	Да	Да, <10%	Да, <10%	Южная Европа, Балканы	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
120.	<i>Picea orientalis</i> (L.) Peterm.	+	1-3	1	До 1793	1981-н.в.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Кавказ, Турция	GBIF
121.	<i>Picea pungens</i> Engelm	+	5	5	До 1869	1864-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
122.	<i>Picea rubens</i> Sarg.	+	3-5	4	1833	1975-н.в.	Нет	Нет	Да, <25%	Да	Да	Восточная часть Северной Америки	А. Ам.
123.	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. & C. A. Mey.	+	3-4	1	1825-1851	1953-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Центральная Азия	GBIF
124.	<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière	+	4-5	3	1876	1956-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
125.	<i>Picea smithiana</i> (Wall.) Boiss.	-	1	1	1896	1892-1893	Нет	Нет	Да	Да	Да	Афганистан, Пакистан, Индия, Тибет, Непал	GBIF
126.	<i>Picea torano</i> (Siebold ex K. Koch) Koehne (<i>Picea polita</i> (Siebold & Zucc.) Carrière)	-	1-2	1	1900	н. д.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
127.	<i>Picea wilsonii</i> Masters	-	н. д.	н. д.	1958	1958-1977	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Китай	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
128.	<i>Pinus albicaulis</i> Greville & Balfour	-	1-3	1	1948-1949	1948-1974	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
129.	<i>Pinus aristata</i> Engelm.	-	3-5	1	1910	н. д.	Да, <25%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да	США	А. Ам.
130.	<i>Pinus armandii</i> Franch.	-	3	1	1959	1987-2001	Нет	Нет	Да	Да	Да	Китай, Тайвань, Мьянма	GBIF
131.	<i>Pinus attenuata</i> Lemmon	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Мексика, США	А. Ам.
132.	<i>Pinus balfouriana</i> Greville & Balfour	-	2-3	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <25%	Калифорния	А. Ам.
133.	<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	+	5	4	1825-1851	1963-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	США, Канада	А. Ам.
134.	<i>Pinus bungeana</i> Zucc. ex Endl.	-	1-2	1	1956	1989-1991	Нет	Нет	Да	Да	Да	Китай	GBIF
135.	<i>Pinus canariensis</i> C. Sm.	-	1	1	≈1956	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Канарские острова	GBIF
136.	<i>Pinus cembra</i> L.	+	5	5	1887	1958-н.в.	Да, <25%	Да, <25%	Да, <25%	Да	Да	Горы Средней Европы	GBIF
137.	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	-	1-3	1	До 1916	1949-1958	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	США, Мексика	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
138.	<i>Pinus contorta</i> Douglas ex Loudon	+	5	4	1881	1956-н.в.	Да	Да	Да	Да	Да	США, Канада	А. Ам.
139.	<i>Pinus coulteri</i> D. Don	-	1	1	До 1916	1990-?	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	США, Мексика	А. Ам.
140.	<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zucc.	+	2-3	1	До 1916	1997-н.в.	Нет	Нет	Да	Да, <25%	Да, <25%	Приморский край, Корейский полуостров, Япония	GBIF
141.	<i>Pinus echinata</i> Mill.	-	1	1	До 1916	1968	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Юго-восточная часть Северной Америки	А. Ам.
142.	<i>Pinus edulis</i> Engelm.	-	1	1	До 1916	1949-1956	Нет	Нет	Да	Да, <10%	Да, <10%	США	А. Ам.
143.	<i>Pinus eldarica</i> Medw.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Азербайджан	GBIF
144.	<i>Pinus flexilis</i> E. James	-	3-4	4	1908	1948-1992	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
145.	<i>Pinus friesiana</i> Wich.	+	5	4	1937	?-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Север Европейской части России, северная Скандинавия	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
146.	<i>Pinus × funebris</i> Kom.	+	3	1	1956	1979-1997 ?-н.в.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Дальний Восток, Северо-Восточный Китай, Северная Корея	GBIF
147.	<i>Pinus gerardiana</i> Wallich ex D. Don	-	1-2	1	До 1891	1892-1898	Нет	Нет	Да	Да	Да, <25%	Гималаи, Афганистан, Пакистан, Индия	GBIF
148.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	-	1	1	До 1916	1956-1958	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Средиземноморье	GBIF
149.	<i>Pinus heldreichii</i> Christ	-	1-2	1	1957-1959	1957-1969	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <25%	Балканский полуостров, южная Италия	GBIF
150.	<i>Pinus jeffreyi</i> A. Murray bis et al.	-	1-2	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
151.	<i>Pinus kesiya</i> Royle ex Gordon	-	н. д.	н. д.	1938	1938-1940	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Гималаи, Индия, Мьянма, Таиланд, Камбоджа, Лаос, Вьетнам	GBIF
152.	<i>Pinus kochiana</i> Klotzsch ex K. Koch (<i>Pinus sosnowskyi</i> Nakai)	+	5	3	До 1916	1949-н.в.	Да, <10%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да, <10%	Турция, Иран	GBIF
153.	<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.	+	5	5	До 1869	До 1939-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Дальний Восток, Китай, Корея, Япония	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
154.	<i>Pinus lambertiana</i> Douglas	-	1-2	1	1970	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <10%	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
155.	<i>Pinus massoniana</i> Lamb.	-	1-3	1	До 1869	1956-1967	Нет	Нет	Да	Да	Да	Китай, Тайвань	GBIF
156.	<i>Pinus monophylla</i> Torr. & Frém.	-	1-2	1	1970	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <10%	США, Мексика	А. Ам.
157.	<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	-	1-2	1	1959	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Западные районы Северной Америки, Гватемала	А. Ам.
158.	<i>Pinus monticola</i> Douglas ex D. Don	+	4-5	4	1908	1957-н.в.	Да, <25%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
159.	<i>Pinus mugo</i> Turra	+	5	4	1794-1816	1947- н.в.	Да, <10%	Нет	Да, <25%	Да, <25%	Да	Горы Центральной и Южной Европы	GBIF
160.	<i>Pinus muricata</i> D. Don	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Мексика, США	А. Ам.
161.	<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold	+	5	1	До 1850	1949-н.в.	Да, <10%	Нет	Да	Да, <25%	Да	Альпы, Балканский полуостров, Карпаты	GBIF
162.	<i>Pinus pallasiana</i> Lamb.	+	1-4	1	До 1860	1955-н.в.	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <25%	Крым, Кавказ, Балканский полуостров, о-ва	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
												Крит и Кипр, запад Малой Азии	
163.	<i>Pinus parviflora</i> Siebold & Zucc.	+	4	1	До 1916	1960-1969 ?-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Курильские острова, Япония, Корея	GBIF
164.	<i>Pinus peuce</i> Griseb.	+	5	4	1883	1915-н.в.	Да, <25%	Нет	Да	Нет	Нет	Балканский полуостров	GBIF
165.	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	-	1	1	До 1916	1948-1951	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Средиземноморье, Алжир, Тунис. Марокко	GBIF
166.	<i>Pinus pinea</i> L.	-	1	1	1794-1816	1956-1958	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Средиземноморье	GBIF
167.	<i>Pinus pityusa</i> Steven	-	1	1	1949	н. д.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Черноморское побережье, Кавказ	GBIF
168.	<i>Pinus ponderosa</i> P. Lawson & C. Lawson	+	4	1	1892	2002-н.в.	Да, <10%	Да, <10%	Да	Да, <10%	Да, <25%	Западная часть Северной Америки	GBIF
169.	<i>Pinus pumila</i> (Pall.) Regel	+	5	5	1833	1948-н.в.	Да	Нет	Да	Да	Да	Восточная Сибирь, Дальний Восток, Северная	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
												Монголия. Северо-Восточный Китай, Корея, Япония	
170.	<i>Pinus pungens</i> Lamb.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Аппалачи, США, Канада	А. Ам.
171.	<i>Pinus radiata</i> D. Don	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Калифорния	А. Ам.
172.	<i>Pinus resinosa</i> Sol. ex Aiton	+	5	1	1878	1948-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Восток Северной Америки, Канада, США	А. Ам.
173.	<i>Pinus rigida</i> Mill.	-	1-3	1	1816-1824	1949-?	Нет	Нет	Да	Да, <10%	Нет	Северная Америка	А. Ам.
174.	<i>Pinus roxburghii</i> Sarg.	-	1-3	1	1816-1824	1892-1898	Нет	Нет	Да	Да	Да	Афганистан, Пакистан, Индия, Непал, Бутан, Мьянма	GBIF
175.	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas in Lamb.	-	1-2	1	1956-1970	1956-1958	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Калифорния	А. Ам.
176.	<i>Pinus serotina</i> Michx.	-	н. д.	н. д.	1892	1892-1893	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Юго-восток США	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
177.	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	+	5	5	≈1704	1852-н.в.	Да	Да, <10%	Да	Да	Да	Северо-восток европейской части России, Урал, Сибирь, Алтай, Северная Монголия	Агр. А.
178.	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	-	1	1	До 1916	н. д.	Да, <25%	Да, <10%	Да	Да	Да	США, Мексика	А. Ам.
179.	<i>Pinus strobus</i> L.	+	5	5	1892	1892-1898 ?-н.в.	Нет	Нет	Да	Нет	Да, <10%	Северо-восток Северной Америки	А. Ам.
180.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	+	5	1	1796	1796-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Европейская часть России, Сибирь, Дальний Восток, Западная Европа, Украина, Беларусь, Прибалтика, Казахстан, Северная Монголия	Агр. А.
181.	<i>Pinus tabuliformis</i> Carrière	+	1-3	1	1956	1979-1988 ?-н.в.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Китай	GBIF
182.	<i>Pinus taeda</i> L.	-	1-2	1	До 1891	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Юго-восток США	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
183.	<i>Pinus thunbergii</i> Parl.	-	1-2	1	До 1916	1997	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония, Южная Корея	GBIF
184.	<i>Pinus torreyana</i> Parry ex Carrière	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Калифорния	А. Ам.
185.	<i>Pinus uncinata</i> Ramond ex DC.	+	5	1	1825-1851	1956-н.в.	Да, <10%	Нет	Да	Да	Да	Горы Западной Европы	GBIF
186.	<i>Pinus virginiana</i> Mill.	-	1-4	4	1794-1851	1958-1980-?	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Восточная часть Северной Америки	А. Ам.
187.	<i>Pinus wallichiana</i> A. B. Jacks.	+	5	3	До 1869	1983-1997 ?-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Восточная Азия: Гималаи, Афганистан, Китай, северо-восточная Индия	GBIF
188.	<i>Pinus yunnanensis</i> Franch.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да	Да	Да	Китай	GBIF
189.	<i>Pseudolarix amabilis</i> (Nelson) Rehder	-	1	1	До 1916	1987-1988	Нет	Нет	Да	Да	Да	Китай	GBIF
190.	<i>Pseudotsuga macrocarpa</i> (Vasey) Mayr	-	2-4	1	1969	н. д.	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Юг Калифорнии	А. Ам.

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
191.	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	+	4-5	5	1880	1881-2005	Да	Да	Да	Да	Да	Запад Северной Америки	А. Ам.
192.	<i>Sciadopitys verticillata</i> (Thunb.) Siebold & Zucc.	-	1	1	До 1916	н. д.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
193.	<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carrière	+	4	4	1905	1956-н.в.	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Восток Северной Америки	А. Ам.
194.	<i>Tsuga caroliniana</i> Engelm.	+	4	1	1991	1994-н.в.	Нет	Нет	Да, <25%	Нет	Нет	Восток Северной Америки	А. Ам.
195.	<i>Tsuga diversifolia</i> (Maxim.) Mast.	-	2	1	До 1916	1993-1997	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF
196.	<i>Tsuga dumosa</i> (D. Don) Eichler	-	н. д.	н. д.	н. д.	1892-1893	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	Гималаи, Непал, Индия, Бутан, Вьетнам, Китай	GBIF
197.	<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.	-	н. д.	н. д.	н. д.	?-1980-1997	Да, <25%	Да, <10%	Да	Да	Да	Запад Северной Америки	А. Ам.
198.	<i>Tsuga mertensiana</i> (Bong.) Carrière	-	2	1	До 1916	1920	Да	Нет	Да	Да	Да	Горы запада Северной Америки	А. Ам.
199.	<i>Tsuga sieboldii</i> Carrière	-	1-2	1	До 1916	1965-1970	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по 1 января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
Семейство <i>Taxaceae</i>													
200.	<i>Cephalotaxus harringtonii</i> "Fas-tigiata"	-	3	1	1993	1997-н.в.	Нет	Нет	Да, <25%	Да, <25%	Да, <25%	Горные районы Централь-но-Южного Китая, Япония	GBIF
201.	<i>Taxus baccata</i> L.	+	3-4	4	≈1704	До 1935-н.в.	Да, <25%	Да, <25%	Да	Да, <25%	Да	Западная Европа, Крым, Кавказ, Малая Азия, Северная Африка, Азорские острова	Агр. А.
202.	<i>Taxus brevifolia</i> Nutt.	+	3-4	4	1903	1988-1991 ?-н.в.	Да, <25%	Да, <10%	Да	Да, <25%	Да	Западная часть Северной Америки	А. Ам.
203.	<i>Taxus canadensis</i> Marshall	+	4-5	4	1885	1959-2005	Да	Да, <25%	Да	Да	Да	США, Канада	А. Ам.
204.	<i>Taxus cuspidata</i> Siebold et Zucc. ex Endl.	+	5	4	До 1916	До 1920-н.в.	Да, <25%	Нет	Да	Да	Да	Приморский край, Хабаровский край, Сахалин, Курильские острова, северо-восточный Китай, Корея, Япония	GBIF

№	Вид растения	Наличие в настоящее время ^{1,3}	Зимостойкость, балл ²	Репродуктивная способность, балл ²	Введение в культуру, гг. ^{1,2}	Последние испытания, гг. ^{1,2}	Ареал входит в					Ареал ⁴	Источник цифровой карты ареала
							р. д.	р. а.	р. д. по ГТК	р. д. по Т января	р. д. по $\Sigma T \geq 0^\circ$		
205.	<i>Torreya nucifera</i> Siebold et Zucc.	+	3-4	1	1997	1999-н.в.	Нет	Нет	Да, <10%	Да, <25%	Да, <25%	Япония, Южная Корея	GBIF

1 – Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В. Л. Комарова (Связева О. А., 2005);

2 – Итоги интродукции видов голосеменных растений в Санкт-Петербург (Булыгин Н. Е., Фирсов Г. А., 2002);

3 – Хвойные в Санкт-Петербурге (Орлова Л. В., Фирсов Г. А., 2008);

4 – Ареалы деревьев и кустарников СССР, т.1 (Соколов С. Я. и др., 1977); Флора СССР, т.1 (Комаров В. Л., 1934).

Источники цифровых карт ареала:

А. Ам. – Атлас деревьев Соединенных Штатов Америки (Little, 1971, URL: <https://archive.usgs.gov/archive/sites/www.usgs.gov/science/cite-view.php-cite=22.html>);

Агр. А. – Агроэкологический атлас России и сопредельных стран (Афонин и др., 2008, URL: <http://www.agroatlas.ru/ru/>);

GBIF - база координатных данных по распространению биообъектов (Global Biodiversity Information Facility, URL: <http://www.gbif.org/occurrence>).