

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Ордена Трудового Красного Знамени
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

На правах рукописи



Сахно Татьяна Михайловна

**МОРФОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PINUS* L. В
ПАРКОВЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА**

03.02.01 – ботаника

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАН

Плугатарь Юрий Владимирович

Ялта – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ 1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>PINUS</i> L. (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)	11
1.1 Филогенез, систематическое положение, видовое разнообразие и особенности распространения видов рода <i>Pinus</i> L.	11
1.2 История интродукции и современное состояние североамериканских представителей рода <i>Pinus</i> L. на Южном берегу Крыма	20
1.3 Биологические особенности и практическое значение североамериканских видов <i>P. radiata</i> D.Don, <i>P. sabiniana</i> Douglas и <i>P. coulteri</i> D.Don.	23
РАЗДЕЛ 2 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА	34
2.1 Орография и геоморфология	34
2.2 Почвенно-климатические условия	35
РАЗДЕЛ 3 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	45
3.1 Объекты исследования	45
3.2 Методы исследования	46
РАЗДЕЛ 4 ОСОБЕННОСТИ РОСТА СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА <i>PINUS</i> L., ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ И НАКОПЛЕНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА	56
4.1 Дендрометрическая характеристика и жизненное состояние	56
4.2 Динамика роста побегов	57
4.3 Морфолого-анатомические особенности хвои	62
4.4 Компонентный состав эфирного масла североамериканских видов рода <i>Pinus</i> L. в условиях Южного берега Крыма	73
РАЗДЕЛ 5 МОРФОЛОГИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН, КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ И СЕМЯН	

СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА <i>PINUS</i> L. В УСЛОВИЯХ ПАРКОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ	84
5.1 Фенология пыления	84
5.2 Морфология пыльцы	89
5.3 Аномалии формы и размера пыльцы	92
5.4 Показатели жизнеспособности пыльцы	96
5.5 Биоморфология шишек и качество семян	100
РАЗДЕЛ 6 ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ВРЕДИТЕЛЯМИ И БОЛЕЗНЯМИ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ <i>PINUS</i> L.	106
6.1 Вредители	106
6.2 Фитопатогены	114
РАЗДЕЛ 7 ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА <i>PINUS</i> L. В САДОВО-ПАРКОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА	119
7.1 Оценка успешности интродукции изучаемых видов в условиях ЮБК	119
7.2 Декоративно-эстетические качества и перспективы использования <i>P. radiata</i> , <i>P. sabiniana</i> и <i>P. coulteri</i> в парковых фитоценозах ЮБК	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	128
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	131
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	133
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	135
ПРИЛОЖЕНИЯ	171

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Изучение биологических характеристик древесных растений в условиях интродукции имеет важное значение в связи с решением практических задач экологической оптимизации парковых фитоценозов и антропогенно трансформированных ландшафтов, улучшения социально-экологических условий, повышения качества жизни (Дюкова, 2012; Стратегия ..., 2018). Особую актуальность эта проблема приобретает в южных регионах нашей страны, где курортно-рекреационная деятельность является ведущей отраслью экономического развития (Лапин и др., 1997; Стратегия ботанических..., 2003; Найденова, 2007). Расширение видового разнообразия с учетом повышения декоративно-эстетических характеристик ассортимента интродуцированных растений должны обеспечить улучшение структуры и качества зеленых насаждений, включая парковые сообщества, а также создать долговечные экологически устойчивые элементы ландшафтного фитодизайна (Малеев, 1933; Соколов, 1957; Цицин 1968; Титок, Володько, 2012).

Видовое разнообразие, высокие декоративно-эстетические качества (Истратова, 1976), способность произрастать в достаточно контрастных условиях среды (Ярославцев, 1973; Карпун, 2004) во всем мире обуславливают интерес к видам рода *Pinus* L. с целью использования в различных направлениях лесоводства, лесомелиорации, паркового и городского зеленого строительства.

В первые 125 лет существования Никитского ботанического сада (1812-1937 гг.) было введено в культуру 63 вида сосен из различных флоро-географических областей Земли, большая часть которых представлена растениями из Северной Америки (Забелин, 1939). Однако, на сегодняшний день данные виды, в силу ограниченных представлений в области их биологических особенностей, не получили широкого распространения.

Для Южного берега Крыма (ЮБК), как влагодефицитного региона (Парубец, 2009), характерны процессы деградации, как естественных, так и искусственных растительных сообществ, поэтому приоритетное значение имеет

поиск новых видов и расширение возможностей использования ранее интродуцированных таксонов хвойных растений, среди которых особого внимания заслуживают представители североамериканских видов рода *Pinus*, как наименее изученные.

Степень разработанности темы. Анализ литературных данных показал, что наиболее глубоко изучением вопросов биологических особенностей североамериканских видов рода *Pinus* занимались зарубежные ученые D. Culross (1950); E. Little (1980); R. Kral (1993); A. Farjon (1998); J. Perry, R. Thompson, K. Anderson, P. Bartlein (1999); R. Richardson, H. Bannister, G. Neuner (2001). В РФ проводятся подобные исследования североамериканских видов *Pinus* в дендрарии Горнотаежной станции ДВО РАН (Репин, 1998, 2013, 2015), Ботаническом саду-институте Уфимского НЦ РАН (Путенихин, Мкртчян, 2013; Мкртчян, 2014). В Никитском ботаническом саду большой вклад в изучение рода *Pinus* внесли: Н.А. Гартвис (1855), И.А. Забелин (1956-1959), Ю.К. Подгорный (1977, 1982), Г.Д. Ярославцев (1973).

В настоящее время крайне ограничены данные о текущем состоянии, видовом разнообразии, территориальном распределении и биологических характеристиках североамериканских представителей рода *Pinus* на ЮБК, что и обуславливает актуальность настоящих исследований.

Цель работы – на основе изучения биологических показателей выявить особенности роста и репродукции, оценить реализацию интродукционного потенциала североамериканских видов рода *Pinus* L. в условиях Южного берега Крыма, разработать рекомендации по повышению эффективности их использования в садово-парковом строительстве.

Объекты исследования – североамериканские виды рода *Pinus* L.: сосна лучистая (*P. radiata* D.Don), сосна Сабина (*P. sabiniana* Douglas) и сосна Кальтуса (*P. coulteri* D.Don).

Основные задачи исследования:

- Изучить дендрометрические показатели и дать характеристику жизненного состояния североамериканских видов рода *Pinus* в парковых сообществах ЮБК.
- Провести анализ динамики морфологических признаков вегетативных органов североамериканских видов рода *Pinus* в условиях ЮБК.
- Изучить морфолого-анатомические и некоторые биохимические особенности хвои исследуемых видов.
- Изучить фенологию пыления, динамику биометрических показателей репродуктивных структур, оценить жизнеспособность пыльцы и семян.
- Оценить степень повреждения вредителями и болезнями растений в условиях ЮБК.
- Дать оценку успешности интродукции и степени акклиматизации североамериканских видов *Pinus* на ЮБК.

Научная новизна. С использованием методов дендрометрии и оценки состояния древесных растений определены факторы, лимитирующие рост и развитие растений североамериканских видов рода *Pinus* при культивировании на ЮБК. Впервые проведена оценка динамики биометрических характеристик вегетативных органов североамериканских видов в связи с особенностями природно-климатических условий ЮБК. Выявлены факторы, определяющие уровень годичного прироста побегов (количество осадков предшествующего года) и интенсивность формирования хвои (сумма активных температур $> 10^{\circ}\text{C}$, количество осадков первой половины вегетативного периода) *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*. Исследована и описана анатомия хвои, определено количество устьиц, слоев гиподермы, мезофилла и смоляных каналов. Выявлена видовая специфика количественного содержания эфирного масла в хвое североамериканских видов и его качественные характеристики (компонентный состав, органолептическая оценка) при интродукции в условиях ЮБК. Определен уровень хронологического варьирования процесса пыления в связи с действием температурного фактора. Установлен диапазон суммы активных температур

начала лета пыльцы. Выявлено влияние температурного режима весеннего периода на качественные характеристики пыльцы. Проведена оценка результативности процессов репродукции, установлено, что *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в условиях ЮБК формируют жизнеспособные семена. Выявлена специфика повреждения вредителями и болезнями изучаемых видов в парковых фитоценозах. Оценка степени акклиматизации и успешности интродукции позволила отнести данные виды к группе перспективных растений в условиях ЮБК.

Теоретическая и практическая значимость работы. Определены основные биологические характеристики североамериканских видов рода *Pinus* в условиях ЮБК. Проведен анализ распространения североамериканских видов рода *Pinus* в садово-парковых сообществах ЮБК. Изучение изменчивости вегетативных органов позволило выделить факторы, лимитирующие рост *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в условиях ЮБК. Результаты сравнительного анализа морфо-анатомических структур хвои североамериканских и аборигенных видов рода *Pinus* расширяют представления в области развития процессов морфогенетической адаптации при интродукции представителей данного рода. Показатели динамики компонентного состава эфирного масла предложено использовать в качестве системного теста экологической пластичности *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*. Хронологические ряды фенологических спектров фазы пыления, количественные показатели морфо-биометрических признаков и особенностей прорастания пыльцы североамериканских видов сосен могут быть использованы при проведении селекционных работ по расширению формового разнообразия, улучшению декоративных характеристик представителей рода *Pinus*. Результаты изучения специфики и уровня повреждения вредителями и болезнями позволят определить основные направления формирования методических подходов совершенствования системы профилактики, предупреждения и ограничения негативного воздействия энтомофауны и фитопатогенных организмов на североамериканские виды сосен в садово-парковых сообществах ЮБК.

Положения, выносимые на защиту:

1. Североамериканские виды рода *Pinus* L. (*P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*) характеризуются высокими показателями роста и устойчивости к неблагоприятным факторам, приближаясь по этим признакам к представителям аборигенной флоры (*P. pallasiana* D.Don).

2. Наиболее заметное влияние на процессы роста и развития североамериканских представителей рода *Pinus* в условиях ЮБК оказывают температурный режим (сумма активных температур) и количество осадков.

3. По биологическим характеристикам и декоративно-эстетическим качествам *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* входят в группу перспективных растений для культивирования в условиях ЮБК и формирования объектов озеленения городов и садово-паркового строительства.

Методология и методы исследований. Работа выполнена в полевых и лабораторных условиях с использованием общепринятых методик в дендрометрических, фенологических, анатомо-морфологических, биохимических, цитологических исследованиях. Обработку экспериментальных данных проводили на основе математических и статистических методов с применением программного обеспечения Microsoft Office (Microsoft Excel 2010).

Личный вклад соискателя. Программа исследований и подготовка материалов к публикации выполнена совместно с научным руководителем доктором сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАН Ю.В. Плугатарём. В диссертационной работе отражены результаты самостоятельных исследований соискателя. Автором сформирована база данных имеющейся отечественной и зарубежной литературы по тематике исследований, позволяющая оценить и проанализировать мировой опыт в данной области. Диссертант планировал и проводил полевые и лабораторные исследования, обобщал результаты экспериментальной работы и на основе этого формировал выводы. При подготовке научных статей, написанных в соавторстве, использовались материалы без нарушения прав соавторов.

Степень достоверности. Достоверность данных, полученных в результате проведенных исследований, обеспечена продолжительными комплексными исследованиями, репрезентативностью и большим объемом фактического материала, а также использованием статистических методов при математической обработке экспериментальных данных.

Апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на заседаниях отдела дендрологии, цветоводства и ландшафтной архитектуры и Ученого совета Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН, а также были представлены на 8 международных научных конференциях, проводимых в России и за рубежом: Международной научной конференции, посвященной 85-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси «Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира» (6-8 июня, 2017 г., Минск); Международной научно-практической конференции «Коняевские чтения» (13-15 декабря 2017 г., Екатеринбург); XIX Международной научной конференции с элементами научной школы молодых ученых, посвященной 75-летию со дня рождения д.б.н., Заслуженного деятеля науки РФ, академика Российской экологической академии, профессора Гайирбега Магомедовича Абдурахманова «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России» (4-7 ноября 2017 г. и 6-8 ноября 2018 г., Махачкала); конференции с Международным участием «Современные проблемы биоморфологии» (3-9 октября 2017 г., Владивосток); VIII Международной научно-практической конференции «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиологобиохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)» (1-5 октября 2017 г., Ялта); Всероссийской научно-практической конференции «Современные задачи и актуальные вопросы лесоведения, дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры» (10-14 сентября 2018 г., Ялта); Всероссийской конференции с участием иностранных ученых «Растительное разнообразие: состояние, тренды, концепция сохранения» (30 сентября - 3 октября 2020 г., Новосибирск).

Результаты выполнения научно-исследовательской работы вошли составной частью в курс лекций для студентов базовой кафедры садово-паркового и ландшафтного искусства ФГБОУ ВО Уральский ГАУ (приложение А) и были внедрены в производственный процесс (приложение Б).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 12 научных работ, из которых 4 статьи входят в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 разделов, заключения, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 172 страницах, проиллюстрирован 39 рисунками и содержит 14 таблиц. Список литературы представлен 351 источником, из которых 131 иностранный.

РАЗДЕЛ 1

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PINUS* L. (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

1.1 Филогенез, систематическое положение, видовое разнообразие и особенности распространения видов рода *Pinus* L.

История существования хвойных растений (Pinidae) на планете начинается с карбона и насчитывает около 370 млн. лет. Это наиболее многочисленная по количеству видов группа, которая по своей древности превосходит все ныне существующие группы семенных растений. По данным Уэнделла Кэмп (Wendell Camp) (География ..., 1960), первые находки высших наземных растений были обнаружены в отложениях силурийского периода, а ко времени среднего девона на Земле существовало уже несколько типов лесов. Огромное количество остатков ископаемых деревьев позволяло предположить существование на возвышенностях обширных лесных массивов, образованных представителями группы сосновых. В каменноугольном периоде, благодаря распространению ровного и теплого климата при достаточной увлажненности почвы, сложились благоприятные условия для распространения растительности на большей части поверхности Земли. В мезозое произошло разделение хвойных по происхождению на два центра: в Южном полушарии господствовали араукариевые (Araucariaceae) и подокарповые (Podocarpaceae), в Северном – кипарисовые (Cupressaceae), сосновые (Pinaceae), таксодиевые (Taxodiaceae), тисовые (Taxaceae).

В триасовом и юрском периодах сформировались благоприятные условия для развития сосновых. Если в триасе были большие территории с недостаточным увлажнением, то дальнейшее опускание массивов суши в юрском периоде привело к значительному улучшению климата Земли. Именно этот период, предложил считать А.В. Ярмоленко (1933) периодом формирования современных родов хвойных и их многообразия. К концу юрского периода сосновые породы

приближались к вершине своего расцвета. Они заняли многочисленные и разнообразные в экологическом плане территории и достигли не только господствующего положения на всей поверхности Земли, но и отличались в этот период видовым разнообразием, которое больше никогда у них не наблюдалось (Smith et al., 2017). В период среднего мела, по данным М.И. Голенкина (1927), поверхности Земли стали достигать неослабленные лучи солнечного света, которые вызвали увеличение контрастов и сухости воздуха, что способствовало резкому изменению климата, и как следствие – вымирание многих существующих видов (Yamada et al., 2014). Ученые предполагают, что современные виды *Pinus* возникли в начале мелового периода (Комаров, 1943). Растительный мир на Земле в третичный период получил стремительное развитие. Возникло огромное количество новых видов, стали совершенствоваться ранее существующие растения (Кравченко, 1972). Хвойные в процессе своей эволюции подвергались изменениям, особенно это прослеживается на примере сосны обыкновенной, которая отличается большим расо- и видоразнообразием. Возникновение множества видов и рас обусловлено разнообразием экологических условий и географической изоляции, однако общие признаки присущие роду остаются постоянными в течение длительного периода (не менее 135 млн. лет) (Тахтаджян, 1978).

Род *Pinus* относится к семейству Сосновые (Pinaceae) и представлен самой многочисленной группой в отделе Голосеменных (Gymnospermae) растений (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Таксономическое положение рода *Pinus* L.

Первые попытки классифицировать род *Pinus* принадлежат К. Линнею. В опубликованной им работе 1753 г. было включено всего 5 видов: *P. cembra* L., *P. taeda* L., *P. pinea* L., *P. strobus* L., *P. sylvestris* L. Следующая классификация (Roezl, 1857) содержала максимальное количество (152) видов в истории рода (Roezl, 1857; Миров, 1967). В более поздних основательных научных работах, указывалось, что данный род представлен 78 видами (Pilger, 1926), по состоянию на 1998 г. количество таксонов по литературным данным увеличилось до 111 (Price et al., 1998). Наиболее современная систематическая классификация рода *Pinus* была предложена нидерландским ботаником Айлосом Фарйоном (Aljos Farjon) в 2005 г. и включала в себя 108 видов (Farjon, 2005).

Согласно последним данным международного научного сообщества, отображенным в базе данных «The Gymnosperm Database» (<https://www.conifers.org/zz/gymnosperms.php>), видовое разнообразие рода *Pinus* насчитывает 119 таксонов. В то же время, по данным «The Plant List» (2018) мировое разнообразие *Pinus* представлено 130 официально признанными видами (<http://www.theplantlist.org>). Очевидно, что такое расхождение в количестве таксонов, относящихся к роду, обусловлено разными подходами к выделению видов и форм в свете современных технических возможностей проведения исследований.

На сегодняшний день классификация рода *Pinus* представляет значительную проблему, более 250 лет ученые не могут прийти к единому мнению в отношении положения видов в данном роде. Традиционная схема, наиболее часто используемая в отечественных исследованиях, предусматривает разделение рода *Pinus* на два подрода: *Haploxylo*, или *Strobus* («мягкие» или «белые сосны») и *Diploxylo*, или *Pinus* («твердые» сосны) (Little, Critchfield, 1969; Farjon, Styles, 1997).

В основу этого деления положено количество проводящих пучков ассимиляционного аппарата. Виды подрода *Haploxylo* преимущественно имеют на укороченном побеге по 5 игл, виды *Diploxylo* – 2, 3 или 5 иголок в пучке.

Отдельно выделяют *P. krempfii* Lecomte, как единственный вид группы *Dusamporinus* (Burdon, 2002; Klinka, 2002).

Учитывая мировой опыт и результаты последних научных исследований в области морфологии, молекулярных и филогенетических данных (Liston et al., 1999; Wang et al., 1999; Lopez et al., 2002; Syring et al., 2005; Hernandez-Leon et al., 2013), А. Фарйоном была предложена наиболее детальная классификация рода *Pinus* (таблица 1.1), согласно которой виды разделены, как и ранее (Price et al., 1987), на подроды *Pinus* и *Strobus*, содержащие по 2 секции: *Pinus*, *Trifoliae* и *Quinquefoliae*, *Parrya*, соответственно. Согласно существующей классификации секции включают 12 подсекций и 1 группу. Результаты последних исследований действительно подтверждают идею о том, что два подрода монофилетические и имеют четкие различия между собой. Некоторые результаты исследований дают основания предположить, что подрод *Strobus* имеет более раннее происхождение, причем виды секции *Parrya* наиболее примитивны (Syring et al., 2007; Willyard et al., 2009).

Д.М. Ричардсон (Richardson, 1998) указывает на принципиальные отличия видов, принадлежащих к существующим подродам. Подрод *Pinus*, включает около 70 видов. Семенные чешуи женских шишек у представителей этой группы сосен имеют остроконечный апофиз. Хвоя собрана по 2-6 штук на укороченном побеге, характеризуется наличием 2 проводящих пучков; устьица равномерно распределены по всей поверхности, количество смоляных каналов варьирует; влагалища хвои постоянные (неисчезающие), исключение представляют *P. leiophylla* и *P. lumholtzii*. Подрод *Strobus* представлен 44 видами. В отличие от видов предыдущего подрода, на семенных чешуях нет уплотнений. Крыло семени членораздельное, сильно приросшее. Хвоя собрана по 1-5 хвоинок на укороченном побеге, имеет один проводящий пучок. Устьица практически всегда расположены на внутренних поверхностях, смоляные каналы медиальные или внешние. Влагалища хвои опадающие, за исключением *P. nelsonii*.

Таблица 1.1 – Классификация рода *Pinus* L. (Farjon, 2005)

Подрод	Секция	Подсекция	Представители	
<i>Pinus</i>	<i>Pinus</i> L.	Pinus	<i>P. densata</i> , <i>P. densiflora</i> , <i>P. × densithunbergii</i> , <i>P. hwangshanensis</i> , <i>P. kesiya</i> , <i>P. latteri</i> , <i>P. luchuensis</i> , <i>P. massoniana</i> , <i>P. merkusii</i> , <i>P. mugo</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. resinosa</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>P. tabuliformis</i> , <i>P. taiwanensis</i> , <i>P. thunbergii</i> , <i>P. tropicalis</i> , <i>P. uncinata</i> , <i>P. yunnanensis</i>	
		<i>Pinaster</i> Mayr ex Koehne	<i>P. brutia</i> , <i>P. canariensis</i> , <i>P. halepensis</i> , <i>P. heldreichii</i> , <i>P. pinaster</i> , <i>P. pinea</i> , <i>P. roxburghii</i>	
	<i>Trifoliae</i> DuRoi	<i>Trifoliae</i> DuRoi	<i>Attenuatae</i> Van Der Burgh	<i>P. attenuata</i> , <i>P. muricata</i> , <i>P. radiata</i> , <i>P. glabra</i>
			<i>Australes</i> Loudon	<i>P. herrerae</i> , <i>P. lumholtzii</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. tecunumanii</i> , <i>P. teocote</i> , <i>P. pungens</i> , <i>P. rigida</i> , <i>P. serotina</i> , <i>P. taeda</i> , <i>P. lawsonii</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>P. caribaea</i> , <i>P. cubensis</i> , <i>P. elliotii</i> , <i>P. echinata</i> , <i>P. occidentalis</i> , <i>P. palustris</i> , <i>P. jaliscana</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>P. praetermissa</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. greggii</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>P. lumholtzii</i> , <i>P. vallartensis</i> , <i>P. jaliscana</i> , <i>P. oocarpa</i>
			<i>Ponderosae</i> Loudon	<i>P. coulteri</i> , <i>P. sabiniana</i> , <i>P. torreyana</i> , <i>P. arizonica</i> , <i>P. engelmannii</i> , <i>P. jeffreyi</i> , <i>P. ponderosa</i> , <i>P. washoensis</i> , <i>P. yecorensis</i> , <i>P. devoniana</i> , <i>P. douglasiana</i> , <i>P. durangensis</i> , <i>P. hartwegii</i> , <i>P. maximinoi</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. pseudostrobus</i>
			<i>Contortae</i> Little et Critchfield	<i>P. clausa</i> , <i>P. virginiana</i> , <i>P. banksiana</i> , КОМПЛЕКС <i>P. banksiana</i> - <i>P. contorta</i>
	<i>Strobus</i> Lemmon	<i>Quinquefoliae</i> DuRoi	<i>Gerardianae</i> Loudon	<i>P. gerardiana</i> , <i>P. bungeana</i> , <i>P. squamata</i>
			<i>Krempfianae</i> Little et Critchfield	<i>P. krempfii</i>
			<i>Strobus</i> Loudon	<i>P. ayacahuite</i> , <i>P. chiapensis</i> , <i>P. lambertiana</i> , <i>P. monticola</i> , <i>P. strobus</i> , <i>P. flexilis</i> , <i>P. strobiformis</i> , <i>P. stylesii</i> , <i>P. amamiana</i> , <i>P. armandii</i> , <i>P. bhutanica</i> , <i>P. dalatensis</i> , <i>P. fenzeliana</i> , <i>P. × hakkodensis</i> , <i>P. koraiensis</i> , <i>P. kwangtungensis</i> , <i>P. morrisonicola</i> , <i>P. parviflora</i> , <i>P. pumila</i> , <i>P. sibirica</i> , <i>P. wallichiana</i> , <i>P. peuce</i> , <i>P. wangii</i> , <i>P. albicaulis</i> , <i>P. cembra</i>
		<i>Parrya</i> Mayr	<i>Parrya</i> Mayr	<i>Nelsoniae</i> Van Der Burgh
<i>Balfourianae</i> Engelman				<i>P. aristata</i> , <i>P. balfouriana</i> , <i>P. longaeva</i>
<i>Rzedowskiae</i> Carvajal				<i>P. maximartinezii</i> , <i>P. pinceana</i> , <i>P. rzedowskii</i>
<i>Cembroides</i> Engelman				<i>P. cembroides</i> , <i>P. edulis</i> , <i>P. monophylla</i> , <i>P. quadrifolia</i> , <i>P. remota</i> , <i>P. culminicola</i> , <i>P. discolor</i> , <i>P. johannis</i> , <i>P. orizabensis</i>

Сосны – космополиты Северного полушария (рисунок 1.2), естественно произрастают от Полярного круга до Гватемалы, Вест-Индии, Северной Африки и Индонезии за исключением Арктики, зоны пустынь и отдельных тропических районов (Центральная Африка, полуостров Индостан) (Міров, 1967). В тропических регионах виды *Pinus* встречаются исключительно в горах. Единственный вид, зона естественного распространения которого вышла за пределы экватора в южное полушарие на 2° – сосна Меркуза (*P. merkusii*), естественный ареал находится на Бирме, а дизъюнктивные его части – в странах Индокитая, на Филиппинах и Суматре. В настоящее время многие представители рода *Pinus* введены в культуру как ценные декоративные древесные растения в значительной части Южного полушария (Міров, 1967; Kral, 1993). В начале XX века были проведены масштабные работы по испытанию сосны лучистой (*P. radiata*) в Австралии и Новой Зеландии (общая площадь около 2 млн. га), где она оказалась перспективным лесообразующим видом. Также были созданы искусственные сосновые плантации, исчисляемые сотнями тысяч гектаров в тропической и Южной Африке и на Мадагаскаре (Тахтаджян, 1978).

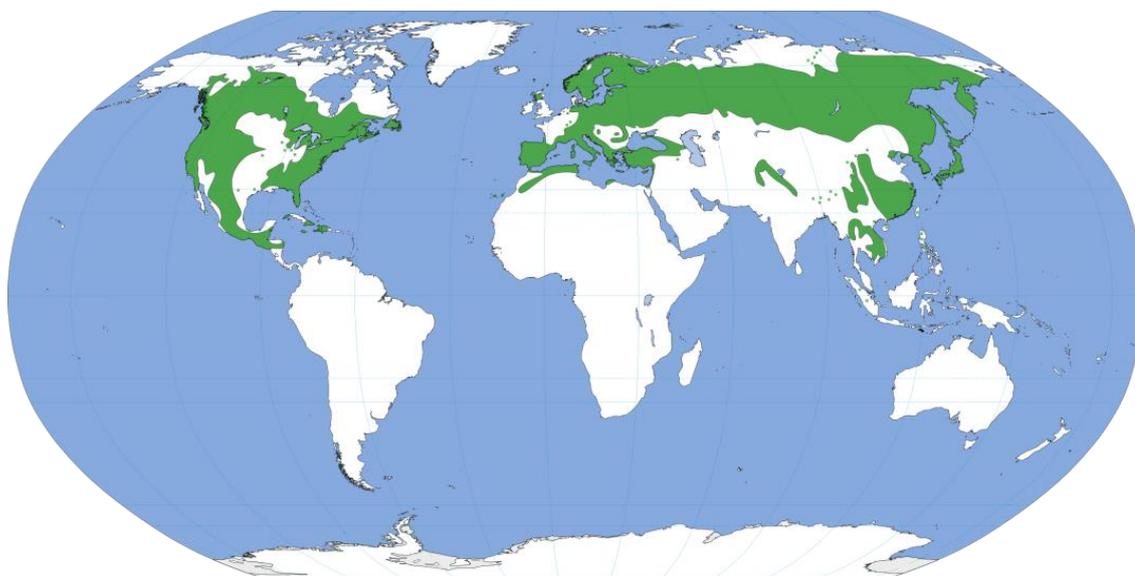


Рисунок 1.2 – Естественный ареал видов рода *Pinus* L.

В настоящее время выделяют три основных центра видового разнообразия сосен: Америка, Азия, Старый Свет. Наибольшее количество видов произрастает

в Северной Америке, включая близлежащие острова – 74 вида, что в процентном соотношении составляет 62%, в Азии – 33 вида (28%) и 12 (10%) видов произрастает на территории стран Старого Света.

По картографическим материалам ареалов видов рода *Pinus* (Critchfield, Little, 1966) установлена географическая приуроченность некоторых секций и подсекций:

Секция *Quinquefoliae*: Восточная Азия, Северная Америка и Мексика;

Подсекция *Strobus*: Восточная Азия, Северная Америка и Мексика;

Подсекция *Krempfianae*: Вьетнам;

Подсекция *Gerardianae*: Китай и Гималаи;

Секция *Parrya*: Запад США и Мексика;

Подсекция *Cembroides*: Западная часть Соединенных Штатов и Мексики;

Подсекция *Balfourianae*: Западная часть Соединенных Штатов;

Подсекция *Nelsoniae*: Мексика;

Секция *Trifoliae*: Северная Америка, Мексика и Карибский бассейн;

Подсекция *Attenuatae*: Западные США (Калифорния) и Мексика (Baja California Norte);

Подсекция *Australes*: США, Мексика и Карибские острова;

Подсекция *Ponderosae*: Западные Соединенные Штаты и Мексика;

Подсекция *Contortae*: Северная Америка и Мексика (Baja California Norte);

Секция *Pinus*: Европа, Азия, Средиземноморье, Африка, восточная часть Северной Америки и Куба;

Подсекция *Pinus*: Европа, Азия (южнее Суматры), восточная часть Северной Америки и Куба;

Подсекция *Pinaster*: Средиземноморье и западная часть Гималаев.

Хвойные леса Северной Америки широко распространены по северной границе от Аляски к полуострову Лабрадор, спускаясь на юг двумя выступами, прижатыми к побережьям Атлантического и Тихого океанов. Леса произрастают как на равнинах, так и в горах, продвигаясь в южные части материка. В меловом

периоде море, простиравшееся от Мексиканского до Гудзонова залива, делило восток и запад на два континента, в связи с этим леса запада и востока Северной Америки существенно отличаются по флористическому составу, так как растительный покров этих частей продолжительное время формировался самостоятельно. Различия во флоре усугубились так же и во время четвертичных оледенений, охватывающих восточную часть материка и не затронувших западную. В настоящее время климатические условия на востоке и западе материка резко различаются. Восточная часть находится под влиянием Гудзонова залива и Лабрадорского течения, что обуславливает более прохладные условия. Западная часть защищена высокими цепями гор от влияния погодных условий внутренней части континента и характеризуется равномерным теплым климатом. За счет влажных ветров Тихого океана территория отличается высокой относительной влажностью воздуха, особенно в зоне калифорнийских туманов. Годовая сумма осадков широко варьирует, так, например, в Калифорнийском климатическом районе на побережье выпадает около 500 мм осадков, в Орегоне – более 1000 мм, в Олимпийских горах и Каскадах – до 2500 мм. Годовая сумма температур также значительно варьирует: на юге – не более 8°C, на севере – 11-13°C. Суточное колебание температур незначительное. Склоны западной части материка существенно различаются по высоте, что обуславливает высотную зональность растительного покрова. (Гордеева, Стрелкова, 1968).

Леса Северной Америки занимают около трети всей территории континента (26 % территории Северной Америки, что составляет более 12 % площади лесов на планете) (<https://natworld.info/raznoe-o-prirode/taezhnye-lesa-borealnye-lesa>) и представлены: типичной тайгой (центральные районы Канады), высокоствольными хвойными лесами (Тихоокеанское побережье Аляски, Канады и США), смешанными и широколиственными лесами (бассейн Великих озер), вечнозелеными хвойными и смешанными лесами (юго-восток материка и южная часть Кордильер). В настоящее время в Северной Америке находится более одной трети хвойных лесов планеты. В Канаде, включая Ньюфаундленд, и Аляску,

около 90% древесных видов составляют хвойные породы, в США около 70% (<http://www.bizzcom.ru/about/7.htm>).

Ведущую роль в формировании лесных территорий Северной Америки играют представители таких родов как *Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Pseudotsuga*. Наибольшим видовым разнообразием представлен род *Pinus*.

Леса западной части Северной Америки представлены большим разнообразием хвойных растений, что связано с историческими особенностями формирования территории и спецификой физико-географических факторов. Здесь, наряду с видами родов *Picea*, *Abies*, *Thuja*, *Larix*, *Tsuga* встречаются некоторые виды *Pinus*, например *P. monticola*, которая в Скалистых каскадных горах и в Сьерра-Неваде произрастает на высоте до 3000 м н.у.м. С продвижением на юг количество хвойных растений увеличивается, и появляются новые лесообразующие виды, среди которых *P. contorta*, распространенная от Аляски до Мексики в Калифорнии, в Скалистых горах встречается на высоте от 1500 до 3500 м н.у.м.; *P. contorta* subsp. *murrayana*, произрастает в долине реки Юкон, в Сьерра-Неваде, Колорадо и Калифорнии; *P. lambertiana* – от реки Колумбия до Нижней Калифорнии; *P. monticola* встречается от Ванкувера до Калифорнии, в Скалистых каскадных горах и в Сьерра-Неваде произрастает на высоте до 3000 м н. у. м.; *P. ponderosa*, произрастающая на сухих склонах от 51°30' до южной Калифорнии, где встречается на высоте 1400-2600 м н.у.м., *P. edulis* на высоте до 2500 м н.у.м.

Многие виды *Pinus* представлены в субтропической области Северной Америки, однако там они поднимаются высоко в горы, где условия произрастания близки к умеренной зоне, например, *P. cembroides*, *P. montezumae* (1200-3600 м н.у.м.).

P. contorta subsp. *murrayana* формирует как чистые насаждения, так и смешанные с *P. ponderosa*, а также *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg. *P. ponderosa* встречается в составе чистых древостоев, так и с сопутствующими видами: *P. lambertiana*, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, а также *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr.

В северной и восточной части Северной Америки близ северной границы лесов от Аляски до Ньюфаундленда лесные насаждения представлены редколесьями и криволесьями, характерными для зоны лесотундры. В таких условиях на сухих песчаных почвах формируются древостои из *P. banksiana* и *P. strobus* L.

По мере продвижения на юг количество видов рода *Pinus* значительно увеличивается, а максимального разнообразия достигает в так называемом «южном сосновом районе» от Нью-Джерси до Техаса. Сосновые леса приурочены к бедным песчаным почвам. В таких условиях, как правило, формируются сухие боры. Наибольшие площади занимают *P. virginiana*, *P. taeda*, *P. echinata*, *P. rigida*, *P. palustris*.

Отдельный интерес представляют эндемичные североамериканские виды *Pinus*, произрастание которых приурочено к отдельным территориям. Так, например, к эндемикам Калифорнии относятся *P. balfouriana*, *P. coulteri*, *P. radiata*, *P. sabiniana*, *P. torreyana*.

1.2 История интродукции и современное состояние североамериканских представителей рода *Pinus* L. на Южном берегу Крыма

Интродукция – целенаправленная деятельность по введению в культуру новых родов, видов, сортов и форм растений в регионе, где они ранее не произрастали (Лапин, Калущкий, Калущкая, 1979). По мере развития общества возрастал интерес к интродукционным испытаниям с целью увеличения продуктивности в растениеводческой сфере (Данилов, Борткевич, 1925). Во второй половине XIX в. начались масштабные работы по введению в европейскую часть России новых видов древесных растений из Северной Америки и Дальнего востока.

Создание садов в летних царских резиденциях, а также обустройство парковых зон в частных землевладениях предусматривало расширение

ассортимента древесно-кустарниковых растений (Липский, 1913; Культиасов, 1950; Забелин, 1956; Головкин, 1981).

Главным интродукционным центром в Крыму по праву считается Никитский ботанический сад, основанный Х.Х. Стевенем в 1812 г. в связи с необходимостью освоения нового края, создания доходных отраслей сельского хозяйства на юге нашей страны (Аннотированный ..., 2018).

В Крыму естественно произрастает 3 вида: *Pinus pallasiana* D.Don, *P. brutia* var. *pityusa* (Steven) Silba, *P. sylvestris* var. *hamata* Steven. Начиная с момента основания НБС, проводились масштабные работы по интродукции древесно-кустарниковых растений и их первичному испытанию. В период с 1812 по 1937 гг. было введено в культуру 63 вида сосен (Забелин, 1939) из различных флоро-географических областей. В работе В. Любименко (1909) отмечено, что большинство интродуцентов, культивируемых в НБС представлены видами североамериканской области и Мексики. В этот же период список древесно-кустарниковых растений, интродуцированных в Императорский Никитский сад насчитывал 40 видов сосен, 23 из которых – североамериканские. Г.В. Воинов в работе «Парковая растительность Крыма» (1930) приводит данные о 13 видах сосен Северной Америки, культивируемых в парках ЮБК. Наиболее полная и детальная информация представлена в работе И.А. Забелина (1954), где автор подводит итоги интродукции Pinaceae в Никитском ботаническом саду и нижнем поясе ЮБК.

Расширение возможностей использования сосен в озеленении крымских курортов возможно лишь на основе знания их биологии, а также особенностей культивирования в Крыму. В связи с этим, в 1977 г. Ю.К. Подгорным был составлен аннотированный каталог сосен, имеющихся на тот период в арборетуме НБС и парках Крыма, где была представлена обобщенная информация о 35 видах (17 из которых североамериканские), дано их краткое морфологическое описание, характеристика естественного ареала, дана оценка экологической устойчивости и рекомендации по хозяйственному использованию. Наибольшее видовое разнообразие сосен представлено в арборетуме НБС, в частности кониферетуме

парка Монтедор, закладка которого начата с 1975 г. По итогам инвентаризации 1993 г. был опубликован каталог дендрологической коллекции арборетума ГНБС (Галушко и др., 1993), отмечалось наличие в коллекции 42 видов и 9 форм представителей рода *Pinus*, из которых 25 видов и 3 формы – североамериканские.

Одними из первых сосен, представителей флоры Северной Америки, были интродуцированы: *P. sabiniana* в 1832 г., *P. ponderosa* – в 1837 г., *P. montezumae* – 1842 г., *P. coulteri* – в 1858 г., *P. quadrifolia* – в 1859 г., *P. edulis* – в 1909 г. и др. Многие интродуцированные сосны успешно приспособились к условиям Крыма, что наряду с аборигенными видами заняли ведущую нишу в формировании ландшафтов ЮБК (Подгорный, 1982). Так, М.П. Волошин в книге «Парки Крыма» (Волошин, 1964) при описании растительности парков ЮБК (Форосского, Ливадийского, а также парков санаториев «Нижний Кастрополь», «Карасан», «Артек») упоминает о наличии в составе парковых куртин *P. radiata*, *P. sabiniana*, *P. coulteri*, *P. ponderosa*, *P. jeffreyi*, *P. montezumae*, *P. torreyana*.

Согласно данным последней инвентаризации дендрологической коллекции НБС (Каталог, 2018) и результатов обследования парков (Сахно, 2018а, б) на ЮБК произрастает 21 вид североамериканских сосен, относящихся к 2 подродам, 3 секциям, 6 подсекциям. Наиболее представлены таксоны секции *Trifoliae*, подсекций *Australes* (6 видов) и *Ponderosae* (8 видов) (таблица 1.2).

Проведенные ранее исследования показали, что представленные виды успешно произрастают в условиях ЮБК. Согласно 8-балльной шкале обмерзаемости С.Я. Соколова с поправкой в 1 балл большинство видов не повреждаются под воздействием низких температур (-15,1°C). У *P. edulis*, *P. montezumae*, *P. monticola*, *P. patula*, *P. greggii* в суровые зимы наблюдается частичное повреждение хвои (Каталог, 1993).

Данные виды представлены незначительным количеством экземпляром, преимущественно единичными пространственно изолированными особями. Наиболее широко культивируются в парковых ценозах ЮБК три вида североамериканских сосен: *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*.

Таблица 1.2 – Таксономический состав североамериканских сосен на ЮБК

№ п/п	Название	Географическое происхождение
1	<i>Pinus aristata</i> Engelm.	Северная Америка
2	<i>Pinus attenuata</i> Lemm.	США: Калифорния, Орегон
3	<i>Pinus coulteri</i> D. Don	Калифорния
4	<i>Pinus durangensis</i> Martinez	Мексика
5	<i>Pinus edulis</i> Engelm.	США
6	<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	Юго-восток США
7	<i>Pinus jeffreyi</i> Grev. et Balf.	Запад Северной Америки
8	<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	Горы Мексики
9	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Центральная Мексика
10	<i>Pinus monticola</i> D. Don	Юг Канады, Северо-запад США
11	<i>Pinus patula</i> Schlecht. et Cham.	Мексика
12	<i>Pinus ponderosa</i> Laws.	Запад Северной Америки
13	<i>Pinus radiata</i> D. Don	Побережье Монтерийского залива
14	<i>Pinus rigida</i> Mill.	Атлантическое побережье, США, Аппалачи
15	<i>Pinus sabiniana</i> Dougl.	Калифорния
16	<i>Pinus strobus</i> L.	Восток Северной Америки
17	<i>Pinus taeda</i> L.	Юго-восток США
18	<i>Pinus torreyana</i> Carr.	Южная Калифорния
19	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	Мексика
20	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	США
21	<i>Pinus palustris</i> Mill.	Юго-восток США

Ниже приведена характеристика наиболее распространенных видов флоры Северной Америки в парковых фитоценозах ЮБК.

1.3 Биологические особенности и практическое значение североамериканских видов *P. radiata* D.Don, *P. sabiniana* Douglas и *P. coulteri* D.Don.

P. radiata – естественно произрастает на побережье Центральной части Калифорнии и в Мексике (рисунок 1.3) на высоте до 300 м н.у.м., встречается также в горах на острове Гваделупа, в пределах высот 600-1200 м н. у. м. (Griffin, Critchfield, 1972; Кузнецов, Чуприна, Подгорный, 1985). В естественном ареале данный вид редко произрастает на расстоянии более 11 км от моря. Площадь

естественных насаждений *P. radiata* составляет не более 8000 га (Offord, 1964; Libby et al., 1968), однако этот вид является наиболее широко распространенным во всем мире (Critchfield, Little, 1966). Благодаря быстрому росту и техническим характеристикам древесины *P. radiata* используется в Австралии, Новой Зеландии, Испании, Аргентине, Чили, Уругвае, Кении и Южно-Африканской Республики. В этих странах сосна лучистая стала ведущим интродуцентом для поддержания лесной экономики, обслуживания внутренних и внешних рынков, снижая при этом нагрузку на аборигенные леса (Scott, 1960).

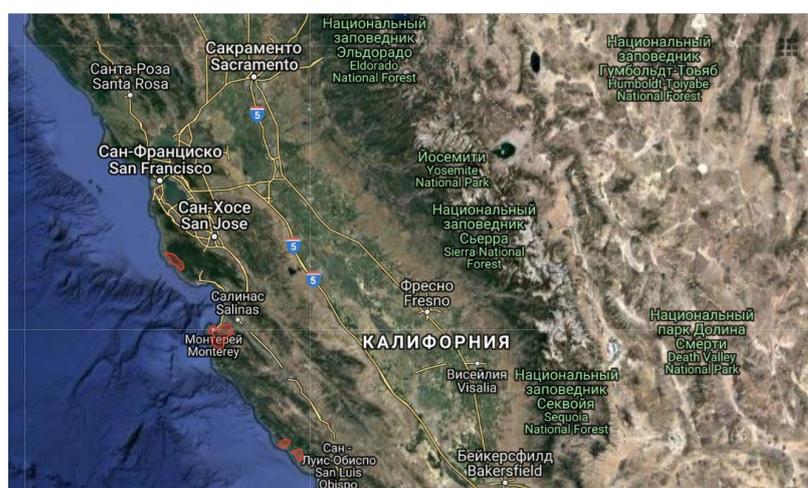


Рисунок 1.3 – Зона естественного распространения *Pinus radiata* D.Don (США).

Рисунок выполнен с помощью программы Google Earth

В Крыму данный вид впервые интродуцирован сотрудниками Никитского ботанического сада в 1844 г. семенами из Мексики. В дальнейшем были предприняты попытки реинтродукции из Англии и Германии (1845 г.), Франции, Эрфурта, Иены (1860 г.) и Эдинбурга (1862 г.) (Забелин, 1959).

В естественном ареале дерева *P. radiata* высотой от 15 до 30 м, диаметром ствола от 30-90 см. Крона ширококоническая, по форме от округлой до уплощенной, в насаждениях значительно уменьшается ее размер и составляет всего лишь 10-20% высоты. Кора красно-бурая, с возрастом приобретает серый оттенок, бороздчатая. Побеги тонкие, красно-коричневые, иногда сизые, с возрастом становятся серыми и шершавыми. Почка по форме от яйцевидных до

яйцевидно-цилиндрических, красно-коричневые, около 1,5 см, смолистые. Хвоя по 2 или 3 в пучке, длиной 8-15 см и шириной 1,3-1,8 мм, прямая, темно-желто-зеленого цвета, все поверхности с тонкими устьичными линиями, края зубчатые, вершина конусовидно-шиловидная. Хвоя сохраняется на дереве 3-4 года. В репродуктивную фазу растения вступают в возрасте 5-10 лет, но лучший урожай шишек наблюдается при достижении 15-20 лет. Микростробилы эллипсоидно-цилиндрические, длиной 10-15 мм, оранжево-коричневые. В естественном ареале пыление *P. radiata* отмечается в конце зимы – начале весны (Krugman, Jenkinson, 1974). Шишки желто-коричневые, блестящие, в основном асимметричные, яйцевидные перед открытием, широкояйцевидные в раскрытом виде, длиной 7-15 см, созревают осенью, через 2 года после опыления. На дереве располагаются, как правило, по 3-5 штук. В каждой шишке содержится примерно 120 до 200 семян. Семена сжато-эллипсоидные, около 6 мм длиной, темно-коричневые; крыло длиной 20-30 мм (Little, 1980; Kral, 1993). У деревьев, произрастающих в Монтерее, отмечаются самые мелкие семена (Forde, 1964). Семена *P. radiata* служат важнейшим источником питания для некоторых видов птиц, среди которых кустарниковая сойка (*Aphelocoma californica* Vigors), звездная сойка (*Cyanocitta stelleri* Gmelin) и обыкновенная ворона (*Corvus cornix* L.). Среди млекопитающих семена данного вида употребляют в пищу олени-мыши (*Peromyscus* Gloger), бурундуки (*Marmotini* Illiger) и суслики (*Marmotini* Рососк) (Coleman, 1905).

P. radiata переносит понижения температуры от $-12,1^{\circ}\text{C}$ до $-6,7^{\circ}\text{C}$ (Thompson et al., 1999). Количество осадков в зоне произрастания *P. radiata* в среднем составляет от 300-2500 мм в год, но сильно варьирует по годам. Этот вид достаточно хорошо растет в районах со среднегодовым количеством осадков до 600 мм, однако количество осадков 700 мм и более обеспечивает наилучшие условия для роста деревьев (Hood, 1980).

Прирост высоты в благоприятных условиях естественного ареала может составлять до 1,2-2,4 м в год (Lindsay, 1937). К 15 годам деревья достигают высоты 16 м и диаметра ствола 24 см (Larsen, 1915). *P. radiata* недолговечна, ее

возраст редко превышает 150 лет (Sudworth 1908). В возрасте 80-100 лет уже наблюдаются максимальные дендрометрические значения высоты и диаметра ствола.

В лесных сообществах Северной Америки *P. radiata* встречается как в первом ярусе, так и в качестве подлеска. Вид классифицируется как промежуточный по степени устойчивости к тени (Baker, 1949). В молодом возрасте растение способно переносить тень, однако становится менее устойчивым к факторам окружающей среды (Larsen, 1915).

Древесина *P. radiata* легкая, мягкая, хрупкая, крупнозернистая, что обуславливает небольшую коммерческую ценность пиломатериалов и других изделий в США. В прошлом использовалась в качестве необработанных пиломатериалов и дров. Но в то же время, древесина сосны лучистой ценится во многих других странах и используется как материал для изготовления различных изделий.

В основном *P. radiata* используется в качестве декоративного растения в парковом и городском зеленом строительстве, широко применяется для укрепления эрозионных участков, для защиты от ветра и шума в городском озеленении (Ruter, Van de Werken, 1986).

P. sabiniana – эндемичный вид флоры Калифорнии (рисунок 1.4): естественный ареал проходит через Береговые хребты и Сьерра-Неваду, почти до Центральной равнины, занимает сухие предгорья; в Орегоне, местами встречается в Дугласе, округе Джексон и Джозефин. Данный вид произрастает в высотном диапазоне от (30) 300 до 900 (1900) м н. у. м. (Kral, 1993).

В Никитском ботаническом саду *P. sabiniana* была интродуцирована в 1832 г.

В естественном ареале *P. sabiniana* представляет собой дерево высотой 12-24 м и диаметром ствола 30-90 см (Качалов, 1970; Крюссман, 1986; McCune, 1988; Powers, 1990). Крона молодых экземпляров *P. sabiniana* яйцевидная, с возрастом стает ажурная, куполообразная. Ветви сравнительно короткие и тонкие, изогнутые, с неправильно-мутовчатым расположением, часто восходящие. Кора

серовато-коричневая, толстая, глубоко растрескивающаяся на чешуевидные пластинки неправильной формы, под которыми красно-коричневая корка. Молодые побеги тонкие, покрыты синевато-зеленым налетом, охвоены не густо. Хвоинки свисающие, собраны по 3 штуки в пучке, очень длинные 15-32 см, 1,5 мм шириной, сизо-зеленые, все поверхности со светлыми узкими устьичными линиями. Хвоя держится на побеге 3-4 года.



Рисунок 1.4 – Зона естественного распространения *P. sabiniana* (США). Рисунок выполнен с помощью программы Google Earth

В климатических условиях Северной Америки пыление *P. sabiniana* отмечается с марта по апрель (Duffield, 1953; Powers, 1990). Микростробилы эллипсоидные, желтые, 10-15 мм длиной. Шишки крупные 15-25 см длиной, до 15 см шириной овальные, почти шаровидные, коричневые, очень смолистые, расположены на побегах единично или по несколько штук, созревают на 2 год в сентябре-октябре (Powers, 1990). Сосна Сабина вступает в репродуктивную фазу в возрасте от 10 до 25 лет, семенные годы с наибольшими урожаями повторяются каждые 2-3 года (Krugman, Jenkinson, 1974; Powers, 1990). Семена узко обратнойцевидные, толстостенные, около 20 мм, темно-коричневые; крыло широкое, короткое, около 10 мм (Little 1980; Kral 1993). Раскрытие шишек и распространение семян проходит с октября по февраль (Powers, 1990). Семена достаточно крупные с рудиментарными крыльями, их распространение

осуществляется благодаря деятельности птиц семейства Corvidae Vigors, в частности стеллеровой черноголовой голубой сойки (*Cyanocitta stelleri* Gmelin) и кустарниковых соек рода *Aphelocoma* Cabanis.

Среднегодовые температуры, характеризующие территорию естественного распространения *P. sabiniana*, находятся в пределах от 10 до 17°C, со средними минимумами от 2 до 3°C в самые холодные месяцы и средними максимумами 31-36°C в самый теплый период. В отдельные дни среднесуточная температура часто превышает 38°C. Предел морозостойкости *P. sabiniana* находится от -12,1°C до -6,7°C) (Bannister, Neuner, 2001). В условиях естественного ареала *P. sabiniana* количество осадков широко варьирует – от 250 мм на краю пустыни (Bannister, Neuner, 2001) до 1780 мм в верхних пределах Сьерра-Невады. Отмечено, что на территориях, где количество осадков в течение одного сезона составляет 80 мм, *P. sabiniana* способна поддерживать стабильные популяции (Holechek, 1981).

Вегетация *P. sabiniana* в зоне естественного произрастания начинается марте-апреле (Lawrence, 1966). Наиболее интенсивный рост наблюдается в первые 8 лет жизни. Средний прирост в высоту в благоприятных условиях может достигать до 70 см.

Продолжительность жизни *P. sabiniana* в естественных условиях не изучена, так как большинство старых экземпляров были вырублены ранними поселенцами, но предположительно предельный возраст составляет более 200 лет (Powers, 1990).

Для *P. sabiniana* характерно содержание эфирных экстрактов (Bailey, 1948). Высокое содержание смолы в древесине, коре, шишках и хвое повышают воспламеняемость насаждений с участием этого вида. Пожары являются одним из факторов, оказывающих влияние на сокращение естественных популяций с участием *P. sabiniana*.

Древесина *P. sabiniana* имеет незначительную коммерческую ценность из-за высокого содержания смолы. Она, как правило, используется для изготовления шпал, технических ящиков, поддонов и древесной стружки (Schniewind, Gammon, 1978).

Сообщества с участием *P. sabiniana* формируют благоприятную среду для обитания чернохвостых оленей (*Odocoileus hemionus* Rafinesque), калифорнийских перепелов (*Callipepla californica* Shaw) и траурных голубей (*Zenaida macroura* L.) (Biswell, 1963). Семена *P. sabiniana* являются важным элементом рациона для различных птиц: западной кустарниковой сойки (*Aphelocoma californica* Vigor), желудёвого дятла (*Melanerpes formicivorus* Swainson), а также калифорнийской серой белки (*Sciurus griseus* Ord) (Powers, 1990). Семена *P. sabiniana* обладают высокой пищевой ценностью. В 100 г продукта содержится 571 ккал: 25,0% белков, 49,4% жиров, 17,5% углеводов. В прошлом семена *P. sabiniana* были важнейшим продуктом питания калифорнийских индейцев (Farris, 1983).

В условиях естественного ареала *P. sabiniana* используется для создания противоэрозионных насаждений. Отличается способностью расти на почвах с дисбалансом кальция. Достаточно успешно произрастает как на серпантинной почве, так и на известняковой, кроме того, вид культивируют на ксерических участках, где создание культур других древесных растений затруднено или вовсе невозможно (Powers, 1990).

P. coulteri – естественно произрастает в Калифорнии и Мексике (Нижняя Калифорния Норте) (рисунок 1.5), на высотах 300-2100 м н. у. м.

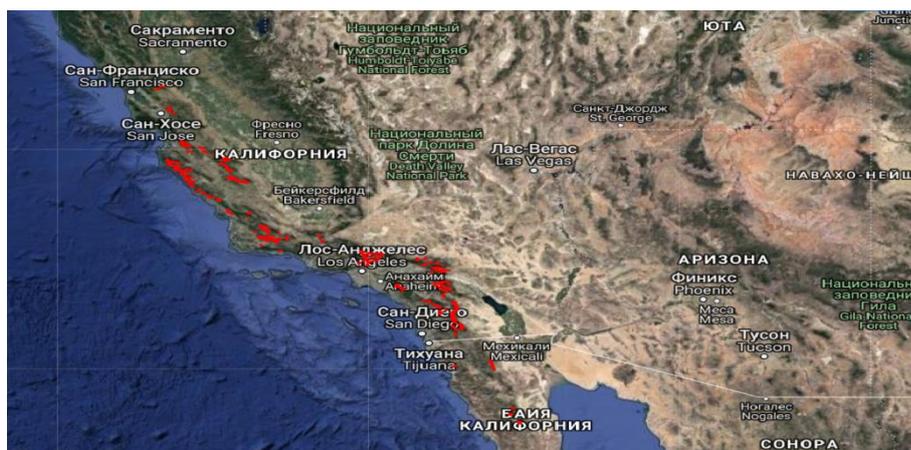


Рисунок 1.5 – Зона естественного распространения *P. coulteri* (США). Рисунок выполнен с помощью программы Google Earth

Предпочтительно занимает сухие скалистые склоны горных хребтов и чапарралей, переходящих к дубово-сосновому лесу (Булыгин, 1991; Kral, 1993) в высотном диапазоне 300-2100 м н.у.м. В Верхней Калифорнии вид распространен от горы Диабло (Diablo) на востоке Сан-Франциско, встречается в отдельных рощах в горах Санта-Люсия, Сан-Бернардино и Сан-Хасинто до гор Куямака в округе Сан-Диего (Peattie, 1950). В Нижней Калифорнии сосна Культера иногда встречается в Сьерра-Хуаресе (Minnich, 1987). *P. coulteri* произрастает на достаточно ограниченной территории, общей площадью около 816 км² (Chardon et al., 2015). Встречается в первом и втором ярусах как чистых, так и смешанных насаждений с участием дуба и другими видами хвойных деревьев (Barbour 2007).

Сосна Культера успешно произрастает в климатических условиях Средиземноморья, а также на Гавайях. Были попытки введения данного вида в культуру в Австралии и Новой Зеландии. *P. coulteri* довольно часто культивируется в парках и дендрариях Южной Европы и отдаленных частях британских островов (Harold, 1973; Minnich, Howard, 1984).

Интродукция сосны Культера в Европе началась с 1832 г. В Никитском ботаническом саду данный вид впервые появился в 1858 г. (Забелин, 1957; Плугатарь, Сахно, 2020).

В зоне естественного произрастания деревья *P. coulteri* достигают высоты от 9 до 25 м и диаметра ствола 30-80 см (Horton, 1949; Krugman, Jenkinson, 1974; Krochmal, Krochmal, 1982). Крона *P. coulteri* широкопирамидальная, образована мутовчато расположенными, широко раскидистыми, загнутыми вверх, мощными ветвями. Ствол сбежистый, кора толстая, от темно-коричневого до черного цвета, глубоко и неправильно бороздчатая. Молодые побеги очень толстые, часто сизые, не опушенные с возрастом становятся шероховатыми. Почка конические, смолистые, тонко заостренные. Хвоя по 3 в пучке, собрана на концах ветвей, очень жесткая, торчащая вверх, края зубчатые, длиной 15-30 см, темно серо-зеленая, остается на дереве 3-4 года. Все поверхности с бледными, мелкими устьичными линиями. Микростробилы по форме от яйцевидных до цилиндрических, длиной до 25 мм, светло-пурпурно-коричневые, после раскрытия – оранжево-коричневые. В

естественном ареале пыление проходит в мае-июне. Первые шишки формируются в возрасте от 10 до 15 лет. Семенные годы с наиболее обильными урожаями наблюдаются раз в 3-6 лет (Krugman, Jenkinson, 1974). Шишки очень крупные до 20-40 см длиной, на коротких черешках, желтовато-коричневые, яйцевидные или удлиненно-овальные, слегка искривленные, долго остаются на дереве (до 5-6 лет). Семена обратнойяйцевидные, длиной 15-22 мм, темно-коричневое; длина крыла до 25 мм. В естественном ареале жизнеспособность семян достаточно высока.

Предел холодостойкости данного вида находится от $-12,1^{\circ}\text{C}$ до $-6,7^{\circ}\text{C}$, что соответствует 8 зоне (Thompson et al., 1999; Bannister, Neuner, 2001). Диапазон количества осадков в естественном ареале произрастания *P. coulteri* находится в пределах от 380 до 1520 мм. Оптимальные условия формируются при годовом количестве осадков от 500 мм и выше (Hodge, 2000).

Возраст старейших экземпляров в естественном ареале достигает 100 лет (Horton, 1949).

К факторам, снижаемым численность популяций *P. coulteri* относятся лесные пожары. Литературные данные свидетельствуют о том, что основную угрозу для насаждений представляют сильные верховые пожары. В то же время, низовые пожары средней интенсивности, наоборот, влияют положительно, так как обеспечивают раскрытие шишек и высыпание семян для процесса естественного возобновления новой генерации (Borchert, 1985).

P. coulteri – перспективный вид для лесоразведения, поскольку способен произрастать на достаточно бедных, сухих и серпантинных почвах от суглинистых до щебенистых или каменистых по текстуре (Holland, 1986).

Древесина *P. coulteri* легкая, крупнозернистая, хрупкая, через свои технические характеристики используется редко, преимущественно в качестве топлива и пиломатериалов второго сорта (Munz, 1973).

Сосна Культера широко применяется в декоративном садоводстве. Высокодекоративные шишки используются для изготовления различных украшений и поделок (Horton, 1949). Семена сосны Культера использовались в пищевых целях коренными американцами (Munz, 1973). Также являются

неотъемлемым продуктом рациона самцов южной расы белоголовых дятлов (*Leuconotopicus albolarvatus* Cassin) (Ligon, 1973) и калифорнийских серых белок (*S. griseus*) (Borchert, 1985).

Следует отметить, что сосновые насаждения имеют большое хозяйственное, санитарно-гигиеническое и рекреационное значение (Побединский, 1979; Moussouris, Regato, 1999). Представители рода *Pinus* являются ценнейшими объектами формирования светлохвойных лесов Северного полушария (Овеснов, 2007). Сосновые насаждения выполняют средообразующую роль, за счет способности формировать особый микроклимат, действие которого распространяется и на другие территории (Попова и др., 2010). Помимо древесины используются и другие части дерева, такие как пни – для добывания пневого осмола (сырье для получения смолистых веществ в смоло-скипидарном производстве); хвои – для изготовления витаминной муки, хлорофилл-каротиновой пасты и получения эфирных масел; почки, молодые побеги и пыльца используются как ценное лекарственное сырье в медицине. В сосновых насаждениях заготавливают также недревесные продукты леса: живицу, различные виды съедобных грибов и ягод (Огиевский, 1949; Побединский, 1979). Семена всех видов сосны в той или иной степени съедобные, они являются важнейшей составляющей питания различных видов птиц, насекомых, некоторых грызунов (Орлова, 2005; <http://tropical.theferns.info>).

Известно, что сосновые насаждения имеют водоохранное, водорегулирующее и почвозащитное значение (Правдин, 1964; Харитонович, 1968; Молчанов, 1973). Стержневая корневая система, изменяет водно-физические свойства почвы, способствует проникновению воды в более глубокие слои и равномерному ее распределению по гидрографической сети (Молчанов, 1953; Воронков, 1973). Водоохранные и почвозащитные функции лесов тесно связаны между собой. Наличие лесных насаждений способствует переводу поверхностного стока во внутрипочвенный и грунтовый, защищая при этом почву от ветровой и водной эрозии (Орлов, Кошельков, 1974). Очень эффективно использование различных видов сосен для закрепления подвижных песков,

берегов рек и других водоемов, балок и оврагов, создания полезащитных полос, а также укрепления горных склонов выше 10° (Шиманюк, 1964; Побединский, 1979; Деревья ..., 1994).

Сосновые леса поглощают углекислый газ и производят большое количество биологически активного кислорода, легкие ионы которого способны снижать утомляемость, улучшая при этом физическое и эмоциональное состояние человека. По сравнению с другими хвойными растениями, виды *Pinus* отличаются высокими фитонцидными свойствами, а в формируемых ими насаждениях практически отсутствуют патогенные микроорганизмы (Токин, 1946).

Повышенная устойчивость сосен к рекреационным нагрузкам, высокие бальнеологические свойства, эстетическая привлекательность насаждений и способность благоприятно влиять на эмоциональное состояние человека способствуют широкому использованию сосен для целей озеленения и садово-паркового хозяйства (Истратова, 1976; Орлова, 2005; Попова, 2010).

Подводя итоги изучения особенностей биологии, распространения и практического использования представителей рода *Pinus* отметим, что североамериканские виды являются наиболее распространенными и имеют большое хозяйственное значение как лесообразующие и декоративные растения. В парковых фитоценозах ЮБК наиболее широкое распространение получили 3 вида североамериканских сосен: *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*.

РАЗДЕЛ 2

ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

2.1 Орография и геоморфология

Южный берег Крыма представляет собой южный склон Главной гряды Крымских гор, обращенный к Черному морю. Местами он довольно крутой и изрезан балками. В нижней части он образован глинистыми сланцами юры и триаса, иногда сопровождаемыми глинистыми песчаниками (Павлова, 1964).

Глинистые сланцы в нижнем поясе ЮБК нередко выходят на поверхность. Среди них встречаются выходы изверженных пород, чаще в виде лакколитов (гора Аю-Даг, мыс Плака, гора Кафель и др.). Выше глинистых сланцев лежат крепкие светлые верхнеюрские известняки, образующие Главный хребет Крымских гор. Местами известняки спускаются до самого моря, как мыс Мартыан на территории Никитского сада и мыс Ай-Тодор (западнее Ялты). У подножья известняковых обрывов встречаются нагромождения глыб, иногда с обломками известняковых пород (каменный хаос в Алушкинском парке) (Важов, 1977).

Рельеф ЮБК обусловлен слагающими породами. Вследствие легкого размывания сланцев места распространения их отличаются более мягкими, сглаженными формами рельефа. Полосы сланцев между выходами известняков являются понижениями. Места распространения известняков, а именно изверженных пород в виде лакколитов, резко выделяются. Сланцевые склоны изрезаны многочисленными короткими и глубокими балками, идущими перпендикулярно морскому берегу. Такие балки большей частью безводны. Берега ЮБК носят абразионный характер. Они сильно размыты прибоем, а их очертания находятся в зависимости от прочности образующих берег горных пород. Известняки и известняковые породы образуют выступы в море в виде мысов (Багрова, 2001).

Известняковые массивы изобилуют явлениями карста и полностью

водопроницаемы. Поэтому Главная Крымская гряда представляет собой гигантскую губку, поглощающую влагу от выпадающих осадков или от конденсации паров воздуха. Образующиеся благодаря этому подземные воды выходят у основания известняков на их границы с водопроницаемыми породами (глинистыми сланцами и песчаниками) в виде мощных источников (Маринич, 1985; Олиферов, 2005).

На сланцевых склонах постоянных водных источников нет. Выпадающие осадки сквозь глинистые сланцы не проникает, а растекаются по поверхности или по коренной породе под вышележащим делювием. В период дождей обычно сухие балки сланцевой толщи заполняются водой, уносящей мелкоземистую часть почвы. В зимнее время, при накоплении грунтовых вод в местах скопления рыхлого делювия, на сланцевых склонах происходят оползни (Геология, 1969).

Почти все парки ЮБК расположены в нижнем поясе на различных почвообразующих горных породах. Лишь единичные насаждения расположены более высоко по склону (санаторий Долоссы, Горная Здравница, территория Ялтинского заповедника, Иссары, посадки по Козмодемьяновскому шоссе и пр.).

2.2 Почвенно-климатические условия

Основными почвенными породами нижнего пояса ЮБК являются глинистые сланцы и продукты их разрушения, известняки и их делювий (осыпи мелкого известнякового щебня в смеси с глиной), а также смешанный делювий глинистых сланцев и известняков. Глинистые сланцы характеризуются слабой устойчивостью к размыванию и выветриванию, переслаиваются кварцитовыми песчаниками. Глинистые прослои при выветривании образуют мелкочешуйчатые глинистые обломки, обогащенные полуторными окислами железа и алюминия, дающие глинистый материал, обладающий высокой водопоглощающей способностью и низкой водопроницаемостью (Кочкин, 1963, 1967; Опанасенко, 2018).

В основном от мыса Айя до Ялты среди почвообразующих пород преобладают известняки, их делювий и продукты выветривания, нередко смешанные с продуктами разрушения глинистых сланцев. К востоку от Ялты более распространены глинистые сланцы и продукты их выветривания. Места локализации известняков резко выделяются формами рельефа (грядами, хаосами, скалами, высокими уступами, крутыми обрывами над морем) над мягкими округлыми очертаниями соседних участков, сложенных глинистыми сланцами. Известняки, располагаются выше других пород, закрывая делювием примыкающие к ним выходы глинистых сланцев. По мере отхода от известняков в стороны распространения глинистых сланцев, покров известнякового делювия над сланцами становится все тоньше и затем наступает область смешанного делювия, а далее область господства сланцев.

То же наблюдается в отношении распространения материнских пород и по склону от вершинного плато (яйлы) к морю (Антипов-Каратаев, 1929, 1963).

Для ЮБК характерна высотная зональность почв. В нижнем поясе распространены горные коричневые почвы сухих лесов и кустарников, с увеличением влажности – бурые горно-лесные почвы под мезофильными лесами, а на плоскогорье яйлы – горно-луговые почвы (Фридланд, 1959; Кочкин, 1967; Драган, 1983; 2004; Половицкий, Гусев, 1987).

И.П. Герасимов (1949) впервые обосновал выделение коричневых почв сухих лесов и кустарников, к которым относятся почвы нижнего пояса ЮБК на материнских породах, не содержащих известь. Почвы на материнских породах, содержащие известь, относятся к карбонатным разновидностям.

Поскольку большинство модельных деревьев произрастает на территории парков арборетума Никитского сада, далее приводится краткая характеристика почв этой территории. Характеристика приведена по данным исследований, отображенных в монографии «Почвы парков Никитского сада» (Опанасенко, 2018).

Почвы Верхнего и Нижнего парков представлены 6 видами, среди которых:

1. Агрокориичневая слабокарбонатная среднескелетная легкоглинистая на делювиальных продуктах выветривания глинистых сланцев с примесью известняков.

2. Агрокориичневая среднекарбонатная среднескелетная легкоглинистая на делювиальных продуктах выветривания глинистых сланцев, известняков с примесью песчаников

3. Агрокориичневая слабокарбонатная сильноскелетная легко и среднеглинистая на продуктах выветривания глинистых сланцев с примесью известняков.

4. Агрокориичневая среднекарбонатная сильноскелетная легкоглинистая на элювиально-делювиальных продуктах выветривания глинистых сланцев и известняков.

5. Агрокориичневая слабокарбонатная очень сильноскелетная легкоглинистая на элювиально-делювиальных продуктах выветривания глинистых сланцев с примесью известняков.

6. Агрокориичневая среднекарбонатная сильноскелетная в комплексе с очень сильноскелетной легкоглинистая и тяжелосуглинистая на элювиально-делювиальных продуктах выветривания глинистых сланцев и известняков.

Почва парка Монтедор, где собрана наибольшая коллекция видов рода *Pinus*, представлено 5 видами, среди которых:

1. Агрокориичневая слабокарбонатная слабоскелетная тяжелосуглинистая иловато-крупнопылеватая на продуктах выветривания глинистых сланцев и песчаников.

2. Агрокориичневая слабокарбонатная среднескелетная тяжелосуглинистая на смешанном делювии продуктов выветривания глинистых сланцев, песчаников с примесью известняков.

3. Агрокориичневая слабокарбонатная сильноскелетная тяжелосуглинистая иловато-крупнопылеватая на смешанном суглинистом делювии продуктов выветривания песчаников, глинистых сланцев с примесью известняков.

4. Агрокоричневая слабокарбонатная очень сильноскелетная тяжелосуглинистая и легкоглинистая иловато-крупнопылеватая на продуктах выветривания глинистых сланцев, песчаников, известняков.

5. Агрокоричневая среднекарбонатная очень сильноскелетная легкоглинистая на продуктах выветривания глинистых сланцев, песчаников с примесью известняков (Опансенко, 2018).

В почвах нижнего пояса ЮБК в летнее время имеет место восходящий и отсутствует нисходящий ток воды. В силу этого почвы подщелачиваются, усиливается их вскипаемость в малокарбонатных разностях. В прохладное же время года, благодаря нисходящему току воды, они выщелачиваются.

Летом, вследствие сильной солнечной инсоляции, почва сильно нагревается. В июне и июле максимальная температура на поверхности почвы достигает 68°C (Макаров, 1931). На глубине 10 см максимальные температуры в период с июля по сентябрь достигают свыше 40°C. На глубине 20 см в июле и августе максимальная температура почвы равна 39°C, а на глубине 40 см – 35°C.

Вследствие сильного нагрева почвы увеличивается и испарение влаги из нее. Высыхание почвы происходит не только путем капиллярной подачи воды к поверхности в капельно-жидком состоянии, но и, главным образом, поднятия воды вверх из глубины почвенного слоя в парообразном состоянии. Последнее преобладает над первым на почвах с большим содержанием скелета.

Высокие температуры почвы, изменяя оптимальный температурный градиент растений (Радченко, 1940) нарушают их жизнедеятельность. Кроме того, перегрев увеличивает сухость почвы, вызываемую как сильной сухостью воздуха в летний период, так и крутыми склонами и глинисто-щебнистыми почвами, дающими возможность воде легко скатываться вниз.

Дожди в теплое время увлажняют только поверхностные слои почвы. Осадки ниже 10-15 см, выпадающие после засухи, не проникают глубже 10 см. Таким образом, происходит сильно летнее высыхание почвы, причем насыщенные почвы водой до полной влагоемкости на достаточную глубину происходит не каждую зиму (особенно под кронами деревьев). Поэтому

необходимо создание зимних запасов влаги в почве путем зимних и ранневесенних поливов с промачиванием почвы не менее 1 м.

С целью сохранения этой влаги для постепенного использования растениями необходимы поверхностные рыхления, особенно на сланцевых почках, или мульчирование почвы. Для видов более требовательных к равномерности влаги в почве необходимо орошение в засушливый период года.

Склоны ЮБК обращены к незамерзающему теплему морю и защищены горами от холодных ветров. Все это создает здесь своеобразные условия северного варианта субтропического климата сухого Средиземноморья с характерным для него гидротермическим режимом – сухим летом и дождями в холодный период года (Добрынин, 1948; Важов, 1984).

Климат ЮБК отличается циклоническим режимом зимой и антициклоническим – летом. В период зимней циклонической деятельности ветры изменчивы. Те, которые направлены с теплого Черного моря отдают большую часть влаги встречающимся на их пути юго-западным и южным склонам гор. Летом же циклоны увлажняют главным образом северные склоны Главной гряды. Воздушные массы двигаются с севера, запада и востока, перевалив через горы становятся более теплыми и сухими (Пенюгалов, 1930; Баранов, 1931).

Средняя годовая температура воздуха в нижнем поясе ЮБК убывает по мере продвижения на восток и колеблется от 13,5°C (Ай-Тодор) до 12,6°C (Алушта). Самым теплым месяцем является июль (Ялта 24,1°C) или август (24,5°C), а самым холодным – январь (2,6-4,0°C).

Для нижнего пояса ЮБК характерен безморозный период с мая по октябрь, продолжительностью более 210 дней. В Ялте наиболее часто безморозный период составляет 231-250 дней. Вегетационный период, когда устойчивая среднесуточная температура выше +10°C, в среднем продолжается 212 дней.

Средняя продолжительность солнечного сияния летом равна 11,5 часам. Она достигает в августе 85% максимально возможного значения, снижаясь в декабре до 31%, в среднем за год равна 58%. Число часов солнечного сияния в году равно 2300. Влияние солнечных лучей сказывается здесь особенно сильно в

связи с тем, что берег имеет наклон к югу до 20° . Изменчивость осадков по годам очень велика от 300 до 902 мм. В центральной части нижнего пояса ЮБК выпадает наибольшее годовое количество осадков (в Магараче – 532 мм, в Ялте – 540 мм, в Симеизе – 560 мм, Никитский сад – 589 мм), которое на запад и восток убывает. На западе количество осадков доходит до 369 мм (маяк Сарыч); на востоке – до 424 мм (Алушта). За осенне-зимний период в нижнем поясе выпадает около 60% годовых осадков, весной и летом – примерно одинаковое количество (Фурса, 2006).

В период с 6 декабря по 23 марта обычно выпадает снег, который быстро тает. Среднее число дней с осадками в виде снега равно 15, с колебаниями в отдельные годы от 5 до 30. Средняя продолжительность снегового покрова – 20 дней.

В теплое время года (март-октябрь) бывают продолжительные засухи (более 80 дней) с осадками не более 5 мм в сутки. Максимальная длительность засушливого периода достигает 96 дней. Повторяемость засух длительностью свыше 30 дней велика (в среднем 2 случая в вегетационный период). Годовая относительная влажность воздуха в Ялте равна 68%. По временам года она распределяется следующим образом: зимой – 73%, весной – 69%, летом – 62%, зимой – 68%. Как уже упоминалось, причиной сухости воздуха на ЮБК служит горный хребет, преобразующий сильные ветры, преходящие через горы в более теплые и сухие ветры фенообразного типа. Помимо внешних ветров, из которых господствующими являются северные и северо-западные, на южном побережье большое значение имеют бризы и горно-долинные ветры, действующие в одном направлении и усиливающие друг друга. Бризы, дующие в жаркие летние дни с моря на сушу, приносят прохладу на побережье. В течение суток ветер имеет наибольшую скорость днем, а в течение года – зимой. Самым безветренным периодом года является лето.

Календарные времена года на ЮБК не совпадают с фактическими из-за сильного сдвига температурной кривой в сторону осени (осень теплее весны на 4°C). Поэтому, определяя границы зимы переходами средней суточной

температуры через 5°C , которые бывают 1 января и 1 марта, а середины весеннего и осеннего периодов моментами перехода средней суточной температуры через 10°C – 15 апреля и 15 ноября – получим следующие деление на сезоны для нижнего пояса ЮБК (Баранов, 1931): зима – январь-февраль, весна – март-май, лето – июнь-сентябрь, осень – октябрь-декабрь.

1. Зима – мягкая, облачная, дождливая, неблагоприятная для теплолюбивых субтропических растений неустойчивостью своей погоды, резкими переходами от тепла к холоду и обратно. Средние суточные температура ниже 5°C . Средняя температура зимы $+4^{\circ}\text{C}$. Сравнительно часты заморозки (в среднем одна треть дней), но только одна десятая дней с заморозками в эти месяцы не имеет оттепели (т.е. дней, когда температура в течение суток остается ниже 0°). Средний абсолютный минимум – -8°C . Абсолютные годовые минимумы температуры: Сарыч – -17°C , Симеиз – -12°C , Алушка – $-11,8^{\circ}\text{C}$, Ялта – $-14,5^{\circ}\text{C}$, Алушта – $-17,5^{\circ}\text{C}$. Наиболее тепло в районе Алушка-Симеиз. Мысы, выдающиеся в море, являются также наиболее теплыми.

Долины служат проводниками холодного воздуха с гор и морозоопасны для растений.

Средняя длительность морозного периода 3,3 дня. Наиболее длинный период равняется 35 дням. Промерзание почвы в морозные периоды обычно наблюдается до глубины 0,1 м (температура до -5°C) и лишь в исключительные зимы – до 0,2 м. Наиболее низкие температуры почвы бывают по ночам при увлажненной осадками почве и при сильном ветре.

Зимой наблюдается высокая относительная влажность (73-74%) и большое количество осадков (в среднем 50-60 мм в месяц). Около 20% из них выпадает в виде снега, который быстро тает. Число дней с осадками составляет 12-15 в месяц. Облачность значительная, она мало меняется в течение суток. На протяжении месяца – половина дней – пасмурные. Количество выпадающих осадков превышает испарение.

Весна является переходным периодом года от дождливого к влажному. Она обычно запоздалая и прохладная. Температура апреля значительно ниже средней

годовой температуры и равна $+10,2^{\circ}\text{C}$ (Магарач). Средняя температура весны $10,8^{\circ}\text{C}$. Среднесуточная температура весной от $+5$ до $+18^{\circ}\text{C}$.

В среднем последний заморозок бывает 19 марта, а самый поздний отмечается 19 апреля. Наиболее ранняя дата окончания заморозков – 24 февраля. Последние заморозки на поверхности почвы обычно наблюдаются в апреле, хотя был случай легкого заморозка и 10 мая.

Заморозки в марте могут достигать значительной величины ($-13,2^{\circ}\text{C}$), а число их в среднем в марте равно 4.

Весной, особенно в мае, наблюдается наибольшее количество дней с туманами (в среднем, за весну 10,4 дня). Причиной туманов является неравномерное нагревание водной поверхности моря и суши. Весной туманы вредят оплодотворению многих древесных растений.

Относительная влажность воздуха весной равна 65-70%. В марте иногда наблюдается выпадение снега. Количество осадков небольшое (20-45 мм в месяц) и достаточно устойчивое. В мае наблюдается весенний минимум осадков при средней многолетней их сумме (24 мм), почти такой же, как и в августе. С мая (среднесуточная температура воздуха $+15,8^{\circ}$) начинается период засухи, который продолжается до октября. Последняя усиливается тем, что 43% всех осадков в мае не превышает 5 мм в сутки и лишь 57% (13,6 мм) превосходят эту величину.

Весной наблюдается довольно значительная облачность. В марте и апреле величина испарений немного превышает количество выпадающих осадков. В дальнейшем эта величина становится значительной, чем объясняется засушливость месяца мая. Однако, благодаря зимнему запасу влаги в почве, деревья лишь в редкие годы испытывают недостаток воды в это время.

Лето (июнь-сентябрь) жаркое и сухое, особенно в июле и августе. Средняя температура лета равна $22,4^{\circ}\text{C}$, а июля и августа $24,4^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры воздуха $37,5^{\circ}\text{C}$, а на поверхности почвы она доходит до 68°C . Абсолютный минимум выше $4,5^{\circ}\text{C}$. Лето характеризуется малым колебанием среднесуточных температур. Высокие ночные температуры воздуха свыше 20°C в июле-августе обуславливают усиленное дыхание растений в ночное время, и

следовательно, интенсивную трату органического материала. Последнее отрицательно сказывается на растениях, привыкших к иному суточному режиму температур (к более холодным ночам). Повышение температур воздуха и нагревание почв, открытых прямому воздействию солнечных лучей в дневное время, также наносит вред растениям. Летом наблюдается наиболее низкая относительная влажность воздуха (в среднем 59%), а в августе равняется 57%. В периоды действия фена она иногда снижается до 0% и иссушает почву. Осадки по годам выпадают неравномерно, в среднем за лето 155 мм, что объясняется ливневым характером их выпадения. Минимальное количество осадков наблюдается в августе.

Летом часты длительные засушливые периоды, длительность приблизительно около 60 дней, с осадками, не превышающими 5 мм в сутки. Росы практически отсутствуют. Этот период характеризуется устойчивой ясной погодой. Облачность незначительная с хорошо выраженным ее увеличением в полуденные часы.

На ЮБК испарение летом значительно превышает количество выпадающих осадков. Отрицательным фактором также является неравномерное выпадение осадков. Они либо слишком скудны (до 5 мм) и не промачивают сухую почву, или слишком обильные, что не успевают впитываться и стекают в море. Все это обуславливает крайнюю засушливость лета на ЮБК, усиливающуюся еще засушливостью второй половины весны. Особенно неблагоприятен для растений наиболее жаркий период лета (июль и август).

Осень (октябрь-декабрь) – теплая и обычно влажная. В противоположность весне переход сухого сезона к влажному переходит быстро (на протяжении октября). У некоторых растений провоцируя этим поздний рост. Октябрь теплее апреля. Температура октября $+15^{\circ}\text{C}$ значительно выше средней годовой. Даже ноябрь значительно теплее марта, и лишь декабрь равен по температуре марту или теплее него. Средняя температура осени составляет $+10,2^{\circ}\text{C}$. Температура воды моря примерно на 6°C выше температуры воздуха, что обеспечивает теплую и запоздалую осень. Средняя суточная температура воздуха этого периода

колеблется от 18 до 5°C. Средняя дата наступления первого осеннего заморозка в воздухе – 3 декабря, самого раннего 6 ноября и самого позднего – 10 января. Заморозки на поверхности почвы бывают значительно раньше, чем в воздухе, иногда уже в конце октября. В Ялте самый ранний заморозок в воздухе наблюдался 16 октября. Относительная влажность воздуха осенью высокая. В октябре ее значение составляет 70%, а в декабре увеличивается до 75%.

Осенью с наступлением ясных, но прохладных ночей выпадают росы. Как правило, в октябре наблюдается их максимальное количество. Осадки довольно значительные (156 мм), но неустойчивые. В октябре величина испарения несколько превышает количество выпадающих осадков, в ноябре и декабре она снижается.

Таким образом, нижний пояс ЮБК условно можно разделить на два времени года с контрастным гидротермическим режимом: прохладное, облачное и дождливое (с ноября по апрель включительно), со средней температурой +6,6°C и с наиболее холодным периодом в январе-феврале (+4,1°C) и теплое, ясное и засушливое (с мая по октябрь) со средней температурой +9,1°C и с наиболее жарким и сухим периодом в июле-августе (24,4°C).

Выпадение большей части осадков в прохладное время года с незначительным испарением благоприятствует росту лесной (древесно-кустарниковой растительности), так как в зимний период выпадающее на увлажненную поверхность почвы частые дожди глубоко промачивают ее. Этим создаются резервы влаги для вегетации растений весной и в первой половине лета (Плугатарь, 2015).

В целом, почвенно-климатические условия нижнего пояса ЮБК проявляют сходные черты с таковыми в отдельных регионах Северной Америки, что определяет возможности культивирования интродуцентов этой географической области.

РАЗДЕЛ 3

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Объекты исследования

Объекты исследований – североамериканские представители рода *Pinus*, произрастающие в условиях ЮБК (на высоте до 300 м н.у.м.). При изучении особенностей биологии североамериканских видов были выделены 3 наиболее широко распространенные в парковых сообществах вида сосен: сосна лучистая – *P. radiata* (*P. adunca* Bosc. ex Poir., *P. californica* Loisel., *P. insignis* Douglas ex Loudon, *P. insignis* var. *laevigata* Lemmon, *P. insignis* var. *macrocarpa* Hartw. ex Carrière, *P. montereyensis* Rauch. ex Gordon, *P. radiata* subsp. *insignis* Schwer., *P. radiata* var. *radiata*, *P. radiata* var. *tuberculata* (D.Don) Lemmon, *P. rigida* Hook. & Arn., *P. sinclairii* Hook. & Arn., *P. tuberculata* D.Don), сосна Сабина – *P. sabiniana* (*P. sabiniana* var. *explicata* Jeps., *P. sabiniana* f. *microcarpa* Gausson) и сосна Культера – *P. coulteri* (*P. coulteri* var. *diabloensis* Lemmon, *P. macrocarpa* Lindl., *P. ponderosa* subsp. *coulteri* (D.Don) A.E.Murray).

Исследования проводили в течение 2015-2018 гг. в условиях ЮБК (от Фороса до Алушты), в нижнем высотном поясе. По итогам инвентаризации установлено, что данные виды представлены: *P. radiata* – 24 экземплярами, *P. sabiniana* – 64 и *P. coulteri* – 12. В настоящее время *P. radiata* произрастает в парке Монтедор НБС-ННЦ и «МДЦ «Артек», *P. sabiniana* встречается в парковых и городских насаждениях ЮБК от Фороса до Алушты: Воронцовском, Массандровском, Форосском, Ливадийском, Приморском, парках НБС-ННЦ, Харакса и ФГБОУ «МДЦ «Артек». Единичные деревья обнаружены на территории Алуштинского филиала ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», ГБУ РК «Ялтинский горно-лесной природный заповедник», ФГБУ Военный санаторий «Крым» Минобороны России и др. *P. coulteri* произрастает в Форосском парке, Нижнем парке арборетума НБС-ННЦ и Монтедоре, парках

«МДЦ «Артек», пансионата «Массандра», парковой зоне санатория НИИ имени Сеченова (рисунок 3.1).

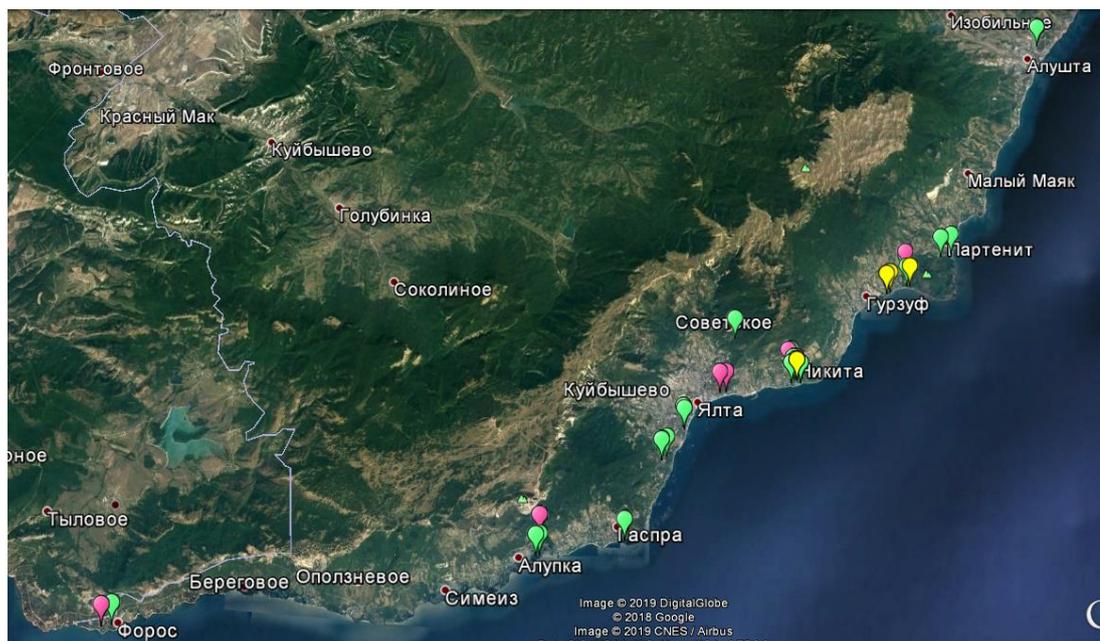


Рисунок 3.1 – Основные места произрастания исследуемых видов *Pinus* L. на ЮБК: желтая метка – *P. radiata*, зеленая метка – *P. sabiniana*; красная метка – *P. coulteri*. Рисунок выполнен с помощью программы Google Earth

Лабораторные исследования выполняли на базе ФГБУН «НБС-ННЦ», используя современную приборную базу лабораторий дендрологии и лесоведения.

3.2 Методы исследования

Изучение североамериканских представителей рода *Pinus* проводили с использованием общепринятых методов в дендрологии, анатомии, биохимии растений, фитопатологии и статистического анализа. Видовые названия приводятся согласно «The Plant List», 2020.

Оценку жизненного состояния, дендрометрические характеристики и особенности формирования шишек выполняли на всех обнаруженных деревьях. Изучение морфологических и анатомических особенностей проводили на 10

модельных деревьях каждого вида, находящихся в пределах одного класса возраста (70-80 лет) и культивируемых в однородных условиях среды.

Метод полевого маршрутного исследования. Выявление североамериканских интродуцентов осуществляли при помощи рекогносцировочного обследования парков ЮБК, городских насаждений и других потенциально возможных мест культивирования североамериканских видов сосен. Фиксацию GPS координат обнаруженных экземпляров осуществляли с помощью навигатора Garmin Oregon 650. Картографирование проводили с использованием компьютерной программы Google Earth. Также определяли основные дендрометрические показатели исследуемых растений и их жизненное состояние. Диаметр ствола измеряли с использованием стандартной мерной вилки с точностью ± 1 см. Замеры проводили в двух взаимно перпендикулярных направлениях на высоте 1,3 м от корневой шейки, затем вычисляли средний диаметр. Такой подход позволяет более точно определить метрические показатели и сгладить погрешности, возникающие вследствие неравномерного развития ствола и гористых условий местности. Замеры деревьев с диаметром более 90 см проводили с использованием мерной ленты (Исиков, 2014).

Высоту деревьев измеряли при помощи дендрометра Criterion RD 1000 (Laser Technology, США) с точностью $\pm 0,5$ м.

Одним из критериев адаптации интродуцентов к новым условиям произрастания является оценка их жизненного состояния. Этот показатель определяется по комплексу внешних признаков состояния кроны, ветвей, повреждения ствола, хвои. Жизненное состояние деревьев оценивали с использованием методики инвентаризации городских зеленых насаждений (Методика..., 1997), согласно которой выделяется три градации жизненного состояния:

- *хорошее* – растения здоровые с правильной, хорошо развитой кроной, без существенных повреждений;

- *удовлетворительное* – растения здоровые, но с неправильно развитой кроной, со значительными, но не угрожающими их жизни ранениями или повреждениями, с дуплами и др.;

- *неудовлетворительное* – древостой с неправильной и слабо развитой кроной, со значительными повреждениями и ранениями, с зараженностью болезнями или вредителями, угрожающими их жизни.

Уровень засухоустойчивости определяли, подразделяя таксоны на четыре группы устойчивости к летней засухе (июль-сентябрь): 0 – незасухоустойчивые растения, страдающие даже в условиях постоянного полива, как от воздушной засухи, так и от дефицита влажности почвы; 1 – растения требовательные к почвенной влажности, но относительно стойкие к воздушной засухе; 2 – растения относительно засухоустойчивые, устойчивы к воздушной засухе, нуждающиеся в поливе в засушливый период года; 3 – засухоустойчивые растения, развивающиеся без искусственного орошения в летний период (Галушко, 1993). Воздействие пониженных температур на побеги определяли по шкале обмерзаемости С.Я. Соколова с поправкой в 1 балл (Соколов, 1957).

Фенологические наблюдения. Сбор данных осуществляли согласно методике фенологических наблюдений над хвойными (Ярославцев, 1973). Оценку фенологического состояния растений в период полликации изучали по методике И.Н. Елагина (1961) для хвойных пород. По модельным деревьям определяли сроки начала и окончания рассеивания пыльцы. При оценке состояния микростробилов выделяли следующие фазы: 1) начало пыления, когда из первых растрескивающихся микроспорангиев при встряхивании побегов высыпается пыльца; 2) активное рассеивание пыльцы; 3) конец пыления, когда все микростробилирные колоски потеряли яркую окраску и при встряхивании пыльца из них не высыпается совсем или высыпается в небольшом количестве.

Морфолого-анатомические исследования. Анализ динамики годичных приростов побегов проводили согласно существующей методике (Молчанов, Смирнов, 1967): замеряли линейкой по 30 побегов с южной стороны кроны. На

каждом побеге определяли прирост за текущий год и за два предшествующих года.

Изучение изменчивости хвои проводили путем сбора образцов и дальнейшего измерения штангенциркулем линейных показателей: длины, ширины и толщины.

Исследования поперечных срезов хвои осуществляли на временных препаратах, согласно общепринятым методам в ботанической микротехнике (Прозина, 1960; Паушева, 1990). Сбор материала для исследования проводили в осенне-зимний период после окончания вегетации. Поперечные срезы делали в центральной части хвои с последующей их фиксацией в растворе 70%-го этилового спирта или окрашивали KMnO_4 и заключали в глицерин. На срезах измеряли ширину и толщину хвои, ширину мезофилла, определяли площадь поперечного сечения и центрального цилиндра, подсчитывали количество смоляных каналов и их площадь. Анализ включений с эфирным маслом в тканях хвои проводили путем окрашивания поперечных срезов суданом III с последующим заключением в глицерин. Все полученные препараты анализировали с использованием светового микроскопа Микмед-5 (Ломо, РФ), оборудованного цифровой камерой МС-3 (Ломо, РФ) и программным обеспечением МСview.

Для изучения репродуктивных особенностей североамериканских видов рода *Pinus* в условиях ЮБК материал отбирали в период массового лета пыльцы в средней части кроны модельных деревьев в сухую, безветренную погоду. Пыльцу хранили в стеклянных бюксах, помещенных в эксикатор над хлористым кальцием при температуре $+5^\circ\text{C}$ (Котелова, 1956). Исследования проводили на временных препаратах, окрашенных ацетокармином (Прозина, 1960; Паушева, 1990). На препаратах оценивали морфометрические параметры пыльцевых зерен, спектр и количество аномалий пыльцевых зерен, а также их жизнеспособность. Измерение биометрических показателей пыльцевых зерен проводили по методике М.Х. Моносзон-Смолиной (1949). У 150 пыльцевых зерен с каждого модельного

дерева измеряли общую длину (L), длину (A) и высоту тела (B) пыльцевого зерна, длину (C) и высоту (D) летательного мешка (рисунок 3.2).

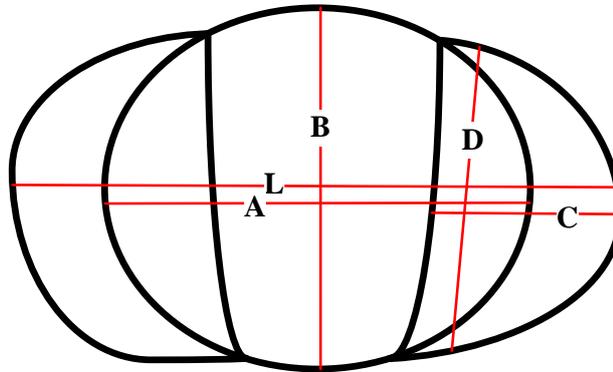


Рисунок 3.2 – Схема проведения замеров пыльцевого зерна по М.Х. Моносзон-Смолиной (1949)

Количество нормальных и аномальных пыльцевых зерен анализировали в 10 полях зрения с фиксацией количества нарушений их развития. Жизнеспособность пыльцы определяли методом проращивания в «висячей капле» (Пятницкий, 1961) с использованием дистиллированной воды, измеряли длину пыльцевых трубок (150 пыльцевых зерен).

Оценку процессов репродукции проводили по 6-балльной шкале В.Г. Каппера, согласно которой: 0 (неурожай) – шишек нет; 1 (очень плохой урожай) – шишки имеются в ничтожных количествах; 2 (слабый урожай) – в насаждении образование шишек слабое, по опушкам и на свободно стоящих деревьях удовлетворительное; 3 (средний урожай) – удовлетворительное образование шишек на деревьях в насаждениях и хорошее по опушкам и на свободно стоящих деревьях; 4 (хороший урожай) – хорошее образование шишек у деревьев в насаждениях и обильное по опушкам и на свободно стоящих деревьях; 5 (очень хороший урожай) – обильное количество шишек в насаждениях, по опушкам и на свободно стоящих деревьях (Корчагин, 1960; Справочник, 2008; Родин и др., 2009; Исиков и др., 2014).

Линейные параметры мегастробилов и семян измеряли при помощи штангенциркуля, вес определяли на электронных лабораторных весах AXIS AD500 (AXIS, Украина). Для проращивания семени стратифицировали в холодильнике при температуре +8°C в течение 30 дней, помещали на фильтровальную бумагу в чашках Петри и оставляли при комнатной температуре до момента прорастания. Лабораторную всхожесть определяли как соотношение количества проросших семян, отнесенное к их общему количеству, выраженное в процентах.

Биохимические исследования. Сбор образцов для исследования компонентного состава эфирного масла проводили с деревьев в возрасте 70-80 лет, произрастающих в парковых насаждениях нижнего пояса ЮБК в августе 2018 г. после полного завершения роста хвои. Содержание эфирного масла в хвое определяли методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга (Биохимические..., 1972) с последующим измерением его объема. Органолептическую оценку эфирного масла осуществляли по методике, предложенной Исиковым В.П. и др. (2009). Компонентный состав эфирного масла исследовали на газовом хроматографе 6890N (Agilent Technology, США) с масс-спектрометрическим детектором 5973N (Agilent Technology, США) (Jennings, Shibamoto, 1980). Компоненты эфирного масла идентифицировали по результатам поиска и сравнения, полученных в процессе хроматографирования масс-спектров химических веществ с данными библиотеки масс-спектров NIST02 (более 174 000 веществ). Индексы удерживания (ИУ) компонентов рассчитывали по результатам контрольных анализов эфирных масел с добавкой нормальных алканов (Биохимические ..., 1972).

Фитосанитарные исследования. Наличие вредителей и возбудителей грибных заболеваний у видов *Pinus* изучали путем визуального осмотра раз в 7-10 дней. Степень поврежденности растений устанавливали путем осмотра модельных экземпляров с подсчетом здоровых и поврежденных растений (побегов) и вычислением процента повреждения по формуле (Митропольский, 1971; Методы мониторинга, 2004):

$$П = \frac{n \times 100}{N}, \text{ где:} \quad (1)$$

П – поврежденность;

n – количество поврежденных растений (побегов);

N – общее количество осмотренных растений (побегов).

Для оценки степени повреждаемости исследуемых видов вредителями Diaspididae (Homoptera, Coccoidea) применена 6-балльная шкала, разработанная сотрудниками Никитского ботанического сада (Кузнецов, 1967), которая имеет следующие критерии оценки:

0 балл – заражение вредителем полностью отсутствует;

1 балл – вредитель встречается на дереве единично;

2 балла – плотность заселения не превышает 1 особи на хвоинку;

3 балла – вредитель образует небольшие колонии у основания хвои, внешние признаки ослабления дерева отсутствуют, хвоя на приросте 3-х и более лет имеется;

4 балла – колонии занимают более половины хвоинки, заметны внешние признаки ослабления, хвоя имеется на приросте только двух последних лет;

5 баллов – колонии покрывают сплошь всю внутреннюю сторону хвоинки, хвоя сохранилась лишь на приросте текущего года.

Подсчет количества вредителей проводили на модельных деревьях, определяли средний балл заражения. Виды, получившие 0 баллов, характеризовались как неповреждаемые, 1-2 балла – слабоповреждаемые; 2,5-3 балла – среднеповреждаемые; 4-5 баллов – сильноповреждаемые.

Оценка успешности интродукции. Расчет акклиматизационного числа для исследуемых интродуцентов проводили согласно существующей методике (Кохно, Курдюк, 1994) по формуле:

$$A = P \times v + Gr \times v + Zm \times v + Pz \times v, \text{ где:} \quad (2)$$

P – показатель роста;

Gr – показатель генеративного развития;

Зм – показатель зимостойкости;

Пз – показатель засухоустойчивости;

в – коэффициент весомости признака:

$P = 2$; $Гр = 5$; $Зм = 10$; $Пз = 3$.

Определение степени акклиматизации проводили по ниже представленной шкале (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Шкала степени успешности интродукции (Кохно, Курдюк, 1994)

Оценочный балл	Характеристика показателя / коэффициент весомости признака			
	Рост (Р) / 2	Генеративное развитие (ГР) / 5	Зимостойкость (Зм) / 10	Засухоустойчивость (Зс) / 3
5	Отличный (как в природном ареале)	Образуются полностью всхожие семена, размножение самосевом	Вполне выраженная зимостойкость	Хорошая засухоустойчивость во всех условиях
4	Менее интенсивный, чем в природном ареале, но относительно хороший	Плодоношение не регулярное, образуется мало всхожих семян, самостоятельно размножается вегетативно	Частично обмерзают годовичные побеги	Относительная засухоустойчивость (в засуху частично сбрасываются листья)
3	Умеренный	Плодоношение не регулярное, не образуются всхожие семена, размножение вегетативное.	Большинство годовичных побегов обмерзает	Растение в засуху сбрасывает все листья
2	Слабый, растение может обрести иную жизненную форму	Сохранено цветение, но нет плодоношения	Растение обмерзает до корневой шейки, но отрастает	Листья в засуху теряют тургор, но потом восстанавливают его
1	Очень слабый, растение обретает иную жизненную форму	Нет цветения, отсутствует вегетативное размножение	Отсутствие зимостойкости (растение обмерзает и погибает)	Отсутствие засухоустойчивости (растение от засухи погибает)

Степень акклиматизации определяли по сумме баллов: 81-100 баллов – акклиматизация полная; 61-80 – хорошая акклиматизация; 41-60 –

удовлетворительная; 21-40 – слабая; менее 20 баллов – отсутствие акклиматизации.

Оценку успешности интродукции проводили по шкале, предложенной П.И. Лапиным и С.В. Сидневой (1973) с внесением модификаций касательно биологических особенностей видов рода *Pinus* и условий ЮБК.

Для оценки принято 7 основных показателей, среди которых: сохранение габитуса, прирост в высоту и увеличение объема кроны, способность к генеративному развитию, зимостойкость растений, засухоустойчивость, способы размножения в культуре семенами местной генерации, устойчивость к вредителям и болезням. Оценку габитуса проводили по трехиндексной шкале: габитус хороший, как на родине или лучше (15 баллов); замедлен, хуже, чем на родине (10 баллов); очень слабый, угнетенный (1 балл). Регулярность прироста и, соответственно, увеличение объема кроны характеризовали по наличию или отсутствию ежегодного прироста основных побегов и ветвей: ежегодный (15 баллов); периодичный (2 балла). Способность к генеративному развитию оценивали по следующим признакам: наличие полноценных семян (25 баллов); семена сниженного качества (20 баллов); отсутствие полноценных семян (1 балл). Зимостойкость определяли по следующим критериям: повреждений нет (15 баллов); повреждение хвои (10 баллов); повреждение побегов (5 баллов); полная гибель (1 балл). По засухоустойчивости растения разделяли на следующие группы: засухоустойчивые (не нуждаются в поливе даже в самый засушливый период (15 баллов); относительно устойчивые, нуждаются в поливе в засушливый период (10 баллов). Способы размножения в культуре семенами местной генерации определяли по следующим критериям: размножение самосевом (10 баллов); размножение посевом (7 баллов); способы размножения в культуре отсутствуют (1 балл). Устойчивость к вредителям и болезням: растения не повреждаются (5 баллов); повреждаются единичные экземпляры, повреждаются единичные экземпляры (3 балла); массовое повреждение (1 балл).

Числовое выражение оценки успешности интродукции интерпретировали по сумме баллов: 91-100 – вполне перспективные; 76-90 – перспективные; 61-75 –

менее перспективные; 41-60 – малоперспективные; 5-20 – абсолютно непригодные.

Оценку влияния климатических факторов на рост исследуемых видов осуществляли на основании метеорологических данных метеостанции «Никитский сад».

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием стандартных методов (Доспехов, 1965; Зайцев, 1973; 1991; Лакин, 1980) с использованием программного обеспечения Microsoft Office (Microsoft Excel 2010). Оценку степени варьирования признаков осуществляли по шкале С.А. Мамаева (1972) с выделением следующих уровней изменчивости: очень низкий ($V < 7\%$); низкий ($V = 8-12\%$); средний ($V = 13-20\%$); повышенный ($V = 21-30\%$); высокий ($V = 31-40\%$); очень высокий ($V > 40\%$).

РАЗДЕЛ 4
ОСОБЕННОСТИ РОСТА СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА
***PINUS L.*, ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ И**
НАКОПЛЕНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА

4.1 Дендрометрическая характеристика и жизненное состояние

Характеристика интродуцированных деревьев по дендрометрическим показателям позволяет провести оценку их состояния и спрогнозировать дальнейшее развитие в условиях интродукции (Кохно, Курдюк, 1994).

В условиях ЮБК высота деревьев *P. radiata* варьирует от 8,5 м до 26 м, диаметр ствола на высоте 1,3 м от комля составляет от 13,1 см до 59,0 см (в естественных условиях h 15-30 м, \varnothing 30-90 см). На территории «МДЦ «Артек» произрастает старейшее растение *P. radiata* высотой 19 м и окружностью ствола 184 см (\varnothing 59,0 см), параметры кроны – 7×9 м, высота расположения первой живой ветви – 5,0 м. Дерево находится в хорошем жизненном состоянии, плодоносит. Его ориентировочный возраст – около 150 лет. В целом обследованные растения находятся в хорошем жизненном состоянии 72,7%. У 27,3% деревьев отмечены незначительные признаки угнетения: усыхание отдельных ветвей, уменьшение объема кроны, поражение вредителями. Визуальная оценка образования шишек по шкале Каппера показала, что большинство деревьев *P. radiata* характеризуются хорошим – 63,6% и очень хорошим образованием шишек – 18,2%, неурожай отмечался у 9,1%, у такого же числа экземпляров присутствовало среднее количество шишек. Установлено, что деревья в возрасте более 70-80 лет формируют достаточно большое количество шишек, что так же характерно для великовозрастных экземпляров в 100 лет и более.

Деревья *P. sabiniana* характеризуются высотой от 4,5 м до 31 м. Диаметр ствола находится в пределах от 7 до 117 см. Дендрометрические характеристики старейших деревьев в парковых ценозах ЮБК превышают значения, которые приводятся для этого вида в естественных условиях (h 12-24 м, \varnothing 30-90 см).

Самые крупные экземпляры *P. sabiniana* выявлены в Воронцовском парке высотой 27 м, окружностью ствола 368 см (Ø 117 см) и Военном санатории «Крым» Минобороны России в Партените высотой 31 м и окружностью ствола 353 см (Ø 112 см). Жизненное состояние деревьев оценено как хорошее, оба растения формируют достаточно большое количество шишек. Большинство исследуемых деревьев *P. sabiniana* (57%) характеризуются хорошим жизненным состоянием, у 34% отмечаются различные признаки угнетения. Неудовлетворительное состояние зафиксировано у 9% особей, растения находятся на разных стадиях отмирания. Ухудшение жизненного состояния проявлялось в виде увеличения количества сухих ветвей и общего сокращения объемов кроны.

Возраст исследуемых экземпляров *P. sabiniana* достигает 45 и более лет. У многих угнетенных деревьев отмечалось выделение смолы вследствие повреждения ствола металлическими предметами с целью заготовки шишек. Преобладающее количество деревьев с неудовлетворительным жизненным состоянием, характеризуются значительным возрастом. У одного погибшего дерева *P. sabiniana* выявлено наличие повреждения трутовым грибом *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. Ухудшение жизненного состояния растений связано с возрастными особенностями экземпляров. Большинство таких деревьев достигло возраста 150 и более лет. Продолжительность жизни *P. sabiniana* в естественном ареале, по данным зарубежных ученых, 200 и более лет (Powers, 1990). Процентное количество экземпляров *P. sabiniana* с хорошим образованием шишек составляет 17%, с очень хорошим только 7%, слабое и среднее формирование шишек наблюдалось у 28% и 26% деревьев, соответственно.

Дендрометрические параметры деревьев *P. coulteri* значительно варьируют. Высота исследуемых экземпляров находится в пределах 8,5-26 м. Диаметр ствола составляет 8-85,4 см. Дендрометрические показатели, по литературным данным, приведенным для естественного ареала, находятся в пределах: h – 9-25 м, Ø – 30-80 см. В парке «МДЦ «Артек» произрастает самый крупный экземпляр *P. coulteri* высотой 26 м и окружностью ствола 268 см (Ø 85,4 см), координаты кроны 12×14 м, высота расположения первой живой ветки – 5 м. Дерево находится на

юго-западном склоне 35°. Хвоя сохраняется на дереве 3-4 года. Данное растение плодоносит слабо. Жизненное состояние удовлетворительное, отмечено усыхание кроны около 20%. С целью браконьерской заготовки высоко декоративных шишек в ствол дерева забиты шурупы длиной 10 см, что вызвало обильные выделения смолы и спровоцировало ухудшение жизненного состояния дерева. Данных о дате его посадки не имеется, ориентировочный возраст 160 лет. Вероятно, это старейший экземпляр сосны Культера, посаженный директором (1827-1860 гг.) Никитского ботанического сада Н.А. Гартвисом.

Большинство выявленных деревьев *P. coulteri* находятся в хорошем жизненном состоянии (62%). У 38% экземпляров отмечены признаки ухудшения состояния, что проявляется в виде поражения трутовым грибом, образовании сухих ветвей, уменьшении объема кроны и механических повреждений ствола. Неурожай и слабое образование шишек отмечались у 19% и 3% обследованных экземпляров, соответственно. Более половины экземпляров *P. coulteri* на ЮБК характеризуются хорошим – 37,5% и очень хорошим (25%) образованием шишек.

Соотношение высоты и диаметра деревьев часто используют для оценки уровня конкуренции, а также выявления степени напряженности роста, вызванной плотностью распределения (Третьяков, 1927; Высоцкий, 1962). Показатель относительной высоты, как соотношение h/D , отражает степень реализации жизненного потенциала растений, считается неблагоприятным при увеличении значения более 100 единиц. Дифференциация деревьев исследуемых видов по показателю относительной высоты (рисунок 4.1) имеет неравномерное распределение.

Для *P. radiata* характерны низкие показатели относительной высоты, деревья относятся к группам следующим образом: h/D_{21-40} – 54,5%, h/D_{41-60} – 45,5%. Преобладающее количество экземпляров *P. sabiniana* (45%) находится в пределах значения h/D от 21 до 40, 28% относятся к группе 41-60, 22% – в пределах h/D_{61-80} . Несколько повышенным, однако, умеренным (81-100), значением характеризуются 3 % исследуемых деревьев. Показатель h/D более 100 единиц отмечен лишь у 2 % обследованных экземпляров *P. sabiniana*.

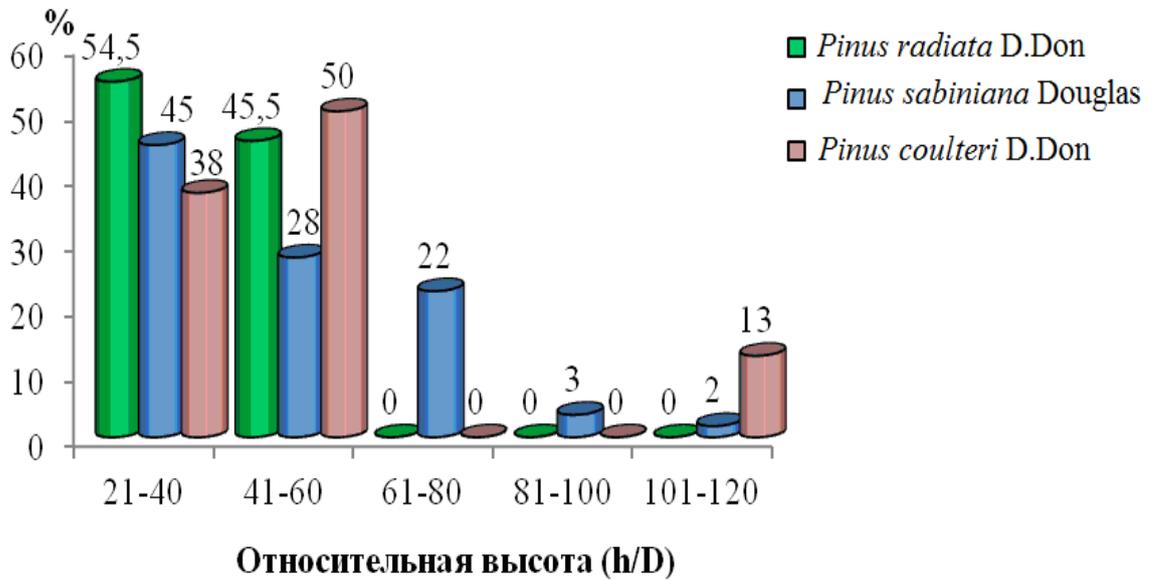


Рисунок 4.1 – Распределение деревьев исследуемых видов *Pinus* L. по относительной высоте

Оценка деревьев *P. coulteri* по уровню относительной высоты показала, что большинство экземпляров находятся в группах $h/D_{41-60} - 50\%$ и $h/D_{21-40} - 38,0\%$. У 13% деревьев значение h/D более 100 единиц свидетельствует о достаточно высокой напряженности роста и степени конкуренции. Древесные растения с относительной высотой более 100 единиц отличаются угнетенным состоянием. В своем большинстве они находятся в жесткой конкуренции за ресурс освещения с более высокими деревьями, что отрицательно сказывается на их росте и жизненном состоянии.

4.2 Динамика роста побегов *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*

Осуществление ростовых процессов происходит в эволюционно выработанной последовательности, соответствующей фенологическим фазам развития (Григорьев, 2008; Донец, 2014; Solomina et al., 2014). Каждый период роста, характеризуется совокупностью условий внешней среды, которые

определяют размеры органов растения (Gavrikov, 1996). Снижение количества осадков, понижение температуры воздуха, количества солнечного света способствует сокращению прироста побегов, а обилие осадков, достаточный температурный режим, усиленный солнечный свет, наоборот, стимулируют рост побегов. Специфика роста вегетативных органов древесных растений является важнейшим индикатором, определяющим биологическую продуктивность особи, а для интродуцентов может служить критерием оценки уровня адаптивных возможностей и экологической пластичности.

Изучение динамики роста побегов (рисунок 4.2) в период проведения исследований позволило установить средние значения прироста побегов изучаемых видов в условиях ЮБК. У *P. sabiniana* средний прирост варьировал от 4,2 см до 5,4 см. Минимальное значение отмечалось в 2015 г., а максимальное – в 2017 г. Наименьшая средняя длина (4,5 см) прироста побегов *P. radiata* так же, как и у предыдущего вида, отмечалась в 2015 г., наибольшая (5,3 см) – в 2018 г. Среди интродуцированных видов несколько большим значением годового прироста побегов характеризовались экземпляры *P. coulteri*: от 5,1 до 5,7 см. Наименьший прирост наблюдался в 2015 г., наибольший – в 2017 г. Для автохтонного вида *P. pallasiana* было характерно снижение прироста до 5,2 см в условиях 2015 г., а максимальное значение (6,7 см) отмечено в 2017 г.

Таким образом, годичный прирост интродуцентов в условиях нижнего пояса ЮБК, характеризовался несколько сниженными значениями по сравнению с аборигенным видом *P. pallasiana*. Достаточно близки между собой по величине прироста побегов были *P. sabiniana* и *P. radiata*. Несколько большими средними значениями годового прироста характеризовались побеги *P. coulteri*, величина которых максимально приближалась к показателям аборигенного вида.

Динамика сезонного прироста побегов в значительной мере определяется степенью влагообеспеченности среды (влажностью воздуха и суммами осадков), которая зависит от погодных условий каждого отдельного года.

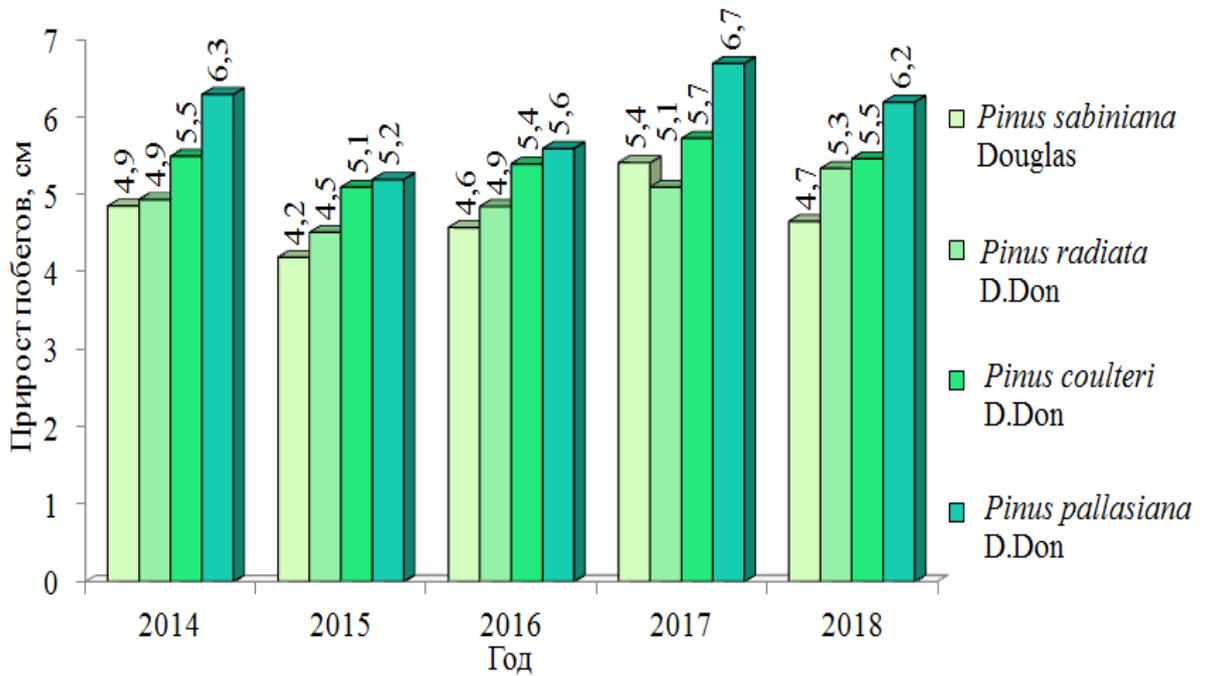


Рисунок 4.2 – Годовой прирост побегов изучаемых видов *Pinus* L.

Установлено, что наименьшее количество осадков на протяжении периода исследований – 552 мм, выпало в 2014 г, наибольшее было отмечено в 2018 г. и составило 693 мм (рисунок 4.3).

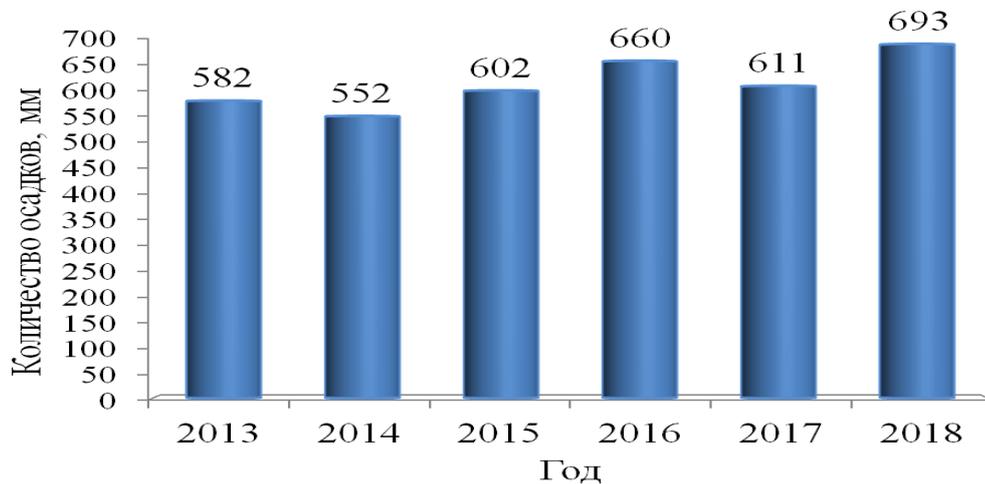


Рисунок 4.3 – Динамика количества осадков по данным метеостанции «Никитский Сад» (2013-2018 гг.)

Интенсивный рост побегов у исследуемых видов в условиях интродукции наблюдался в период с апреля по август. Однако следует отметить, что у

P. radiata и *P. sabiniana* происходит вторая волна роста побегов в осенний период с увеличением количества осадков. При благоприятных температурных условиях рост побегов этих видов продолжается с сентября по ноябрь.

Сопоставление данных по количеству осадков и длины приростов побегов в период 2013-2018 гг. позволило установить положительную связь между длиной прироста побегов и количеством осадков, предшествующего года. Для древесных растений такое явление наблюдается достаточно часто, что находит подтверждение в работах других исследователей (Забуга, Забуга, 2006; Fonti, García-González, 2008). Установлено, что количество осадков предшествующего года оказывает положительное влияние на длину годичного прироста всех исследуемых видов. Средняя связь отмечается у *P. radiata* (0,70) и сильная у всех остальных видов, включая аборигенных вид. Коэффициент корреляции (r) имел следующие значения: *P. sabiniana* – 0,88, *P. coulteri* – 0,85 и *P. pallasiana* – 0,89.

В результате проведенных исследований установлено, что интродуцированные виды отличались несколько меньшими величинами линейного прироста годичных побегов, чем аборигенный вид *P. pallasiana* в нижнем поясе ЮБК. Достаточно близки между собой значения приростов североамериканских сосен *P. sabiniana* и *P. radiata*. Несколько большими средними показателями сезонного прироста характеризовались побеги *P. coulteri*, значения которых приближались к таковым *P. pallasiana*. Установлено, что величина линейного прироста побегов исследуемых видов определяется количеством осадков предшествующего года.

4.3 Морфолого-анатомические особенности хвои *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*

Количество и состояние хвои определяет физиологические процессы, как отдельных особей, так и древостоев в целом, оказывая влияние на их продуктивность (Matyas, 1976; Eriksson et al., 2006; Федорков, 2011). По мнению

Л.А. Иванова, фотосинтез обуславливает эффективную чистую продуктивность – прирост массы и плодоношение, за исключением патологических случаев (Правдин, 1964; Мамаев, Попов, 1989; Вишнякова, Аткина, 2011).

Длина хвои достаточно вариабельный признак. Установлено, что по мере продвижения с севера на юг длина хвои увеличивается, а в пределах одной климатической зоны она изменяется в зависимости от типа леса (Правдин, 1964; Побединский, 1979; Niinemets, Lukjanova, 2003; Oleksyn et al., 2003).

Сопоставляя знания об изменчивости количественных признаков некоторых видов растений и данные об особенностях их произрастания, учитывая возраст, можно проследить закономерности изменения условий окружающей среды (Соболев, Феклистов, 2012). Поэтому изучение морфологических характеристик хвои видов *Pinus* является одним из способов анализа уровня влияния среды на живые системы (Бронникова, Шахринова, 2016).

Согласно проведенным исследованиям длина хвои *P. radiata* в условиях ЮБК характеризовалась низким (2015 г.), средним (2016 г. и 2018 г.) и повышенным (2017 г.) уровнем изменчивости, в разные годы линейные показатели находились в пределах от 7,2 до 15,7 см, средние показатели в 2015 г. – $11,1 \pm 0,02$ см, в 2016 г. – $9,7 \pm 0,05$ см, в 2017 г. – $11,2 \pm 0,07$ см, в 2018 г. – $9,5 \pm 0,05$ см (таблица 4.1). Ширина хвои менее вариабельный признак, отличался очень низким и низким уровнем изменчивости, варьировал от 1,3 до 1,9 мм. Средние значения в 2015, 2016 и 2017 г. составили 1,6 мм, в 2018 г. – 1,7 мм. Толщина хвои также, отличалась низким уровнем варьирования, числовые значения составили 0,5-1,1 мм, средние показатели в 2015-2017 гг. – 0,8 мм, в 2018 г. – 0,9 мм.

Результаты исследования размеров хвои *P. sabiniana* свидетельствуют о низком уровне ее варьирования. Длина хвои колеблется от 14,4 до 27,6 см, средние показатели изменялись: 2015 г. – $23,6 \pm 0,04$ см, 2016 г. – $22,8 \pm 0,03$ см, 2017 г. – $20,1 \pm 0,04$ см, 2018 г. – $19,0 \pm 0,03$ см. Ширина хвои *P. sabiniana* варьирует от 1,3 до 2,0 мм. Минимальное значение отмечалось в 2018 г. – $1,4 \pm 0,02$ мм, а максимальное ($1,8 \pm 0,02$ мм) – в 2015 г. Толщина хвои варьировала от 0,9 мм в

2018 г. до 1,1 мм в 2015 и 2016 гг. Ширина и толщина хвои *P. sabiniana* в условиях интродукции характеризуются очень низким и низким уровнем изменчивости.

Таблица 4.1 – Морфометрические параметры хвои исследуемых видов *Pinus* L.

Год	Длина хвои			Ширина хвои			Толщина хвои		
	M±m, см	Lim, см	V, %	M±m, мм	Lim, мм	V, %	M±m, мм	Lim, мм	V, %
<i>Pinus radiata</i> D.Don									
2015	11,1±0,02	8,5-13,3	12,6	1,6±0,02	1,4-1,8	6,6	0,8±0,02	0,6-1,0	9,1
2016	9,7±0,05	7,2-12,6	15,1	1,6±0,02	1,4-1,8	6,6	0,8±0,03	0,6-0,9	9,0
2017	11,2±0,07	7,9-15,7	22,3	1,6±0,03	1,3-1,8	8,4	0,8±0,03	0,5-0,9	11,2
2018	9,5±0,05	7,2-13,9	17,6	1,7±0,02	1,5-1,9	6,2	0,9±0,03	0,7-1,1	9,3
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas									
2015	23,6±0,04	19,2-26,8	9	1,8±0,02	1,5-2,0	7,1	1,1±0,02	0,8-1,2	8,4
2016	22,8±0,03	19,7-27,6	9,3	1,7±0,03	1,4-2,0	8,4	1,1±0,02	0,9-1,2	7,1
2017	20,1±0,04	16,1-26,5	10,8	1,6±0,02	1,4-1,8	6,6	1,0±0,03	0,8-1,2	7,8
2018	19,0±0,03	14,4-21,4	8,7	1,4±0,02	1,3-1,7	6,5	0,9±0,03	0,8-1,1	8,0
<i>Pinus coulteri</i> D.Don									
2015	20,9±0,04	16,6-24,0	11,5	1,8±0,03	1,6-2,1	8,1	1,2±0,01	1,0-1,3	6,2
2016	18,5±0,03	14,9-21,1	9,1	1,7±0,02	1,5-1,9	6,6	1,1±0,02	0,9-1,2	6,9
2017	20,5±0,02	17,8-22,0	5,9	1,9±0,02	1,7-2,1	5,2	1,2±0,02	1,0-1,3	6,8
2018	19,5±0,02	16,6-22,2	6,7	1,7±0,02	1,5-1,9	6,2	1,1±0,02	1,0-1,2	6,2
<i>Pinus pallasiana</i> D.Don									
2015	11,1±0,03	7,7-13,5	16,3	1,8±0,03	1,5-2,2	8,8	1,1±0,02	0,9-1,3	8,5
2016	10,4±0,07	7,6-14,2	19,7	1,8±0,03	1,6-2,5	9,0	1,1±0,04	0,9-1,3	11,3
2017	10,4±0,04	7,2-12,5	12,1	1,8±0,02	1,6-2,0	5,8	1,0±0,03	0,9-1,2	8,3
2018	9,3±0,04	6,9-11,3	12,3	1,9±0,04	1,5-2,4	12,6	1,1±0,05	0,8-1,5	14,0

Длина хвои *P. coulteri* также характеризовалась очень низким и низким уровнем изменчивости, варьировала от 14,9 до 24 см, средний показатель в 2015 г. составил 20,9±0,04 см, в 2016 г. – 18,5±0,03 см, в 2017 г. – 20,5±0,02 см, в 2018 г. – 19,5±0,02 см. Ширина хвои в период исследований также отличалась очень низкой и низкой изменчивостью от 1,5 до 2,1 мм. Наибольшая средняя ширина отмечена в 2017 и 2015 гг., и составила 1,9 мм и 1,8 мм, соответственно. В 2016 и 2018 г. средний показатель ширины хвои составил 1,7 мм. Толщина хвои *P. coulteri* колеблется от 0,9 до 1,3 мм. Средний показатель в 2016 и 2018 гг. составили 1,1 мм, а в 2015 и 2017 гг. – 1,2 мм. Данный признак имеет очень низкую изменчивость. Исследования метрических показателей хвои *P. pallasiana*

показали, что у аборигенного вида степень варьирования линейных параметров в отдельные годы достигает больших значений, сравнительно с интродуцентами, за исключением *P. radiata*. Наиболее вариабельными оказались, длина хвои и ее толщина, в отдельные годы коэффициент вариации по длине составил 19,7% (2016 г.), по толщине – $V = 14,0\%$ (2018 г.).

Длина хвои исследуемых видов в условиях интродукции находится в пределах значений, наблюдаемых в зоне их естественного произрастания, занимая промежуточное положение между максимальными и минимальными значениями. По данным литературы (Little, 1980; Kral, 1993) длина хвои *P. radiata* варьирует от 8 до 15 см (на ЮБК 9,5-11,2 см), *P. sabiniana* от 15 до 32 см (19,0-23,6 см) и *P. coulteri* от 15 до 30 см (18,5-20,9 см). В целом полученные данные свидетельствуют об очень низком и низком уровне изменчивости параметров хвои. Средней и повышенной вариабельностью отличались отдельные параметры хвои у *P. radiata* и аборигенного вида *P. pallasiana*.

Установлено, что на размеры хвои оказывают влияние погодные условия в период ее роста, который на ЮБК отмечается в апреле-июне. Именно в этот промежуток времени температурный и влажностный режимы определяют специфику метрических показателей хвои. Для *P. radiata* характерно уменьшение длины хвои при повышении суммы активных температур выше 10°C ($r = -0,94$). При снижении количества осадков и повышении температурного режима наблюдается увеличение ширины ($r = -0,80$) и толщины ($r = -0,80$) хвои. На метрические характеристики хвои *P. sabiniana* в большей степени оказывает влияние режим увлажненности в период с апреля по июнь. Сильное положительное влияние отмечается по длине ($r = 0,99$), ширине ($r = 0,97$) и толщине ($r = 0,99$). В то же время проявляется среднее отрицательное значение корреляции между температурным режимом – длиной ($r = -0,54$) и толщиной ($r = -0,64$) хвои *P. sabiniana*, высокое значение корреляции отмечено между шириной хвои и суммой активных температур выше 10°C . ($r = -0,77$). Также установлено, что повышение температуры в период роста хвои *P. coulteri* отрицательно влияет на ее размеры: для длины ($r = -0,68$), ширины ($r = -0,81$) и толщины ($r = -0,91$).

Длина хвои аборигенного вида *P. pallasiana* сокращается при увеличении суммы активных температур ($r = -0,90$) и снижении количества осадков ($r = 0,88$). Увеличение ширины хвои наблюдается при снижении количества осадков ($r = -0,80$) и повышении температурного режима ($r = 0,86$) в период с апреля по июнь.

Анатомическая структура хвои является достаточно консервативной, однако в зависимости от условий окружающей среды могут наблюдаться вариации различных признаков (Иозус, Морозова, 2015). В связи с этим были проведены исследования качественных и количественных характеристик хвои североамериканских видов в парковых ценозах ЮБК.

Для *P. radiata* установлена полукруглая (2 хвоинки) (рисунок 4.4 А, В, Д) или секторная форма (3 хвоинки) поперечного сечения (рисунок 4.4 Г, Е), которая зависит от количества хвоинок в пучке. На поперечном срезе различали однослойную эпидерму (рисунок 4.4 В, Г), покрытую кутикулой. В эпидерме располагаются глубоко погруженные устьица. Их количество варьирует от 11 до 26 шт. Под эпидермой локализуется 2-4-х слойная гиподерма. Первый ряд состоит из тонкостенных клеток, второй – представлен слоем склерифицированных клеток в области между устьичными полостями. В третьем и четвертом рядах склерифицированные клетки были обнаружены только в углах хвоинок. Под гиподермой находится мезофилл с 2 или 3-мя внутренними рядами складчатых клеток. В мезофилле, ближе к углам поперечного среза хвоинки, расположены 2 смоляных канала. Под мезофиллом отчетливо дифференцировалась эндодерма (рисунок 4.4 Д, Е) под которой локализовалась трансфузионная ткань, с двумя проводящими пучками, дифференцированными на трехеиды в верхней части и элементы флоэмы в нижней. Проводящие пучки по периферии были окружены слоем одревесневающих клеток.

Хвоя *P. sabiniana* в поперечном сечении имеет форму сектора (рисунок 4.5 А). На поперечном срезе дифференцировалась эпидерма с кутикулой. Устьица располагались в эпидерме, их количество варьировало от 15 до 21 шт. Гиподерма представлена 2-3 рядами склерифицированных клеток (рисунок 4.5 Б). Мезофилл 2-4-х рядный, складчатый. Смоляные каналы в количестве 2-х шт., располагаются

в углах нижней полукруглой части сектора. В центральной части локализовалось кольцо эндодермы (рисунок 4.5 В). Под эндодермой находится трансфузионная ткань в средней части которой расположены два проводящих пучка, дифференцированных на ксилему и флоэму. Проводящие пучки окружены слоем одревесневающих клеток в верхней и нижней части.

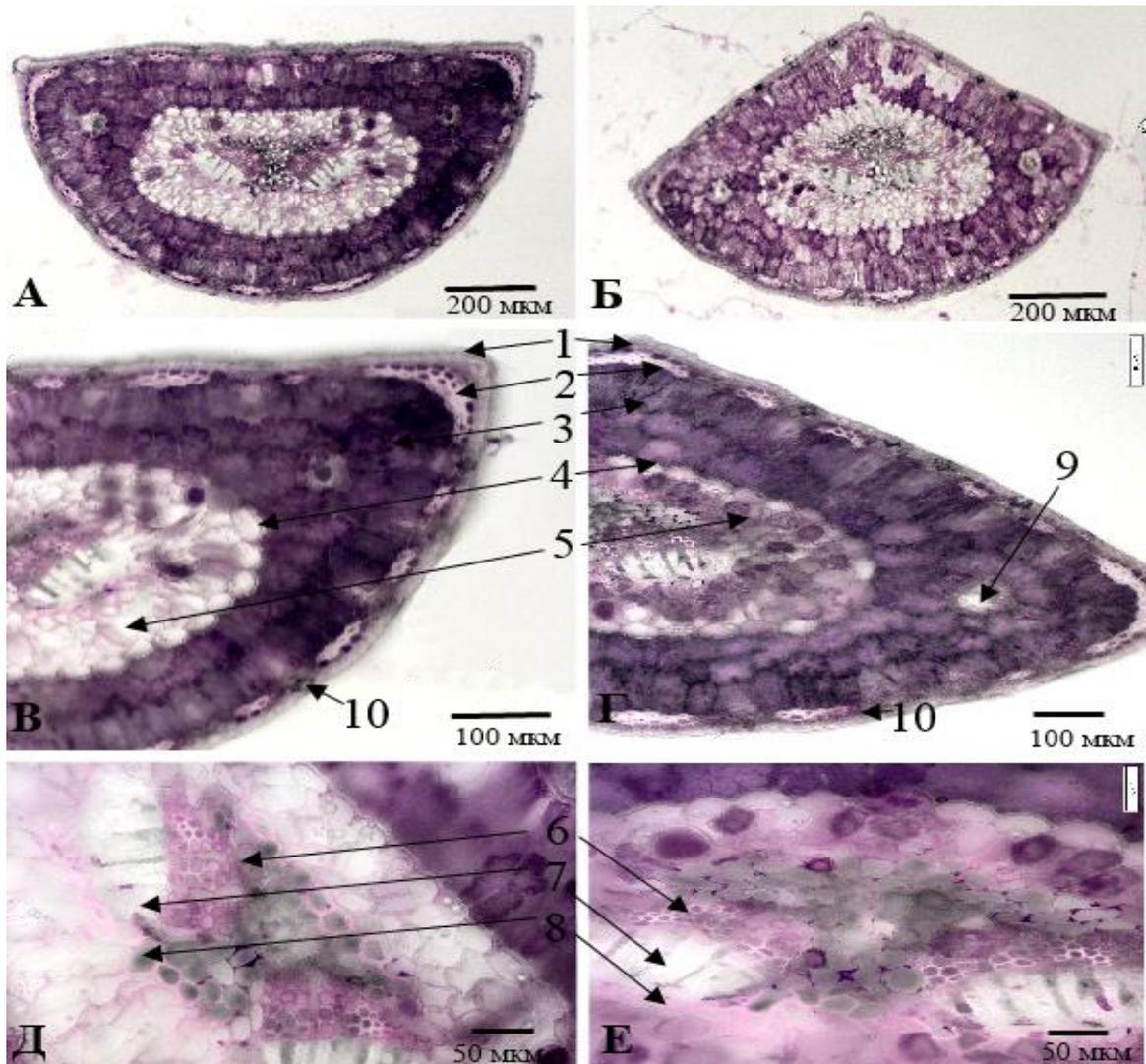


Рисунок 4.4 – Поперечные срезы хвои *P. radiata*: А, В, Д – срезы полукруглой хвои; Б, Г, Е – срезы хвои секторной формы; 1 – эпидерма, 2 – гиподерма, 3 – мезофилл, 4 – эндодерма, 5 – трансфузионная ткань, 6 – трахеиды, 7 – флоэма, 8 – склеренхима, 9 – смоляной ход, 10 – устьице

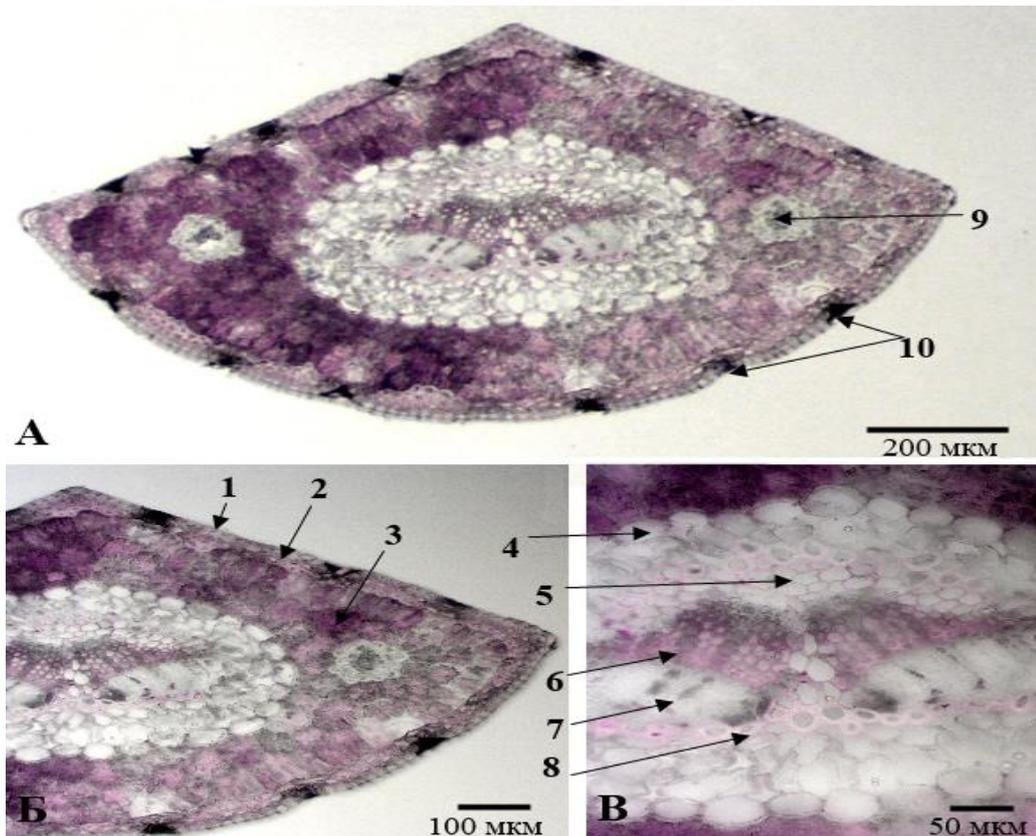


Рисунок 4.5 – Поперечные срезы хвои *P. sabiniana*: 1 – эпидерма, 2 – гиподерма, 3 – мезофилл, 4 – эндодерма, 5 – трансфузионная ткань, 6 – трахеиды, 7 – флоэма, 8 – склеренхима, 9 – смоляной ход, 10 – устьице

Хвоя *P. coulteri* по форме поперечного сечения – сектор (рисунок 4.6 А). Выделяется эпидерма с кутикулой, устьица в количестве 14-22 шт. Гиподерма в виде 3-5-ти рядных утолщенных групп склерифицированных клеток, расположенных по 2-3 ряда между устьицами, с наибольшим количеством рядов в углах сектора (рисунок 4.6 А, Б).

Мезофилл 3-4-х рядный, складчатый. Смоляные ходы 2 или -6 медиальные, расположены под углами и в центре нижней части сектора. В центральной части хвои под складчатым мезофиллом расположено кольцо эндодермы. Под эндодермой находится трансфузионная ткань, в которой различаются два проводящих пучка, с четким дифференцированием трахеид в верхней части, и

элементов флоэмы в нижней (рисунок 4.6 В). В верхней и нижней частях проводящих пучков расположены тяжи склерефицированных клеток.

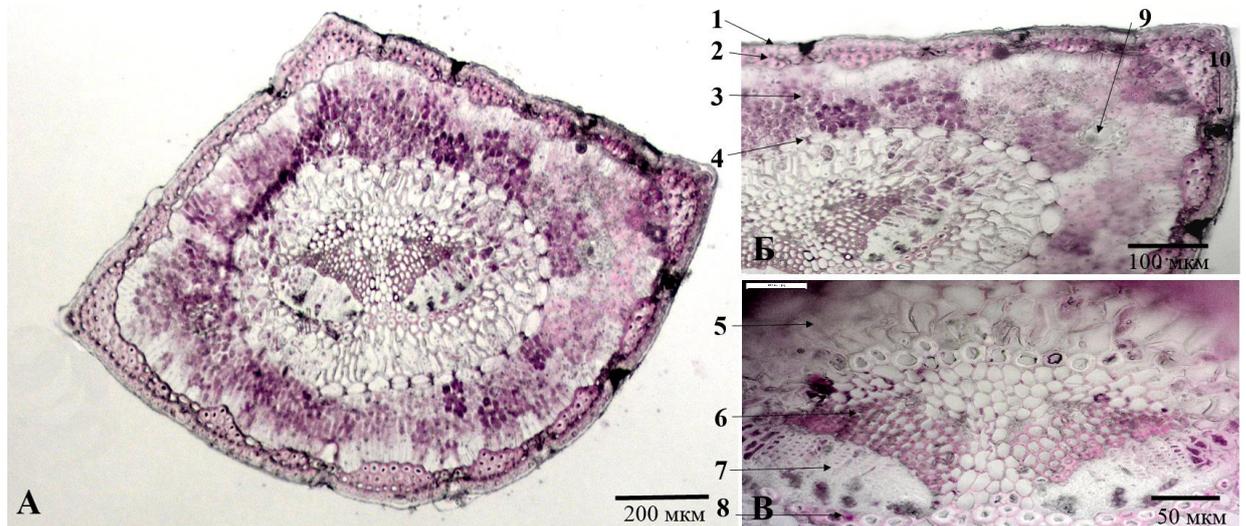


Рисунок 4.6 – Поперечные срезы хвои *P. coulteri*: 1 – эпидерма, 2 – гиподерма, 3 – мезофилл, 4 – эндодерма, 5 – трансфузионная ткань, 6 – трахеиды, 7 – флоэма, 8 – склеренхима, 9 – смоляной ход, 10 – устьице

Поперечный срез хвои аборигенного вида *P. pallasiana* имел полукруглую форму. Эпидерма покрыта кутикулой, устьица в количестве от 18-26 шт. Гиподерма 2-х рядная: 1 слой с утолщенными клеточными стенками, 2 слой – склерифицированные клетки, расположены в углах среза хвоинки и группами по периферии. Мезофилл 3-х рядный, складчатый. Смоляные ходы в количестве до 14 шт., расположены как в центральной части, так и по периферии. Эндодерма находится в центральной части хвои. Под эндодермой локализуется трансфузионная ткань, в центре которой два проводящих пучка, дифференцированных на трахеиды в верхней части и элементы флоэмы в нижней. Под пучками расположены тяжи склерефицированных клеток.

В таблице 4.2 представлены сводные данные анатомических структур исследуемых видов и их показатели в динамике (таблица 4.3).

Таблица 4.2 – Количественные и качественные показатели анатомических структур исследуемых видов

Вид / Показатель	<i>Pinus radiata</i> D.Don	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	<i>Pinus coulteri</i> D.Don	<i>Pinus pallasiana</i> D.Don
Количество устьиц, шт.	11-26	15-21	14-22	18-26
Количество слоев гиподермы, шт.	2-4	2-3	3-5	2
Количество слоев мезофилла, шт.	2-3	2-4	3-4	3
Количество смоляных каналов, шт.	2-3	2	2-6	3-10
Количество проводящих пучков, шт.	2	2	2	2

Строение покровных тканей хвои, мезофилла, смоляных каналов является важным признаком адаптивности к новым условиям произрастания. Интенсивность роста органов растений и продуктивность древостоев в целом обуславливаются особенностями морфоанатомического строения хвои (Галдина, Хазова, 2019). Полученные данные свидетельствуют о том, что североамериканские виды имеют типичное строение хвои для видов рода *Pinus*. У интродуцированных североамериканских сосен и аборигенного видом *P. pallasiana* выявлены различия количественных анатомических признаков (толщины гиподермы, числа устьиц, смоляных ходов, слоев гиподермы). Наиболее вариабельными признаками были площадь смоляных каналов (34,86%), наименее – толщина мезофилла в углах хвои (9,71%). Коэффициенты вариации количества смоляных каналов, площади поперечного сечения хвои и толщины мезофилла находились в пределах 14-16%.

Таблица 4.3 – Динамика морфо-анатомических показателей исследуемых видов в условиях ЮБК

<i>Pinus radiata</i> D.Don								
Год	Показатель	N см. к.	S п.с.	S ц.ц.	S п.п.	T. мезоф.	T. мезоф.	S см.к.
2015	M±m, мм	2,03±0,03	0,90±0,02	0,18±0,005	0,03±0,001	0,18±0,01	0,34±0,01	0,003±0,0001
	V, %	8,57	11,95	15,56	26,64	17,46	15,30	31,62
	Lim, мм	2,00-3,00	0,71-1,18	0,11-0,25	0,02-0,04	0,12-0,30	0,20-0,48	0,001-0,004
2016	M±m, мм	2,03±0,003	0,88±0,004	0,19±0,006	0,03±0,01	0,18±0,006	0,33±0,003	0,003±0,0009
	V, %	8,57	11,91	19,95	29,90	19,07	9,28	28,68
	Lim, мм	2,00-3,00	0,62-1,11	0,11-0,26	0,01-0,05	0,11-0,27	0,26-0,39	0,001-0,005
2017	M±m, мм	2,00±0,00	0,97±0,005	0,22±0,05	0,03±0,008	0,16±0,008	0,35±0,003	0,003±0,0009
	V, %	0,00	15,52	17,98	24,77	19,51	12,18	28,71
	Lim, мм	2,00-2,00	0,71-1,22	0,16-0,30	0,02-0,05	0,10-0,29	0,25-0,49	0,002-0,004
2018	M±m, мм	2,03±0,003	1,06±0,003	0,28±0,004	0,03±0,006	0,19±0,004	0,34±0,003	0,002 ±0,0009
	V, %	8,57	10,21	14,24	19,28	12,45	9,20	29,70
	Lim, мм	2,00-3,00	0,82-1,26	0,21-0,37	0,02-0,05	0,15±0,30	0,27-0,41	0,001-0,01
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas								
2015	M±m, мм	2,00	1,32±0,03	0,35±0,01	0,05±0,001	0,24±0,01	0,38±0,01	0,004±0,0007
	V, %	0,00	14,05	15,88	20,48	17,12	10,11	31,39
	Lim, мм	2,00	0,81-1,53	0,19-0,44	0,03-0,07	0,11-0,34	0,28-0,49	0,002
2016	M±m, мм	2,03±0,003	1,27±0,005	0,33±0,01	0,05±0,01	0,24±0,005	0,36±0,004	0,004±0,0008
	V, %	8,98	14,65	18,77	18,11	11,34	10,74	23,67
	Lim, мм	2,00-3,00	0,80-1,63	0,22-0,44	0,03-0,06	0,18-0,30	0,23-0,47	0,002-0,007
2017	M±m, мм	2,00	1,08±0,005	0,28±0,01	0,04±0,01	0,20±0,004	0,35±0,003	0,003±0,0005
	V, %	0,00	13,52	15,68	19,79	12,81	8,80	28,91
	Lim, мм	2,00-2,00	0,75-1,36	0,20-0,36	0,03-0,05	0,14-0,31	0,29	0,001-0,005
2018	M±m, мм	2,00	0,82±0,004	0,21±0,01	0,02±0,01	0,18±0,004	0,31±0,0002	0,003±0,0009
	V, %	0	12,90	17,50	22,94	11,01	7,23	30,32
	Lim, мм	2,00-2,00	0,61-1,07	0,16-0,32	0,01-0,04	0,13-0,24	0,26-0,39	0,002-0,005

Окончание таблицы 4.3

<i>Pinus coulteri</i> D.Don								
Год	Показатель	N см. к.	S п.с.	S ц.ц.	S п.п.	T. мезоф.	T. мезоф.	S см.к.
2015	M±m, мм	4,21±0,19	1,37±0,03	0,38±0,01	0,05±0,004	0,24±0,01	0,33±0,01	0,003 ±0,0003
	V, %	26,38	12,95	16,72	22,58	12,98	10,87	40,01
	Lim, мм	3,00-6,00	1,09-1,70	0,26-0,49	0,03-0,08	0,15-0,32	0,26-0,46	0,001-0,0001
2016	M±m, мм	3,30±0,01	1,19±0,004	0,32±0,01	0,04±0,01	0,22±0,004	0,30±0,003	0,003 ±0,0001
	V, %	17,73	12,31	16,87	20,70	13,12	9,30	28,28
	Lim, мм	3,00-5,00	0,96-1,48	0,21-0,41	0,03-0,06	0,16-0,30	0,23-0,37	0,001-0,007
2017	M±m, мм	3,82±0,01	1,40±0,003	0,40±0,004	0,05±0,01	0,24±0,005	0,33±0,003	0,003 ±0,0001
	V, %	24,89	11,28	12,58	20,04	15,25	10,79	29,41
	Lim, мм	3,00-6,00	1,10-1,70	0,24-0,47	0,04-0,08	0,15-0,31	0,23±0,42	0,001-0,009
2018	M±m, мм	3,18±0,01	1,20±0,003	0,33±0,004	0,04±0,01	0,21±0,004	0,30±0,002	0,002±0,0009
	V, %	19,96	10,97	13,15	19,50	13,35	6,88	32,71
	Lim, мм	2,00-5,00	0,93-1,45	0,26-0,42	0,02-0,06	0,15-0,28	0,25-0,35	0,001-0,005
<i>Pinus pallasiana</i> D.Don								
2015	M±m, мм	6,23±0,33	1,57±0,05	0,42±0,02	0,05±0,003	0,26±0,01	0,38±0,01	0,003±0,0002
	V, %	29,40	17,36	21,52	31,99	14,23	8,20	49,59
	Lim, мм	3,00-10,00	1,04-2,28	0,26-0,62	0,03-0,09	0,14-0,35	0,31-0,45	0,001-0,012
2016	M±m, мм	6,80±0,01	1,60±0,01	0,42±0,01	0,05±0,01	0,26±0,01	0,39±0,003	0,005 ±0,0002
	V, %	36,31	19,96	25,59	30,07	15,73	8,20	39,42
	Lim, мм	3,00-10,00	1,21-2,22	0,28-0,66	0,03-0,09	0,14-0,38	0,33-0,47	0,001-0,015
2017	M±m, мм	6,53±0,01	1,46±0,004	0,38±0,01	0,05±0,01	0,25±0,004	0,37±0,002	0,003±0,0001
	V, %	21,55	11,99	16,42	27,05	11,00	8,08	43,50
	Lim, мм	3,00-9,00	1,18-1,81	0,29-0,49	0,03-0,07	0,16-0,32	0,32	0,001-0,009
2018	M±m, мм	6,53±0,01	1,68±0,01	0,46±0,01	0,05±0,01	0,24±0,00	0,39±0,00	0,005±0,000
	V, %	27,18	25,62	33,74	38,61	11,77	10,15	56,82
	Lim, мм	3,00-9,00	0,94-2,96	0,22-0,98	0,02-0,12	0,13-0,32	0,29-0,42	0,001-0,015

Примечание: N см. к. – количество смоляных каналов; S п.с. – площадь поперечного сечения хвои; S ц.ц. – площадь поперечного сечения центрального цилиндра; S п.п. – площадь поперечного сечения проводящего пучка; T. мезоф. – толщина мезофилла; S см.к. – площадь поперечного сечения смоляного канала.

Средний показатель изменчивости анатомических признаков для изучаемых видов имел следующие значения: *P. radiata* – 17,75%; *P. sabiniana* – 14,88%; *P. coulteri* – 17,91%; *P. pallasiana* – 24,66%.

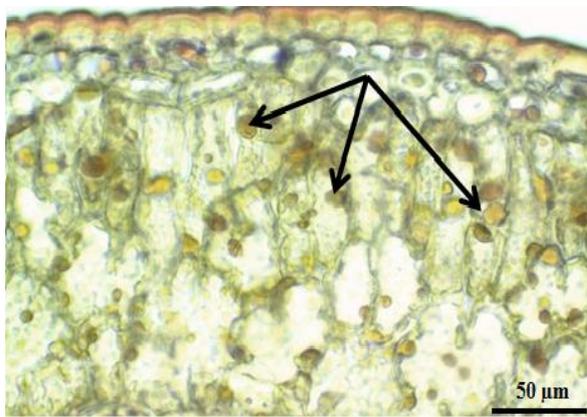
В работах некоторых исследователей показано, что анатомическая структура во многом обусловлена влиянием экологических факторов. Например, для *P. sylvestris* было установлено, что при создании лесонасаждений в экстремальных условиях (сухая степь, ГТК – 0,6) наблюдается уменьшение размеров хвои и развитие защитных тканей в сравнении с оптимальными условиями. Кроме того, у различных климатипов наблюдаются вариации строения ассимиляционных тканей и диаметра клеток разных уровней (Галдина, Хазова, 2019). Также отмечена изменчивость анатомических признаков в зависимости от типа леса (Хох, 2019). Для североамериканской сосны *P. radiata* описаны значительные изменения размеров подустьичных полостей и смоляных каналов в засушливых условиях (Diego et al., 2013). Полученные нами данные для интродуцированных североамериканских видов сосен демонстрируют значительную вариацию размеров смоляных каналов. Исследователями отмечается, что морфолого-анатомическая структура хвои, отвечающая за адаптационную способность, во многом зависит от генетических факторов (Галдина, Хазова, 2019).

Таким образом, полученные данные для интродуцированных североамериканских сосен и аборигенного вида *P. pallasiana* в условиях ЮБК показали вариабельность анатомических структур хвои, с наибольшей изменчивостью площади смоляных каналов.

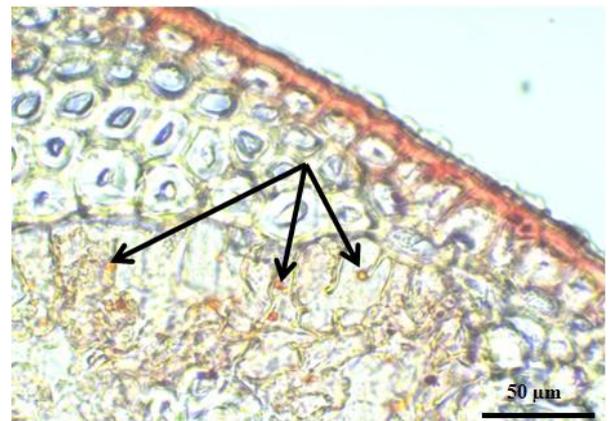
4.4 Компонентный состав эфирного масла североамериканских видов рода *Pinus* L. в условиях Южного берега Крыма

Летучие компоненты эфирных масел определяют физико-химические свойства воздушной среды, влияют на увеличение концентрации легких

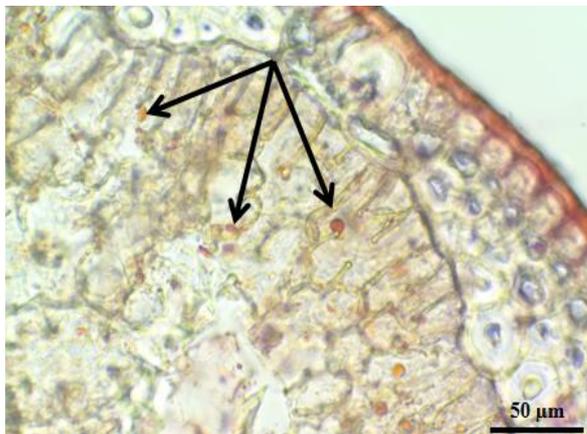
отрицательных ионов, обогащают атмосферный воздух биологически активным кислородом, способствуют оседанию пылевых частиц, в целом благоприятно воздействуя на человека. Также значительный интерес к эфирным маслам хвойных растений обусловлен поиском новых веществ, необходимых для целей парфюмерии и медицины. Кроме того, эфирные масла могут выполнять защитную функцию к воздействию биотических и абиотических факторов (Ekundayo, 1988; Шпак, 2008; Naem et al., 2018) и быть в определенной степени показателем приспособленности к условиям окружающей среды.



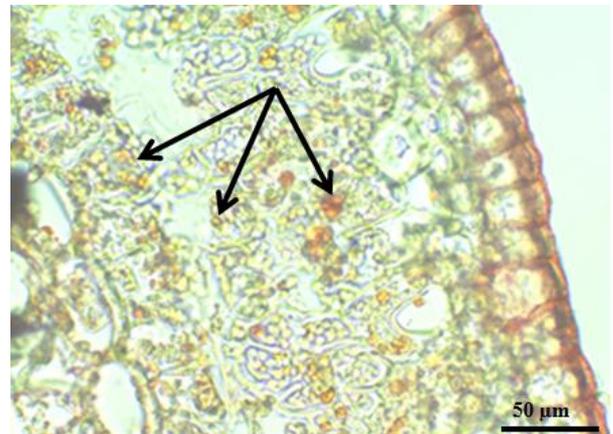
Pinus radiata D. Don



Pinus sabiniana Douglas



Pinus coulteri D. Don



Pinus pallasiana D. Don

Рисунок 4.7 – Накопление включений с эфирным маслом в тканях хвои североамериканских видов

Анализ эфирных масел в тканях хвои при помощи гистохимического окрашивания суданом III показал их накопление преимущественно в складчатом

мезофилле, в незначительных количествах – в выстилающих клетках смоляных каналов и проводящих элементов у всех исследуемых североамериканских сосен и *P. pallasiana* (рисунок 4.7).

В условиях ЮБК хвоя *P. radiata* содержит 0,15% эфирного масла от сырой массы (0,36% от сухой массы), *P. sabiniana* и *P. coulteri* – по 0,03% от сырой массы (0,07-0,06% от сухой массы) (таблица 4.4). По доминирующему тону ЭМ исследуемых видов сосен относятся к следующим направлениям аромата: хвойно-фруктовый (*P. radiata*), цветочно-хвойный (*P. sabiniana*), древесно-смолисто-бальзамический (*P. coulteri*) и смолисто-можжевеловый (*P. pallasiana*).

Таблица 4.4 – Массовая доля и органолептическая оценка эфирного масла видов рода *Pinus* L.

№	Вид	Массовая доля эфирного масла, %		Органолептическая оценка, балл	Категория запаха	Доминирующий тон аромата
		от сырой массы	от абсолютно сухой массы			
1	<i>Pinus radiata</i> D.Don	0,15	0,36	3	Промежуточный, приятный с легкими тонами	хвойно-фруктовый
2	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	0,03	0,07	1	Промежуточный, приятный с легкими тонами	цветочно-хвойный
3	<i>Pinus coulteri</i> D.Don	0,03	0,06	4	Приятный	древесно-смолисто-бальзамический
4	<i>Pinus pallasiana</i> D.Don	0,08	0,18	4	Промежуточный, приятный с легкими тонами	смолисто-можжевеловый

Состав эфирных масел исследуемых видов отличается по количественным и качественным показателям. Выявлено 64 компонента в эфирном масле *P. radiata*, 42 – *P. sabiniana*, 60 – *P. coulteri* и 53 – *P. pallasiana* (таблица 4.5). Мажорными компонентами эфирного масла *P. radiata* являются β -пинен с удельным содержанием 29,57%, α -пинен – 21,2%, и лимонен – 12,41%; *P. sabiniana* – фенилэтил бутират – 20,58%, лимонен – 15,23% и α -пинен – 13,69%, *P. coulteri* –

β -пинен – 11,64%, δ -кадинен – 11,07% и α -пинен – 10,67%. В эфирном масле *P. pallasiana* доминирует α -пинен – 26,08%, γ -кадинен – 17,44% и гермакрен D – 9,67%.

В эфирном масле *P. radiata* также присутствуют α -терпениол, β -мирцен, пинокарвеол, миртенол, δ -кадинен, гермакрен D, γ -3-карен; у *P. sabiniana* – в существенном количестве эстрагол (6,39%), α -терпениол (5,72%) и β -пинен (2,06%), а также β мирцен, цис-оцимен, эпокситепенолен, цитронеллол, тридеканал, манол оксид. Характерным отличием компонентного состава эфирного масла *P. coulteri*, по сравнению с другими видами, является существенный удельный вес карвона (6,98%), тау-муроллола (4,46%), α -мууроллена (4,02%) и додеканала (4%), а также α -копаена, гермакрена D, лимонена, деканала, кубенола.

Внутри фракций эфирного масла наблюдаются значительные расхождения в содержании отдельных компонентов (рисунок 4.8).

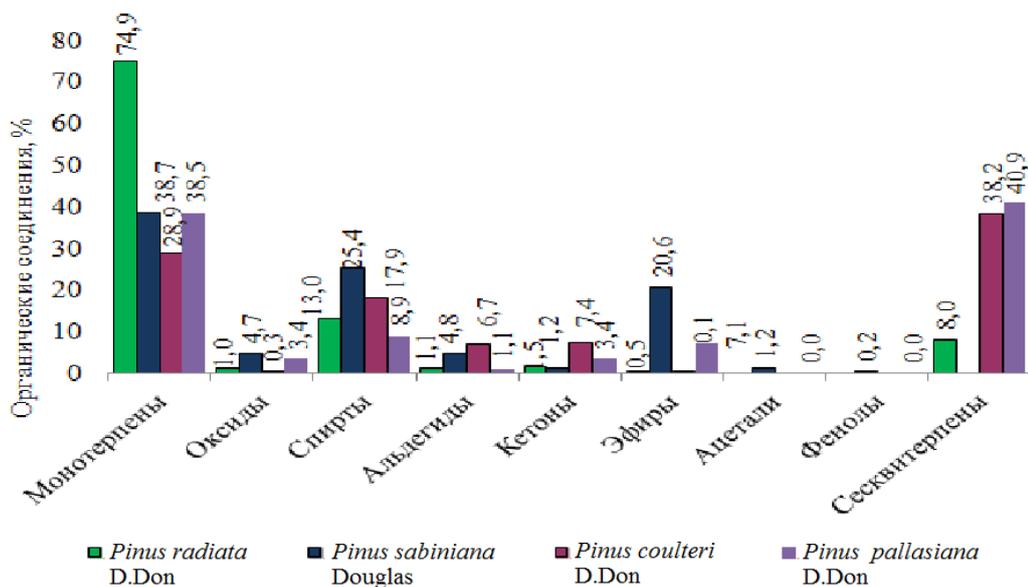


Рисунок 4.8 – Соотношение органических соединений (%) в эфирном масле видов рода *Pinus* L.

Среди органических соединений в эфирном масле *P. radiata* преобладают монотерпены (удельный вес составляет 74,9%); в эфирном масле *P. sabiniana* – монотерпены (38,7%), их производные (спирты 25,4%) и эфиры (20,6%), в то

время как в эфирном масле *P. coulteri* основную часть занимают сесквитерпены (38,2%), а содержание монотерпенов составляет всего лишь 28,9%. В эфирном масле *P. sabiniana* сесквитерпены отсутствуют. Содержание спиртов у *P. coulteri* и *P. radiata* составляет 17,9% и 13,0% соответственно. Во всех исследуемых маслах оксиды, альдегиды, кетоны, ацетали и фенолы представлены в следовых количествах. Эфирные масла являются продуктами вторичного метаболизма в основном, образованные в процессе фотосинтеза. Согласно нашим данным, их накопление происходит в складчатом мезофилле хвои во включениях. Из данных литературы известно, что синтез терпентинных масел генетически детерминирован, а их состав подвержен индивидуальной, географической и видовой изменчивости. Поэтому нами проведен сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла изучаемых видов сосен, произрастающих в разных природно-климатических условиях.

Таблица 4.5 – Компонентный состав эфирного масла видов рода *Pinus* L. в условиях Южного берега Крыма

№	Компонент	RI	Количественное содержание (% отн.) идентифицированных компонентов эфирного масла			
			<i>Pinus radiata</i> D.Don	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	<i>Pinus coulteri</i> D.Don	<i>Pinus pallasiana</i> D.Don
1	2	3	4	5	6	7
1	этанол	819	3,01	6,80	3,12	2,19
2	трициклен	931	0,17	0,04	0,06	0,23
3	α -туйен	934	0,05	0,04	0,09	0,05
4	α-пинен	940	21,20	13,69	10,67	26,08
5	камфен	947	0,80	0,32	0,34	1,80
6	1-изопропил-4-метиленибицикло[3.1.0]гекс-2-ен	950	0,12	0,04	0,04	0,13
7	сабинен	966	0,12	0,03	0,07	0,12
8	β-пинен	970	29,57	2,06	11,64	4,78
9	β -мирцен	981	1,84	2,16	0,61	1,10
10	γ 3-карен	996	2,05	0,06	0,07	0,02
11	α -терпинен	1001	0,14	0,04	0,11	0,07
12	p-цимен	1004	0,18	0,10	0,21	0,26

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7
13	β -фелландрен	1010	0,79	0,71	1,74	1,86
14	лимонен	1013	12,41	15,23	2,10	–
15	цис-оцимен	1020	–	2,39	0,48	2,79
16	транс-оцимен	1030	0,85	0,13	–	0,13
17	γ -терпинен	1038	0,13	0,13	0,07	0,38
18	лимонен оксид	1046	0,11	0,16	–	0,07
19	терпинолен	1065	0,75	0,27	0,22	–
20	α -гуйон	1072	0,33	0,71	–	0,10
21	эпокситерпинолен	1076	0,71	1,05	0,35	0,10
22	β -гуйон	1083	0,07	0,09	–	0,14
23	фенхол	1086	0,36	0,14	–	0,22
24	α -камфоленаль	1090	0,29	0,63	0,41	–
25	пинон	1092	0,27	–	–	0,27
26	камфора	1103	0,14	0,34	0,10	–
27	пинокарвеол	1108	1,86	0,53	0,26	–
28	экзо-метилкафенилол	1116	–	–	0,17	0,67
29	вербенол	1116	0,43	–	–	–
30	пулегол	1116	–	0,70	–	0,11
31	цитронеллаль	1121	–	0,72	–	0,86
32	изо-пулегол	1127	–	0,21	–	–
33	пинокарвон	1121	0,42	–	0,19	–
34	пинокамфон	1133	0,25	–	–	0,56
35	изоборнеол	1136	0,64	0,78	0,23	–
36	терпинен-4-ол	1148	0,46	0,48	0,39	–
37	миртеналь	1152	0,83	0,43	0,20	–
38	дигидрокарвон	1158	–	–	0,16	–
39	α -терпинеол	1161	4,51	5,72	1,45	–
40	миртенол	1167	1,50	–	–	0,59
41	эстрагол	1175	–	6,39	0,60	0,33
42	деканаль	1175	–	–	2,14	0,32
43	фенхил ацетат	1191	0,12	–	–	–
44	карвон	1203	–	–	6,98	2,66
45	метилтимол	1204	0,18	–	–	0,53
46	цитронеллол	1208	–	3,49	–	–
47	ундек-2-ен-1-ол	1249	–	–	0,53	–
48	борнилацетат	1254	0,14	–	–	–
49	1,1-диэтоксиктан	1270	–	0,30	–	–
50	миртенил ацетат	1292	0,10	–	–	–
51	дигидрокарвил ацетат	1298	–	–	0,09	–
52	карвакрол	1303	–	0,19	–	–
53	α -иланген	1330	0,10	–	–	5,50
54	α -кубебен	1330	–	–	1,92	–
55	α -копаен	1354	0,21	–	3,62	0,26
56	β -боурбонен	1361	0,05	–	0,35	–
57	β -кубебен	1366	0,06	–	0,47	–
58	β -элемен	1368	0,11	–	1,83	1,34

Окончание таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7
59	додеканаль	1378	–	–	4,00	0,55
60	тридеканаль	1379	–	3,00	–	–
61	транс-кариофиллен	1392	1,04	–	0,85	0,94
62	фенилэтил бутират	1400	–	20,58	–	2,49
63	бергамотен	1412	0,23	–	0,77	0,17
64	кубебен	1420	0,10	–	0,62	0,17
65	гумулен	1423	0,22	–	–	1,71
66	фарнезен	1435	–	–	0,41	–
67	β -кадинен	1443	0,14	–	1,27	–
68	гермакрен D	1448	2,48	–	3,15	9,67
69	β -селинен	1453	–	–	0,69	–
70	бициклосесквифеландрен	1456	0,24	–	1,72	–
71	1,1-диэтоксидекан	1460	–	0,89	–	0,53
72	α -селинен	1462	–	–	1,34	2,04
73	гермакрен B	1462	0,56	–	–	0,39
74	α -мууролен	1470	0,42	–	4,02	–
75	α -аморфен	1478	0,30	–	1,23	–
76	γ -кадинен	1480	0,24	–	–	17,44
77	каламенен	1482	0,20	–	2,02	–
78	δ-кадинен	1488	1,14	–	11,07	–
79	кадина-1,4-диен	1495	0,12	–	0,87	–
80	неролидол	1526	0,14	–	1,12	0,47
81	спатуенол	1529	0,55	–	–	–
82	торреиол	1531	–	–	1,02	–
83	кариофиллен оксид	1531	0,27	–	–	1,08
84	?	1541	–	–	0,45	–
85	кубенол	1575	0,24	–	–	1,18
86	кубенол(изомер)	1576	–	–	2,45	–
87	тау-мууролол	1586	1,23	–	4,46	–
88	α -кадинол	1595	1,10	–	2,10	1,94
89	?	1650	–	0,48	–	0,13
90	маноил оксид	1778	0,58	4,52	0,32	–
Определено / идентифицировано			64/64	42/41	60/59	53/53

Условные обозначения: **RI** – индекс удерживания компонента

P. radiata как представитель подсекции *Australes* секции *Trifoliae* рода *Pinus* характеризуется преобладанием в эфирном масле монотерпенов (Efstathia et al., 2014), в частности α - и β -пиненов с большим удельным весом последнего. Так, при культивировании в Греции и Эквадоре, сумма пиненов составила 56,6% (Efstathia et al., 2014), и 57,1% (Sacchetti et al., 2005), соответственно (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Основные компоненты эфирного масла видов
рода *Pinus* L. в разных климатических условиях

Компонент	<i>Pinus radiata</i> D.Don			<i>Pinus sabiniana</i> Douglas			<i>Pinus coulteri</i> D.Don		
	Греция (Efsthathia et al., 2014)	Эквадор (Sacchetti G. et al., 2005)	ЮБК	Греция (Efsthathia et al., 2014)	Калифорния (Adams, Wright, 2012)	ЮБК	Греция (Efsthathia et al., 2014)	Тунис (Hanana et al., 2014)	ЮБК
этанол	-	-	3,01	-	-	6,80	-	-	3,12
α -пинен	18,9	21,9	21,2	61,6	39,1	13,69	13,6	10,8	10,67
β -пинен	38,7	35,2	29,57	4,7	3,3	2,06	1,1	11,3	11,64
β -мирцен	1,3	1,9	1,84	2,0	3,6	2,16	-	1,0	0,61
β -фелландрен	5,0	12,6	0,79	2,0	10,4	0,71	6,2	-	1,74
α -фелландрен	-	-	-	-	-	-	-	5,1	-
лимонен	-	-	12,41	-	10,5	15,23	-	-	2,10
цис-оцимен	3,8	-	-	5,2	4,6	2,39	1,6	0,1	0,48
метилхавикол	-	-	-	1,4	4,5	-	1,9	0,2	-
терпинолен	-	2,2	0,75	-	-	-	-	0,2	-
α -копаен	-	-	0,21	-	-	-	-	-	3,62
цитронеллол	-	1,9	-	-	-	3,49	-	-	-
додеканаль	-	-	-	-	1	-	-	-	4
α -терпинеол	-	3,0	4,51	-	-	5,72	-	-	1,45
эстрагол	-	-	-	-	-	6,39	-	-	-
карвон	-	-	-	-	-	-	-	-	6,98
тридеканал	-	-	-	-	-	3,0	-	-	-
фенилэтилбутират	-	-	-	-	-	20,58	-	-	-
4-эпи-изоцеброл	-	-	-	-	-	-	17,7	-	-
β -кариофиллен	-	-	-	-	-	-	-	21,3	-
гермакрен D	6,4	-	2,48	-	-	-	8,8	6,2	-
α -мууролен	-	-	0,42	-	-	-	-	-	4,02
бициклосесквифелландрен	4,7	-	0,24	-	-	-	-	-	1,72
маноил оксид	-	-	-	-	-	4,52	-	-	-
(E)-калманен	-	-	-	-	-	-	-	15,2	-
δ -кадинен	3,6	-	1,14	-	-	-	3,6	0,1	11,07
α -кадинол	2,7	-	1,10	-	-	-	4,7	-	2,10
тау-мууролол	-	-	1,23	-	-	-	-	5,3	4,46

Эта тенденция прослеживается и в результатах наших исследований (в условиях ЮБК сумма пиненов составляет 50,77%) и согласуется с данными, полученными другими авторами (Pettrakis et al., 2001). Особенностью эфирного масла *P. radiata* в условиях ЮБК является наличие лимонена (12,41%), который

определяет более сильный хвойный запах эфирного масла. Дитерпены и сесквитерпены в эфирном масле *P. radiata* в разных экологических условиях присутствуют в небольших количествах. Сравнивая имеющиеся данные можно сделать вывод, что компонентный состав эфирного масла данного вида достаточно стабилен.

В эфирном масле *P. sabiniana* как представителя подсекции *Ponderosae* секции *Trifoliae* рода *Pinus* также преобладают монотерпены, но в отличие от *P. radiata* – α -пинен. В анализе, представленном Adams and Wright (2012) при произрастании в естественных условиях (Калифорния) α -пинен был наиболее распространенным метаболитом (39,1%) с умеренными количествами лимонена (10,5%) и β -фелландрена (10,4%).

При выращивании в Греции содержание α -пинена в два раза выше (Efstathia et al., 2014), по сравнению с природными местообитаниями, на ЮБК – в два раза меньше (13,69%). Лимонен присутствует в достаточном количестве в эфирном масле из природных местообитаний и ЮБК. Доминирующим компонентом эфирного масла *P. sabiniana* на ЮБК, как было указано выше, является монотерпеновый спирт фенилэтил бутират. Таким образом, для данного вида характерным является доминирующая роль монотерпенов, (а именно α -пинена) и их производных, количественное соотношение которых варьирует в зависимости от условий произрастания, а также практически полное отсутствие дитерпенов и сесквитерпенов.

Наибольшей вариабельностью компонентного состава эфирного масла характеризуется *P. coulteri*. У этого вида наблюдается преобладание сесквитерпенов и дитерпенов. Однако, качественный состав данной группы сильно варьирует в разных экологических условиях. Так, при произрастании в Греции содержание монотерпенов составляет 26,7%, дитерпенов – 28,6%, сесквитерпенов – 48% (Efstathia et al., 2014). Основным компонентом является дитерпеновый спирт 4-эпи-изоцеамброл (17,7%) и сесквитерпен гемакрен D (8,8%). В Тунисе в эфирном масле *P. coulteri* удельное содержание монотерпенов 29,2%, сесквитерпенов – 55,4%. Преобладают сесквитерпены: β -кариофиллен (21,3%) и

(E)-калманен (15,2%), также присутствует α -фелландрен 5,1% (Hanana et al., 2014). На ЮБК доля сесквитерпенов уменьшается и составляет 38%, в то время как доля монотерпенов и их производных возрастает до 37,5%. Среди сесквитерпенов в условиях ЮБК ведущую роль играет δ -кадинен (11,07%).

Таким образом, показано, что основными компонентами эфирного масла *P. radiata* и *P. sabiniana* являются вещества класса терпенов. Среди органических соединений эфирного масла *P. coulteri* и *P. pallasiana* существенна доля сесквитерпенов. Соединения терпеноидной природы, согласно данным литературы, реагируют на стрессовые воздействия, выполняя защитную роль в физиологических процессах (Зауралов, 1975) и могут служить индикатором состояния растений (Фуксман, 2002). Например, при пониженных температурах в тканях сосны обыкновенной происходят изменения в составе вторичных метаболитов, также увеличивается содержание эфирных масел, а в их составе растет количество наиболее летучих компонентов, к которым относится α -пинен (Фуксман, 1999). Среди исследуемых видов наибольшее процентное соединение α -пинена обнаружено у аборигенного вида *P. pallasiana*, сравнительно с североамериканскими соснами, что может свидетельствовать об активации защитных механизмов, связанных, скорее всего, с условиями произрастания в высотном диапазоне ниже оптимума. Среди интродуцентов наибольшее процентное содержание α -пинена обнаружено у *P. radiata*, что связано с факторами био/абиогенной природы.

Таким образом, исследования показали, что североамериканские виды в парковых сообществах достигают биометрических параметров, свойственных деревьям в естественном ареале. Большинство исследуемых растений представлены экземплярами в хорошем жизненном состоянии: *P. radiata* – 72,2%, *P. sabiniana* – 57,0% и *P. coulteri* – 62,0%. Годичный прирост побегов североамериканских видов отличается несколько меньшими значениями по сравнению с аборигенным видом. Интенсивность роста побегов исследуемых видов определяется условиями влагообеспечения предшествующего года их

вегетации. Метрические параметры хвои североамериканских видов в условиях ЮБК находятся в пределах значений для зоны их естественного произрастания. Количественные признаки хвои – длина, ширина, толщина – изменяются незначительно. По сравнению с аборигенным видом *P. pallasiana*, средняя и повышенная вариабельность отмечается у *P. radiata*. Размеры хвои исследуемых видов определяются погодными условиями в период ее роста с апреля по июнь включительно. Североамериканские виды имеют типичное анатомическое строение хвои для представителей рода *Pinus*. Отмечаются некоторые различия количественных анатомических признаков. Максимальное количество слоев гиподермы отмечено у *P. coulteri* (3-5 слоев), так же, как и количество слоев мезофилла (3-4 слоя). Наиболее вариативным признаком хвои является площадь смоляных каналов.

Накопление эфирного масла в тканях хвои происходит преимущественно в складчатом мезофилле. Установлено, что эфирное масло исследуемых видов отличается по количественным и качественным характеристикам. Показатели динамики компонентного состава эфирного масла могут быть использованы в качестве теста экологической пластичности видов рода *Pinus*.

РАЗДЕЛ 5

**МОРФОЛОГИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН,
КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ И СЕМЯН СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ
РОДА *PINUS* L. В УСЛОВИЯХ ПАРКОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ**

5.1 Фенология пыления

Синхронность процессов лета пыльцы в сосновых насаждениях относится к определяющим факторам успешного опыления и дальнейшего формирования полноценных семян (Некрасова, 1983; Воробей, 1987). В работах З.П. Коц (1974) показано, что разница в сроках пыления со смещением в 1-3 дня может полностью исключить дерево из числа потенциальных опылителей. При изучении внутривидовых форм сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) установлено, что расхождение сроков пыления обуславливается различной требовательностью растений к обеспечению их теплом (Лаура, 1978).

Исследования фенологии развития репродуктивных органов *P. sylvestris* позволило ряду авторов сделать выводы о влиянии условий теплообеспеченности региона на прохождение процессов опыления (Долголиков, 1980; Сурсо, 1988). Б.М. Фабричный (1985) приводит данные о том, что сроки начала пыления *P. sylvestris* определяются суммой накопленного тепла, которая для каждого климатипа является наследственно обусловленной. Таким образом, можно дать достаточно точный прогноз сроков начала пыления, используя данные о сумме эффективных температур.

Помимо асинхронности процессов полликации, на качество опыления семяпочек оказывает влияние процесс разлета пыльцы и общая его продолжительность (Мажула, 1988; Ребко, 2014).

Фенология развития и качество пыльцы являются важнейшими характеристиками, определяющими состояние растений, их биоэкологический потенциал и уровень реакции на изменение факторов окружающей среды (Коба, 2004; Черепанова, Мищихина, 2012; Пименов и др., 2014). Изучение

влияния абиотических факторов на количественные и качественные показатели мужской генеративной сферы позволяет выявить уровень адаптивных возможностей исследуемых видов в конкретных условиях произрастания (Коба, 2014).

Среди изучаемых видов поллиница *P. radiata* на ЮБК проходит раньше других сосен. На рисунке 5.1 приведены фотографии мужских колосков *P. radiata* до начала полликации (рисунок 5.1 А), в период начала (рисунок 5.1 Б) и после окончания (рисунок 5.1 В).



А

Б

В

Рисунок 5.1 – Внешний вид мужских колосков *P. radiata*: А – до начала пыления; Б – в начале пыления; В – после окончания пыления

На ЮБК в климатических условиях 2016 г. начало пыления отмечалось в конце первой декады апреля (10-12 апреля), при среднесуточной температуре воздуха $+15^{\circ}\text{C}$ и сумме активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ – 489°C . В 2017 г. эта фенофаза проходила в начале второй декады апреля (11-12 апреля) при среднесуточной температуре $+7,7^{\circ}\text{C}$ и сумме активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ 455°C . В 2018 г. было отмечено наиболее раннее пыление в период проведения исследований, которое наблюдалось в начале первой декады апреля (4-6 апреля)

при среднесуточной температуре воздуха $8,3^{\circ}\text{C}$ и сумме активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ 458°C .

Разница суммы активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ в годы наиболее раннего и наиболее позднего начала пыления (2018 и 2017 гг.) составила 34°C . В среднем, период лета пыльцы продолжался 10-11 дней, наиболее интенсивное распространение микроспор отмечено в первые 5 дней начала фенофазы.

Для *P. sabiniana* также характерно достаточно раннее пыление. В погодных условиях 2016 г. рассеивание пыльцы было отмечено в конце второй декады апреля (20-22 апреля) при достижении среднесуточной температуры воздуха $+17,7^{\circ}\text{C}$, сумма накопленных активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ к этому периоду составила $616,1^{\circ}\text{C}$. В 2017 г. фенофаза пыления *P. sabiniana* отмечалась в начале первой декады мая (3-5 мая) при среднесуточной температуре воздуха $+21^{\circ}\text{C}$ и накопленной сумме активных температур выше $>5^{\circ}\text{C}$ – $702,7^{\circ}\text{C}$. В 2018 г. рассеивание пыльцы началось на 15 дней раньше по сравнению с 2017 г. – в конце второй декады (18-20 апреля). Погодные условия этого периода характеризовались среднесуточной температурой воздуха $+16,4^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ составила $654,2^{\circ}\text{C}$, что на $48,5^{\circ}\text{C}$ меньше чем в предыдущем году. Продолжительность пыления *P. sabiniana* составила 18-19 дней. Наиболее интенсивное распространение пыльцы отмечалось в первые 5-7 дней. Разница суммы накопленных активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ наиболее раннего и позднего периодов начала лета пыльцы составила $86,6^{\circ}\text{C}$.

По сравнению с двумя предыдущими североамериканскими видами *Pinus*, *P. coulteri* характеризуется наиболее поздним началом фенофазы пыления. В погодных условиях 2016 г. процесс лета пыльцы проходил во второй декаде мая (14-16 мая) при среднесуточной температуре воздуха $+16,6^{\circ}\text{C}$ и сумме накопленных активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ $970,8^{\circ}\text{C}$. Начало пыления *P. coulteri* в 2017 г. было отмечено в конце второй декады мая (19-21 мая), при среднесуточной температуре воздуха $+13,3^{\circ}\text{C}$ и сумме накопленных активных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ – $946,2^{\circ}\text{C}$. В 2018 г. фенофаза проходила в конце первой декады мая (8-10 мая) при достижении среднесуточной температуры воздуха

Средняя продолжительность периода пыления колеблется от 8-16 дней, наиболее интенсивное распространение пыльцы отмечено в течение 5 первых дней. Разница сумм активных температур между датами наиболее раннего и позднего начала фенофазы в 2016-2018 гг. составила 125,5°C.

Результаты изучения особенностей фенологии пыления североамериканских представителей рода *Pinus* показали, что средние даты начала полликации являются видоспецифическими и находятся в определенной зависимости от нижнего предела суммы накопленных активных температур, в данном случае >5°C. Наиболее ранние сроки пыления отмечены у *P. radiata* подсекции *Attenuatae*, которое проходило на ЮБК в 2016-2018 гг. в I-II декаде апреля, при накопленной сумме активных температур >5°C 455-489°C. Видом, вступающим в фенофазу пыления после *P. radiata*, была *P. sabiniana* – представитель подсекции *Ponderosae* (конец II декады апреля – начало I декады мая). Пыление отмечалось при достижении суммы активных температур >5°C 616,1-702,7°C.

Наиболее позднее пыление (конец I декады – конец II декады мая) отмечалось у *P. coulteri* (подсекция *Ponderosae*). Начало фенофазы было зафиксировано при достижении суммы активных температур >5°C от 946,2 до 1000,6°C.

Изучение пыльцевого режима североамериканских представителей рода *Pinus* показало, что у исследуемых видов значительно различаются сроки и продолжительность фенофазы пыления, наступление которой определяется суммой накопленных активных температур. Основная масса продуцируемой растением пыльцы рассеивается в первые дни после растрескивания микроспорангиев микростробилов и изменяется от 5 до 7 дней. На скорость и интенсивность ее распространения в значительной степени оказывают влияние погодные условия, а именно температура, влажность воздуха и скорость ветра в период прохождения фенофазы.

5.2 Морфология пыльцы

Вариация размеров пыльцевых зерен и их жизнеспособность определяются видовой принадлежностью (Skogsmyr, Lankinen, 1999) и генотипом, при этом, в значительной степени зависят от динамики факторов окружающей среды (Young, Stanton, 1990; Quesada et al., 1995; Delph, Johannsson, Stephenson, 1997; Travers, 1999; Parantainen, Pulkkinen, 2002). Размеры пыльцы в целом характеризуются низкой изменчивостью. У хвойных деревьев значение коэффициента вариации отдельных признаков пыльцы имеет близкое значение, что связано с наследственно закрепленной изменчивостью фенотипических показателей растения, связанной с генетическими особенностями (Мамаев, 1968). Мужская генеративная сфера сосен проявляет сильные колебания по годам в зависимости от погодно-климатических условий, особенно в период формирования пыльцы (Третьякова, Носкова, 2004). Количественные и качественные показатели пыльцевых зерен определяют репродуктивные возможности вида и служат важнейшими диагностическими критериями в эколого-генетических, селекционных и фитомониторинговых исследованиях (Некрасова, 1983; Третьякова, 1990; Частоколенко, 2002; Бондарь, Носкова, Третьякова, 2006; Коба, 2012; Елькина, Карпова, 2015; Шевченко и др., 2016; Коба, 2017). Метрические характеристики параметров пыльцевых зерен и их соотношение используются для определения аэродинамических возможностей пыльцы (Ткаченко, Самошкин, 2001).

Средние показатели общей длины (L) тела пыльцевых зерен *P. radiata* варьировали от 104,7 до 107,2 мкм, коэффициент вариации (V) составлял 5,1-6,6%. Средняя длина тела пыльцевых зерен (A) изменялась от 64,7 до 68,0 мкм (V = 7,7-9,4%), средняя высота тела (B) – 57,9-59,3 мкм (V = 6,8-8,4%). Средние показатели длины (C) и высоты (D) воздушных мешков составляли 36,5-41,0 мкм (V = 10,4 -14,5 %) и 55,2-58,4 мкм (V = 10,0-11,3%) соответственно (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Морфометрические характеристики пыльцевых зерен исследуемых
ВИДОВ

Вид			Параметры пыльцевых зерен, мкм				
			L	A	B	C	D
<i>Pinus pallasiana</i> D.Don	Lim, мкм	2016	61,9-99,8	38,1-64,8	32,3-52,6	19,6-49,8	27,1-67,0
		2017	62,6-93,7	41,8-65,5	31,1-53,9	19,8-48,0	26,0-50,7
		2018	64,1-102,5	37,7-65,3	31,7-60,1	19,6-52,9	27,6-83,7
	M±m, мкм	2016	80,6±0,2	51,9±0,2	43,9±0,1	30,0±0,1	40,1±0,2
		2017	80,7±0,2	52,7±0,1	43,7±0,1	29,1±0,1	39,0±0,2
		2018	81,1±0,2	50,3±0,2	47,7±0,1	29,7±0,1	41,0±0,2
	V, %	2016	6,4	8,6	8,4	10,9	10,8
		2017	6,5	7,2	8,3	11,4	10,6
		2018	6,9	9,4	8,3	11,8	11,2
<i>Pinus radiata</i> D.Don	Lim, мкм	2016	89,7-125,8	48,3-81,9	43,9-72,6	26,4-54,3	38,4-77,8
		2017	90,7-125,9	47,4-81,8	46,3-68,2	24,1-53,5	37,4-73,3
		2018	86,3-126,8	54,2-83,5	44,1-74,0	28,0-55,9	41,1-80,2
	M±m, мкм	2016	104,7±0,2	66,3±0,2	57,9±0,2	39,2±0,2	55,4±0,2
		2017	107,2±0,2	64,7±0,2	58,2±0,1	36,5±0,2	55,2±0,2
		2018	106,1±0,2	68,0±0,2	59,3±0,2	41,0±0,2	58,4±0,3
	V, %	2016	6,6	8,4	7,2	12,7	10,8
		2017	5,1	9,4	6,8	14,5	11,3
		2018	5,6	7,7	8,4	10,4	10,0
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	Lim, мкм	2016	75,9-124,1	41,3-88,1	40,8-86,6	26,4-48,9	33,8-74,0
		2017	71,2-126,5	44,1-89,8	39,6-85,2	25,4-49,5	33,5-73,4
		2018	83,7-123,8	41,9-88,7	42,6-71,9	26,3-49,8	35,6-67,4
	M±m, мкм	2016	96,8±0,3	66,8±0,2	55,4±0,2	34,7±0,2	51,3±0,2
		2017	104,6±0,3	68,0±0,2	61,5±0,3	38,0±0,2	56,5±0,2
		2018	105,2±0,3	62,5±0,2	57,3±0,2	37,1±0,2	54,3±0,2
	V, %	2016	7,7	8,2	8,4	8,1	7,4
		2017	7,9	7,7	13,5	11,9	11,7
		2018	6,4	8,9	9,3	10,2	9,9
<i>Pinus coulteri</i> D.Don	Lim, мкм	2016	97,6-142,8	58,3-102,0	48,9-96,2	30,4-60,8	39,1-76,7
		2017	98,5-142,3	58,8-102,2	47,8-86,2	28,8-63,2	37,6-71,9
		2018	97,1-143,9	58,0-102,8	50,0-103,8	32,1-58,1	42,1-80,1
	M±m, мкм	2016	116,9±0,2	77,3±0,2	66,7±0,2	43,9±0,2	56,2±0,2
		2017	117,4±0,2	77,9±0,2	65,9±0,2	42,2±0,2	56,0±0,2
		2018	117,8±0,2	76,0±0,2	72,4±0,3	44,6±0,2	58,6±0,2
	V, %	2016	5,4	8,3	9,3	11,2	10,8
		2017	5,5	8,7	9,3	12,2	11,4
		2018	5,4	8,2	9,5	9,7	10,1

Примечание: Lim, мкм – пределы изменчивости; M – среднее значение; m – стандартная ошибка среднего значения; V – коэффициент вариации.

Пыльцевые зерна *P. sabiniana* в условиях ЮБК имели следующие показатели: L – 96,8-105,2 мкм (V = 6,4-7,9%), A – 62,5-68,0 мкм (V = 7,7-8,9%), B

– 55,4-61,5 мкм ($V = 8,4-13,5\%$), С – 34,7-38,0 мкм ($V = 8,1-11,9\%$), D – 51,3-56,5 мкм ($V = 7,4-11,7\%$). Средние показатели С и D варьировали от 42,2 до 44,6 мкм ($V = 9,7-12,2\%$) и от 56,0 до 58,6 мкм ($V = 10,1-11,4\%$), соответственно.

Наиболее крупные размеры пыльцы среди исследуемых видов выявлены у *P. coulteri*, средний показатель L в 2016-2018 гг. составлял 116,9-117,8 мкм, при $V = 5,4-5,5\%$, А – 76,0-77,9 мкм, при $V = 8,2-8,7\%$, В – 65,9-72,4 мкм ($V = 9,3-9,5\%$).

При исследовании морфометрических параметров пыльцы *P. pallasiana* в нижнем поясе ЮБК были определены следующие значения: L – 80,6-81,1 мкм ($V = 6,4-6,9\%$), А – 50,3-52,7 мкм ($V = 7,2-9,4\%$), В – 43,7-47,7 мкм ($V = 8,3-8,4\%$), С – 29,1-30,0 мкм ($V = 10,9-11,8\%$), D – 39,0-41,0 мкм ($V = 10,6-11,2\%$).

Установлено, что размеры пыльцевых зерен и их отдельных элементов у интродуцированных видов несколько выше в сравнении с таковыми аборигенного вида (Сахно, 2017 а, в, г; Плугатарь, Сахно, 2018). Следовательно, их размеры видоспецифичны, и как отмечается в литературе, у сосен, имеющих, большие женские шишки формируется более крупная пыльца (Farjon, 2005). Наибольшие размеры пыльцевых зерен отмечены у *P. coulteri*. В целом наши данные подтверждают сведения многих авторов о низкой изменчивости метрических признаков мужской генеративной сферы видов *Pinus*. Линейные параметры общей длины тела пыльцевых зерен изучаемых видов характеризуются очень низкой вариацией. Изменчивость длины тела пыльцевых зерен оценена по шкале С.А. Мамаева как очень низкая для пыльцы *P. pallasiana*, *P. radiata* и *P. sabiniana* в условиях 2017 года и низкая для всех остальных образцов. Высота тела пыльцевых зерен также отличается очень низким (*P. radiata* в условиях 2016 и 2017 гг.) и низким уровнем изменчивости, средний уровень отмечен у пыльцы *P. sabiniana* в 2017 г. Анализ параметров воздушных мешков большинства образцов пыльцы показал низкую изменчивость признака, очень низкую вариабельность у *P. sabiniana* при характеристике высоты воздушных мешков в 2016 г. и среднюю вариабельность признака длины воздушных мешков *P. radiata* в 2017 г. (Сахно, 2018 в).

5.3 Аномалии формы и размера пыльцы

При изучении пыльцы интродуцированных видов сосны были выявлены некоторые ее аномалии. Пыльца *P. radiata* в условиях 2016 г. характеризовалась наиболее низким их количеством - 2,1% (рисунок 5.3). Нами выявлены мелкие пыльцевые зерна – 1,6%, пыльцевые зерна с аномалиями воздушных мешков – 0,5%, в том числе с полной или частичной редукцией летательных мешков, а также отклонениями от стандартного их количества (1, 3 и 4 шт.).

В 2017 г. анализ качества пыльцы *P. radiata* показал снижение общего количества морфологически нормальных пыльцевых зерен до 89,8%. Аномалии воздушных мешков составили 3,4%, из них 1,2% представлены пыльцевыми зернами с 1, 3 и 4 летательными мешками, недоразвитые и видоизмененные – 2,2%. Аномалии развития тела пыльцевых зерен – 6,8%, из которых 0,5% – аномально мелкие. Морфологическая характеристика пыльцы *P. radiata* в 2018 г. имела следующие показатели: нормально сформированная – 91,6%, аномалии тела пыльцевых зерен – 7,9%, отклонения от нормальной формы воздушных мешков – 0,5. Аномалии тела были представлены мелкими пыльцевыми зернами – 1,0% и линзовидными – 6,9%. Отклонения летательных мешков были в виде полной и частичной их редукции.

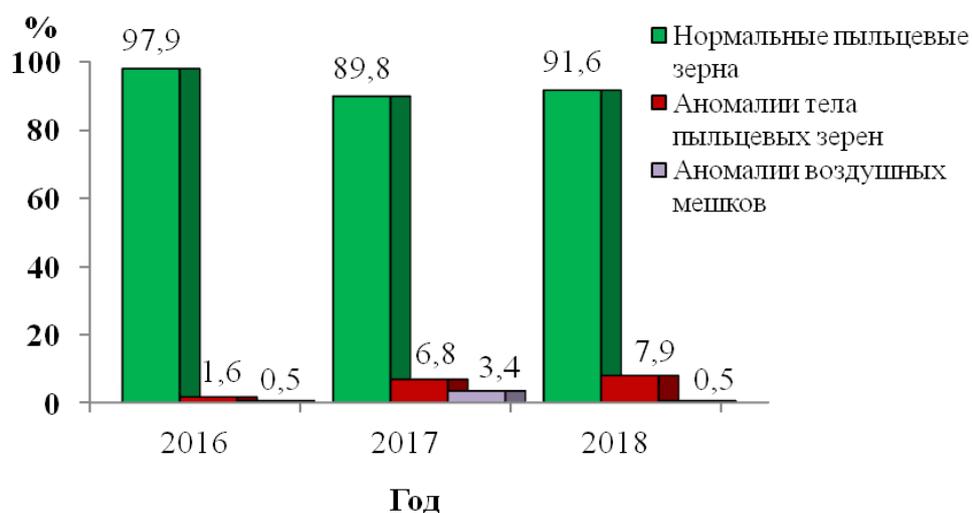


Рисунок 5.3 – Соотношение пыльцы *Pinus radiata* D.Don

Таким образом, в условиях интродукции *P. radiata* продуцирует достаточно большое количество морфологически нормальной пыльцы от 89,8 до 97,9%. Основные отклонения формы пыльцевых зерен представлены изменениями его тела, как правило, это аномально-мелкие или гипертрофированные пыльцевые зерна, а также линзовидные и истощенные.

Исследование особенностей *P. sabiniana* в 2016 г. показало, что 90,7% пыльцевых зерен морфологически нормально развиты. Аномалии тела пыльцевых зерен составляли 6% и представлены, преимущественно, мелкими пыльцевыми зёрнами. Отклонения развития летательных мешков достигали 3,3% (рисунок 5.4). Число морфологически нормально развитых пыльцевых зерен в условиях 2017 г. находилось в пределах 96%, аномалии формы тела - 2,9%, количество нарушений воздушных мешков составила – 1,1 %. В погодных условиях 2018 г. количество нормально развитых пыльцевых зерен снизилось до 87,5%.

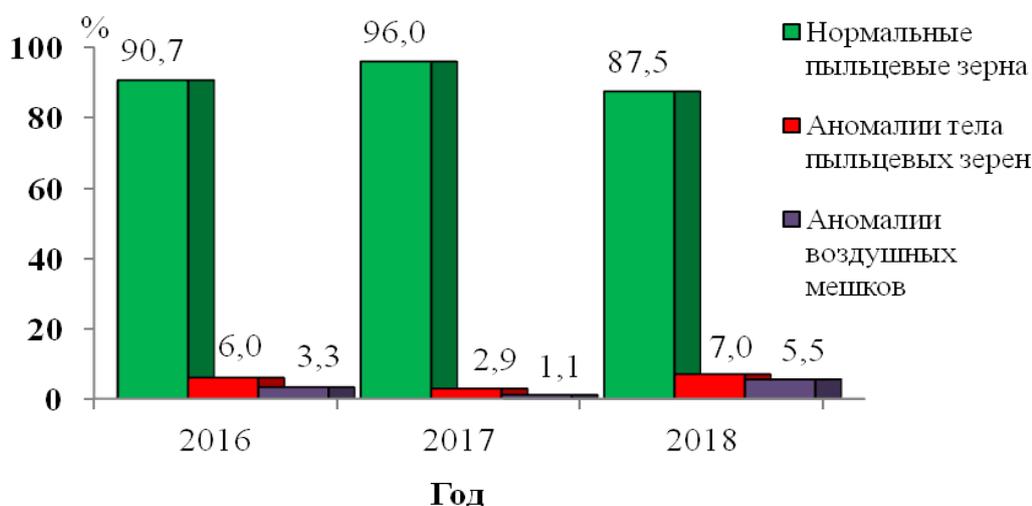


Рисунок 5.4 – Соотношение пыльцы *Pinus sabiniana* Douglas

Отклонения от типичной формы пыльцевого зерна имели следующее распределение: аномалии тела – 7%, аномалии летательных мешков – 5,5%. Среди нарушений формы пыльцы встречали: аномально мелкие, недоразвитые, линзовидные и гипертрофированные пыльцевые зерна.

Среди нарушений летательных мешков (рисунок 5.5) выявляли полную или частичную их редукцию, деформацию и нестандартное количество (1, 3, 4). Таким

образом, в условиях 2018 г. наблюдалось увеличение количества аномалий формы пыльцы в 3,1 раза по сравнению с 2017 г.

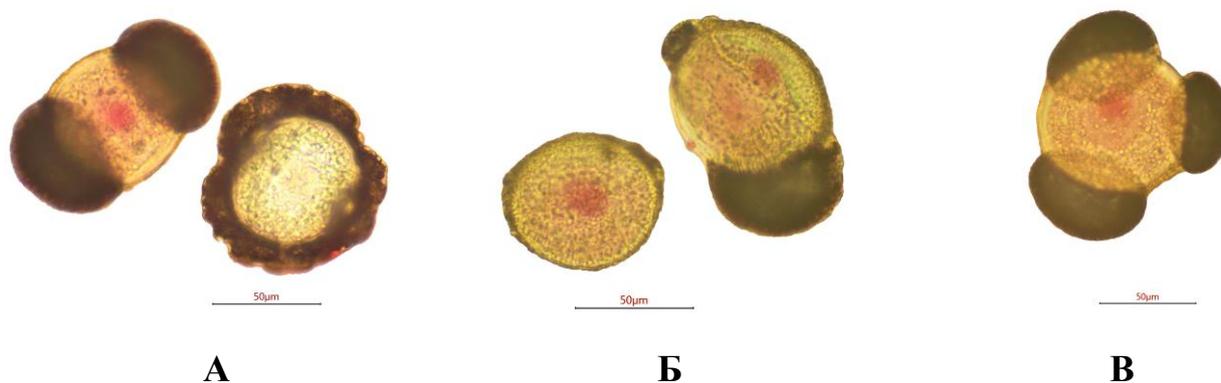


Рисунок 5.5 – Аномалии пыльцевых зерен *Pinus sabiniana* Douglas (масштабная линейка 50 мкм): А – воротничковая форма пыльцевого зерна; Б – пыльцевое зерно с полной и частичной редукцией воздушных мешков; В – пыльцевое зерно с 3 воздушными мешками

Высокие показатели морфологически нормально сформированных пыльцевых зерен также наблюдались у *P. coulteri* (рисунок 5.6).

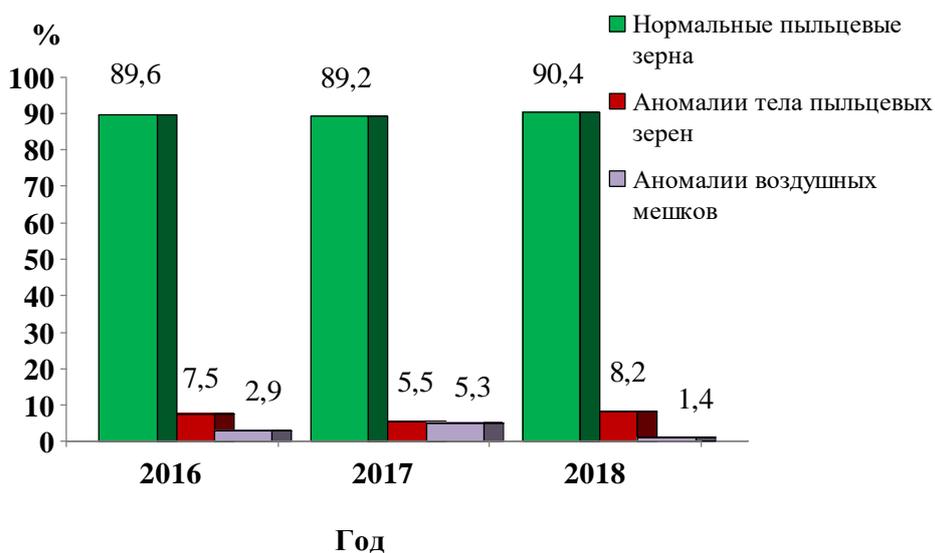


Рисунок 5.6 – Соотношение пыльцы *Pinus coulteri* D.Don

В условиях 2016 г. количество нормально развитых пыльцевых зерен составило 89,6%. Аномалии распределились следующим образом: 7,5% – отклонения связанные с нарушением формы тела пыльцевого зерна и 2,9% – редукция летательных мешков. В 2017 г. количество нормально развитых пыльцевых зерен составило 89,2%.

Нарушения формы и размера тела пыльцевого зерна – 5,5% (с преобладанием линзовидной формы пыльцы 3,9%) и летательных мешков – 5,3% (недоразвитые и с нестандартным количеством воздушных мешков: 1, 3, 4 шт., в соотношении 1:3,5:1,5).

Проведенный анализ морфологии пыльцы выявил достаточно высокий процент нормально сформированных пыльцевых зерен у изучаемых интродуцентов (рисунок 5.7).

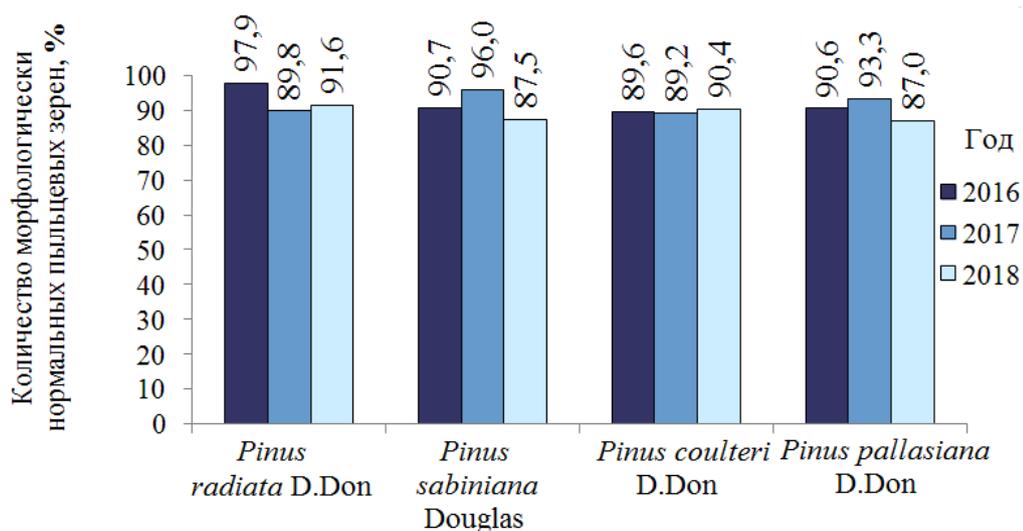


Рисунок 5.7 – Количество морфологически нормально развитых пыльцевых зерен исследуемых представителей рода *Pinus* L.

Общее число аномалий у интродуцентов не превышает уровня нарушений пыльцы аборигенного вида. Отклонения от типичной формы пыльцевых зерен представлено в подавляющем большинстве нарушениями в виде изменения тела пыльцы.

Установлено, что количество аномалий формы и размера пыльцевых зерен исследуемых видов, в той или иной степени, также зависит от температурного режима до начала фенологической фазы пыления.

Для пыльцы североамериканских представителей характерно увеличение количества морфологических отклонений в годы с наименьшей суммой активных температур $>5^{\circ}\text{C}$. При этом корреляция составила у *P. radiata* ($r = -0,99$), *P. sabiniana* ($r = -0,67$), *P. coulteri* ($r = -0,99$). У аборигенного вида *P. pallasiana* наблюдается тенденция повышения количества аномалий в годы с более высокой суммой накопленных температур $>5^{\circ}\text{C}$ ($r = 0,92$).

5.4 Показатели жизнеспособности пыльцы

Под жизнеспособностью подразумевают способность пыльцы прорасти на рыльце пестика при наличии всех необходимых для этого условий (Пухольский и др., 2013). Для хвойных растений процесс оплодотворения проходит с момента достижения пыльцевой трубки шейки архегония до момента первого деления зиготы. Содержимое пыльцевой трубки извергается в архегоний и происходит слияние более крупного спермия с ядром яйцеклетки. Спермий меньших размеров по истечению некоторого времени за ненадобностью растворяется. Способность пыльцы успешно производить оплодотворение зависит непосредственно от ее качества, оценка которого проводится по показателям жизнеспособности и фертильности (Паушева, 1980). Показатель жизнеспособности выражается количеством проросших пыльцевых зерен от общего их числа в процентах. Фертильность пыльцы характеризует ее морфофизиологическую полноценность, которая оценивается ацетокарминовым (по наличию спермиев), йодным методами (по содержанию крахмала), а также по длине сформированных трубок в результате проращивания на искусственных питательных средах. Способность пыльцевых зерен формировать пыльцевые трубки по длине достигающие архегония обеспечивает успех оплодотворения. Таким образом, длина пыльцевой трубки должна быть не меньше расстояния от поверхности нуцеллуса до архегония.

Учитывая изложенные особенности оплодотворения хвойных растений, мы использовали наиболее точный способ определения фертильности пыльцы – метод определения длины пыльцевых трубок.

Проращивания пыльцы исследуемых видов проводилось в течение 7 суток (168 часов). Первые признаки начала процесса наблюдались спустя 24 часа и проявлялись в виде набухания пыльцевых зерен. Наиболее интенсивный рост пыльцевых трубок был отмечен спустя 72 часа. В этот период отслеживалась дифференциация пыльцы по жизнеспособности. К жизнеспособным нами были отнесены пыльцевые зерна, формирующие трубки длиной, превышающей диаметр зерна.

Жизнеспособность пыльцы *P. radiata* варьировала от 53% до 69% (рисунок 5.8). В 2016 г. количество проросших пыльцевых зерен составило 57,9%, в 2017 г. – 69,0% и в 2018 г. – 53,6%. Более высокие показатели жизнеспособности пыльцы были отмечены в 2017 г.

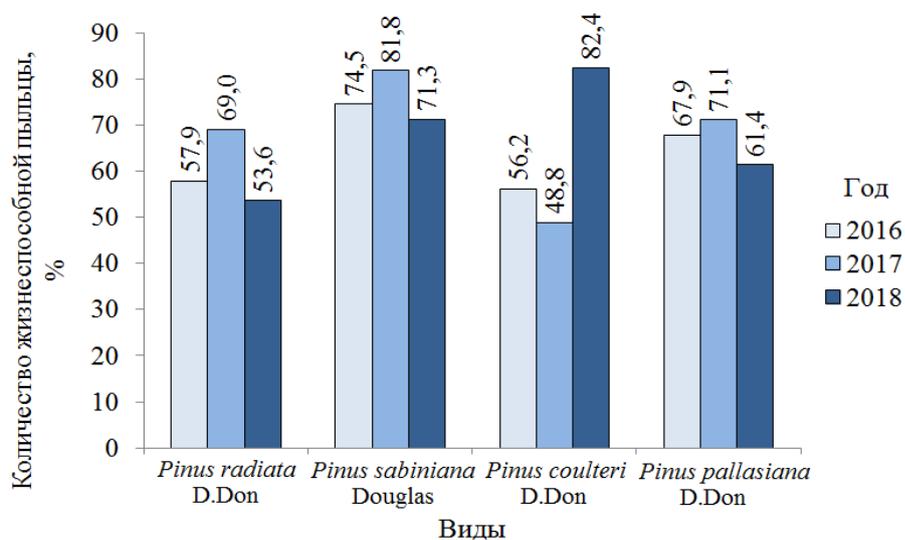


Рисунок 5.8 – Динамика жизнеспособности пыльцы исследуемых видов *Pinus* L. (2016-2018 гг.)

Жизнеспособность пыльцы *P. sabiniana* находилась в пределах от 71,3% до 81,8%. В 2016 г. значение жизнеспособности составило 74,5%, в 2017 г. – 81,8% и в 2018 г. – 71,3%. Анализ пыльцы *P. coulteri* показал, что количество жизнеспособных пыльцевых зерен также значительно варьировало: 48,8% в 2017

г., 56,2% – в 2016 г. и 82,4% – в 2018 г. Процент жизнеспособной пыльцы аборигенного вида *P. pallasiana* в 2016 г. был 67,9%, в 2017 г. – 71,1%, в 2018 г. – 61,4%.

В целом, исследуемые виды формируют жизнеспособную пыльцу. Наиболее низкой жизнеспособностью характеризуется пыльца *P. radiata* (средний показатель составил 60,2%), лучшие показатели качества отмечали у *P. sabiniana* (75,9%).

Установлено, что сумма активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ до момента начала пыления *P. radiata* оказывает слабое отрицательное влияние ($r = -0,32$) на жизнеспособность пыльцы. Однако, температурный фактор этого периода сильно влияет на ее качество у *P. sabiniana* ($r = 0,73$) и *P. coulteri* ($r = 0,97$). Повышение суммы температур воздуха до начала пыления *P. pallasiana* вызывает снижение показателей жизнеспособности пыльцы у данного вида ($r = -0,96$).

Пыльца *P. radiata* на протяжении периода исследований формировала пыльцевые трубки со средней длиной $136,8 \pm 3,1 - 150,9 \pm 2,9$ мкм (таблица 5.2). Наиболее низкие значения длины были отмечены в 2017 г., при этом характеризовались повышенной изменчивостью (22,6%). Средняя длина пыльцевых трубок *P. sabiniana* варьировала от $164,5 \pm 4,8$ мкм до $204,1 \pm 4,6$ мкм. Наиболее короткие пыльцевые трубки отмечались в условиях 2018 г., также со значительной вариацией признака (29,1%). Пыльцевые трубки *P. coulteri* характеризовались средними значениями от $179,9 \pm 3,7$ мкм (2018 г.) до $201,1 \pm 6,5$ мкм (2017 г.).

Пыльца *P. pallasiana* образовывала трубки средней длиной от $120,4 \pm 1,7$ мкм до $138,0,5 \pm 3,1$ мкм, при этом в 2018 г. наблюдали минимальное их значение.

Степень варьирования длины пыльцевых трубок исследуемых видов колеблется у разных видов от 13,9% до 32,0%. Установлено, что длина пыльцевых трубок североамериканских видов зависит от показателей длины тела пыльцевых зерен, коэффициент корреляции составил: *P. radiata* – $r = 0,98$, *P. sabiniana* – $r = 0,97$ и *P. coulteri* – $r = 0,90$.

Таблица 5.2 – Параметры длины пыльцевых трубок исследуемых видов *Pinus L.*

Вид		Параметры длины пыльцевых трубок, мкм		
		2016	2017	2018
<i>Pinus pallasiana</i> D.Don	Lim, мкм	91,8-228	90,2-216,2	89,2-163,9
	M±m, мкм	138±3,1	126,7±2,6	120,4±1,7
	V, %	20,6	20,3	13,9
<i>Pinus radiata</i> D.Don	Lim, мкм	89,7-210,6	77,0-202,8	98,9-244,1
	M±m, мкм	141,0±3,2	136,8±3,1	150,9±2,9
	V, %	20,6	22,6	18,9
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	Lim, мкм	118,6-361,7	123,5-358,9	102,2-387,5
	M±m, мкм	187,3±3,6	204,1±4,6	164,5±4,8
	V, %	23,5	22,4	29,1
<i>Pinus coulteri</i> D.Don	Lim, мкм	121,2-327,9	121,9-421,1	113,7-298,7
	M±m, мкм	186,8±4,1	201,1±6,5	179,9±3,7
	V, %	24,8	32,0	20,4

При проведении исследований нами были выявлены образцы пыльцы с нетипичной морфологией пыльцевых трубок. К ним относятся пыльцевые зерна с дорсовентральным прорастанием трубок, а также их разветвлениями на определенном этапе роста (рисунок 5.9).

В работе И.А. Смирнова (1977) отмечается, что к возможной причине появления таких отклонений относится повышенная влажность среды при прорастании. Проявление ветвления пыльцевых трубок у голосеменных растений Н.В. Цингер и В.П. Размологова (1972) связывают с адаптивным признаком, так как это явление способствует увеличению поверхности трубок за счет чего компенсируется более низкая, чем у покрытосеменных, ферментная активность цитоплазмы и стенок пыльцевых трубок.

Также существует мнение, что формирование пыльцевых трубок на примере *P. pallasiana* с вентральной и дорсальной сторон обеспечивает реализацию наиболее толерантного генотипа в экстремальных условиях произрастания и является адаптивным признаком (Коба, 2004). Таким образом, мы можем предположить, что появление аномалий роста пыльцевых трубок

исследуемых видов связано с приспособительными реакциями на изменение факторов среды.

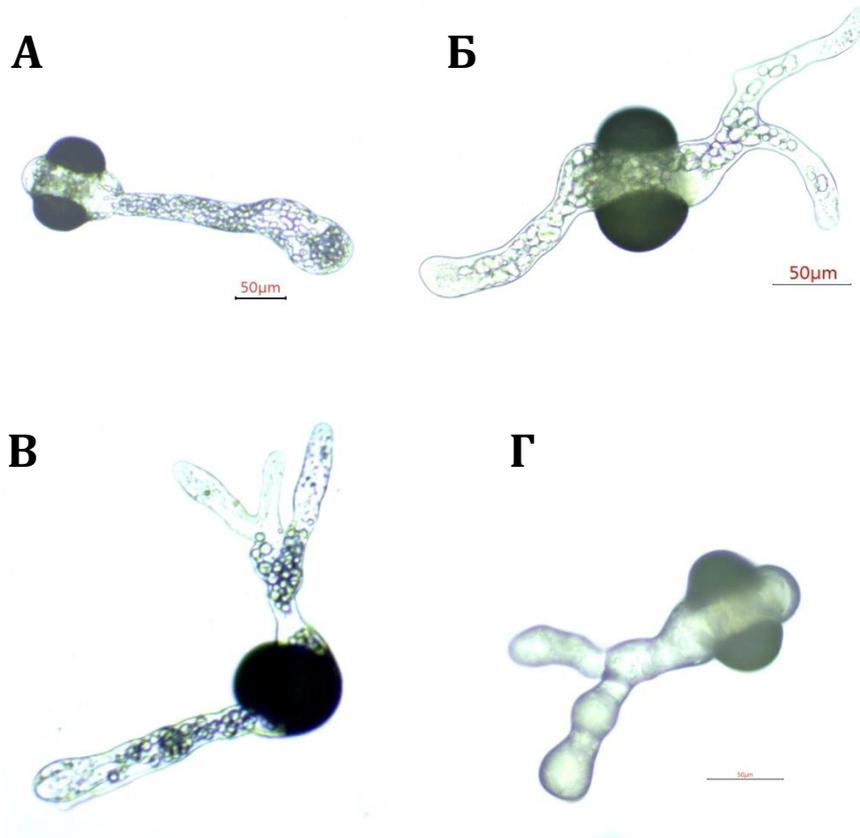


Рисунок 5.9 – Общий вид пыльцевых трубок: А – нормально развитая пыльцевая трубка *Pinus sabiniana* Douglas; Б – дорсовентральное прорастание пыльцевой трубки *P. sabiniana* с ветвлением одной из них; В, Г – ветвление пыльцевых трубок *Pinus radiata* D.Don (масштабная линейка 50 мкм)

5.5 Биоморфология шишек и качество семян

Способность формировать женские генеративные структуры растений в новых условиях культивирования относят к важнейшим показателям при оценке их интродукционного потенциала (Кохно, Курдюк, 1994). Исследуемые виды относятся к голосеменным растениям, поэтому для них характерно образование шишек (мега / метастробил).

В условиях ЮБК шишки североамериканских сосен морфологически подобны таковым в естественном ареале обитания. У *P. radiata* они желто-коричневые, блестящие, ассиметричные, часто встречаются на побеге по 2-5 шт. (рисунок 5.10 А). Длина колеблется от 10,6 до 12,3 см, ширина 5,5-6,2 см (естественный ареал 7-15 см и 6-8 см, соответственно) (Forde, Margot, 1964).

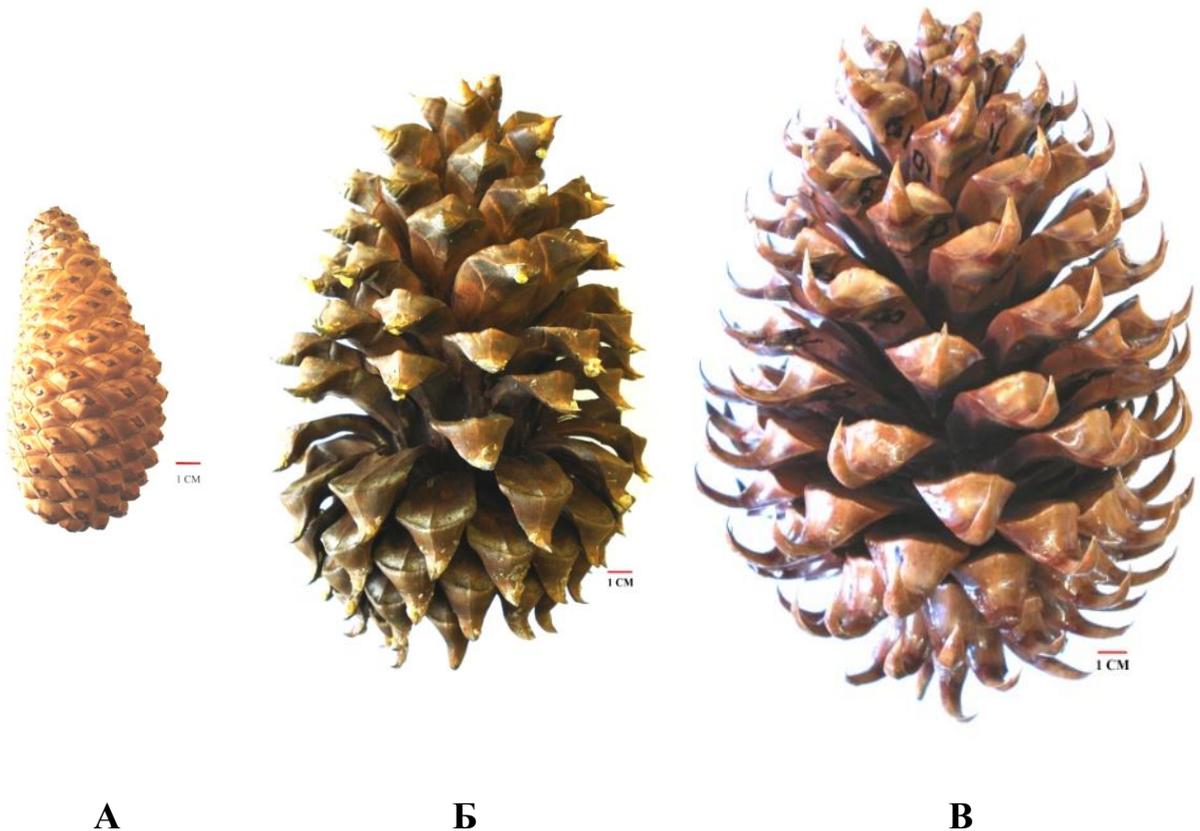


Рисунок 5.10 – Шишки североамериканских видов: А – *Pinus radiata* D.Don;
Б – *Pinus sabiniana* Douglas; В – *Pinus coulteri* D.Don

Масса шишек варьирует от 135 до 166 г. Щитки с более длинной и выпуклой стороны крупные, толстые, вздутые, усечено-конусовидные, на стороне, направленной к ветви, практически плоские, маловыраженные. Шишки созревают в феврале на второй год, могут продолжительное время оставаться на дереве в закрытом состоянии (Сахно, 2017 б).

Семена темно-коричневого цвета, длиной до $0,59 \pm 0,07$ см, шириной – до $0,39 \pm 0,05$ см, толщина семени составляет $0,15 \pm 0,03$ см, длина крыла – $1,98 \pm 0,2$ см, ширина крыла – $0,72 \pm 0,09$ см (рисунок 5.11). Масса одного семени варьирует от

0,16 г до 0,21 г., средняя масса 1000 семян составляет $18,4 \pm 0,3$ г. В условиях Новой Зеландии, где созданы наиболее обширные искусственные насаждения *P. radiata* масса 1000 семян достигает примерно 20-50 г. (Menzies et al., 1991).



Рисунок 5.11 – Семена *Pinus radiata* D.Don: А – общий вид; Б – проросшие семена

Всхожесть семян *P. radiata* в условиях интродукции, собранных как в групповых посадках, так и у отдельно пространственно-изолированных особей составила от 36,8 до 72,3%.

Шишки *P. sabiniana* висячие, массивные, тяжелые, почти симметричные, яйцевидные перед открытием, широко-узко-яйцевидные или яйцевидно-цилиндрические при открытии, тускло-коричневые, смолистые, на ножках. Щиток выпуклый, конический, заканчивающийся острым крючковидно загнутым к основанию шишки шипом (рисунок 5.10 Б). Длина шишек *P. sabiniana* на ЮБК достигает 17,6-21,5 см, ширина – 13,0-16 см (в природном ареале 15-25 см, до 15 см, соответственно). Масса шишек с учетом семян составляет 360-530 г (в естественном ареале от 0,3 до 0,7 кг, иногда свыше 1 кг) (Griffin, James, 1964). Созревание шишек происходит на второй год после опыления, массовое раскрытие и высыпание семян наступает при повышении температуры воздуха в

июне-июле месяце. Раскрытая шишка продолжительное время может оставаться на дереве (Сахно, 2018 а, в).

Семена самые большие в роде *Pinus* (рисунок 5.12), темно-коричневые, узко-яйцевидные, толстостенные, длиной $2,1 \pm 0,03$ см (естественный ареал 1,9-2,5 см) (Watts, David, 1959), шириной $1,1 \pm 0,02$ см, толщиной $0,76 \pm 0,01$ см. Длина крыла составляет $0,8 \pm 0,04$ см, ширина – $1,2 \pm 0,02$ см. Масса одного семени от 0,5 до 1,76 г, масса 1000 – $899,8 \pm 37,2$ г (около 1000 г в естественном ареале) (Krugman, Jenkinson, 1974), характеризуются достаточно высокой всхожестью, которая составляет до 90% у деревьев в групповых посадках и 42,4% у отдельно культивируемых экземпляров (Плугатарь, Сахно, 2020).



Рисунок 5.12 – Семена *Pinus sabiniana* Douglas: А – общий вид; Б – проросшее семя

Семена *P. sabiniana* съедобные, обладают высокими вкусовыми качествами, богаты белками и жирами, пищевая ценность которых по литературным данным составляет 571 килокалорий на 100 грамм (Peattie, 1953), и в условиях интродукции являются источником пищи для белок и некоторых видов птиц (сойка, дятел).

Шишки *P. coulteri* самые тяжелые в роде *Pinus*, бледно-желто-коричневые, смолистые, на ножке, свисающие, до открытия узко-яйцевидные, после –

яйцевидно-цилиндрические (рисунок 5.10 В). Щиток поперечно-ромбический, остро килевидный, удлинённый, направлен вверх. Длина шишек составляет от 12,5 см до 26,0 см ширина 11,0-13,5 см (в Северной Америке до 20-35 см) (Kral 1993), длина 11,0-13,5, масса варьирует от 0,69 кг до 0,98 кг (2-5 кг в природном ареале) (Krochmal, Krochmal, 1982). В условиях ЮБК шишки *P. coulteri* также созревают на второй год после формирования.



Рисунок 5.13 – Семена *Pinus coulteri*: А - общий вид; Б - проросшие семена

Семена *P. coulteri* темно-коричневые, съедобные (рисунок 5.13). На ЮБК длина семени достигает $1,29 \pm 0,02$ см, ширина – $0,66 \pm 0,01$ см, толщина – $0,45 \pm 0,01$ см. Длина крыла семени составляет $3,11 \pm 0,03$ см, ширина – $1,01 \pm 0,01$. Масса одного семени находится в пределах 0,11-0,32 г, средняя масса 1000 семян равна $172,8 \pm 4,1$ г. В зоне естественного произрастания масса 1000 семян составляет примерно 333 г (Kral, 1993). В условиях интродукции деревья *P. coulteri* формируют нормально развитые семена, всхожесть которых достигает 78,6% в групповых посадках. У отдельных пространственно-изолированных особей (пансионат Массандра, парки Комсомольский и Форосский) семена так же жизнеспособные, всхожесть составила 51,9%.

Таким образом, начало фенофазы пыления для североамериканских видов обусловлено достижением оптимальной суммы активных температур $>5^{\circ}\text{C}$. Средние показатели общей длины (L) тела пыльцевых зерен, как интегрального показателя, у *P. radiata* варьировали от 104,7 до 107,2 мкм, у *P. sabiniana* от 96,8 до 105,2 мкм. Наиболее крупные размеры пыльцы среди исследуемых видов выявлены у *P. coulteri* (116,9-117,8 мкм). Размеры пыльцевых зерен и их отдельных элементов у интродуцированных видов несколько выше в сравнении с пыльцой аборигенного вида *P. pallasiana* (L – 80,6-81,1 мкм). Линейные параметры пыльцевых зерен – общая длина тела, высота тела, длина и высота воздушных мешков, в целом, характеризовались низким уровнем изменчивости.

Количество морфологических аномалий пыльцы у североамериканских видов не превышает уровня нарушений у аборигенного вида. Аномалии пыльцы представлены в подавляющем большинстве нарушениями тела пыльцевых зерен. Их количество тесно коррелирует с суммой активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ до начала пыления. Все исследуемые виды формируют жизнеспособную пыльцу, наиболее низкое качество, которой отмечалось у *P. radiata*. Длина пыльцевых трубок исследуемых видов – достаточно вариабельный показатель (V = 31-40%) и определяется показателями длины тела пыльцевых зерен.

Исследуемые североамериканские виды формируют шишки с полноценными семенами.

РАЗДЕЛ 6

ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ВРЕДИТЕЛЯМИ И БОЛЕЗНЯМИ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ *PINUS L.*

6.1 Вредители

В условиях естественного ареала дерева *P. radiata* повреждаются 56 видами насекомых из 44 родов, которые питаются хвоей, побегами, древесиной и семенами данного растения (Furnis, Carolin, 1977). Наиболее опасными вредителями являются короеды – *Ips mexicanus* (Hopkins), *I. plastographus* (LeConte), *I. confusus* (LeConte), *Dendroctonus valens* LeConte, долгоносик – *Pissodes radiatae* Hopkins. Значительный ущерб причиняют вредители генеративных органов, среди которых наиболее распространенный *Conophthorus radiatae* Hopkins. Другие насекомые, в том числе тля, мотыльки, гусеницы и бабочки, наносят незначительный вред.

Дерева *P. sabiniana* являются специфическим хозяином для короеда *Ips spinifer* (Eichoff). Насекомое чаще всего поражает только деревья, ослабленные огнем или засухой. Встречаются и другие вредители, однако, ущерб от их деятельности незначительный.

Среди энтомовредителей *P. coulteri* наибольший ущерб наносят сосновый семенной клоп (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann) и черный сосновый усач (*Monochamus galloprovincialis* (Olivier)).

В парковых сообществах ЮБК североамериканские виды сосен поражаются 2 видами насекомых: *Leucaspis pusilla* Low и *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller.

На протяжении 2016-2018 гг. были проведены обследования модельных экземпляров изучаемых видов сосен в парковых сообществах ЮБК, полученные результаты отображены в таблице 6.1. Для аборигенного вида *P. pallasiana* отмечено достаточно неравномерное повреждение вредителем, которое изменяется в зависимости от возрастных групп растений, микроклимата

произрастания модельных экземпляров, а также от погодных условий каждого конкретного года. Нами установлено, что *P. pallasiana* в период 2016-2018 гг. в нижнем поясе ЮБК подвергалась слабому (2016 и 2018 гг.) и среднему (2017 г.) поражению вредителем *Leucaspis pusilla* Low.

Таблица 6.1 – Степень повреждаемости исследуемых видов сосны
Leucaspis pusilla Low.

Кормовое растение	Средний балл заражения модельных деревьев		
	2016	2017	2018
<i>Pinus radiata</i> D.Don	5	5	5
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	0	1	0
<i>Pinus coulteri</i> D.Don	0	1	0
<i>Pinus pallasiana</i> D.Don	2	3	2

Североамериканские виды значительно различаются по степени повреждаемости обыкновенной сосновой щитовкой. Наиболее устойчивыми видами оказались *P. sabiniana* и *P. coulteri*. Отдельные особи вредителя на этих видах сосны встречались единично и были обнаружены только в 2017 г.

Очевидно, данные виды древесных растений не соответствуют особенностям пищевой специализации *L. pusilla* и отрицательно влияют на ее плодовитость и выживаемость, что является причиной отсутствия массового размножения вредителя. Появление насекомых на этих растениях, вероятно, носит случайный характер и вызвано переносом отдельных особей ветром. По данным Брауна (Brown, 1959), бродяжки обыкновенной сосновой щитовки могут переноситься на расстояние до 2,82 км под воздействием ветровых потоков. Этим можно объяснить заселение вредителями не типичных для них кормовых растений. В целом *P. sabiniana* и *P. coulteri* можно отнести к группе растений неповреждаемых или слабоповреждаемых *L. pusilla*. Это зависит в первую очередь от наличия рядом более подходящего кормового источника для сосновой

щитовки. По сведениям Н.Н. Кузнецова (1967) обыкновенная сосновая щитовка, по сути, являющаяся узкоспециализированным вредителем, попадая на хвою ели, пихты или кедра, способна обитать на других источниках вынужденного питания и даже достигать взрослой стадии развития.

P. radiata была отнесена в группу сильноповреждаемых растений обыкновенной сосновой щитовкой. На протяжении периода проведения исследований, это единственный вид, где сильное заражение отмечалось ежегодно и наносило значительный ущерб деревьям данного вида. Колонии *L. pusilla* на деревьях *P. radiata* массово поражают хвою, заселяя внутреннюю сторону хвоинки, вызывая при этом ее пожелтение и преждевременное отпадание (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 – Повреждение *Leucaspis pusilla* Low. на хвое *Pinus radiata* D.Don

Степень повреждаемости различных видов сосны зависит от кормовой специализации щитовки. Чем полнее растение соответствует пищевым потребностям насекомого, тем выше численность и вредоносность энтомовредителя. Питание щитовок осуществляется из ситовидных трубок флоэмы проводящих пучков, поэтому хоботковые щетинки насекомого должны проникнуть через толщу покровных тканей, ассимиляционной паренхимы и эндодермы. Это определяет локацию насекомых на внутренней поверхности хвои,

где покровные ткани менее мощные и, следовательно, более доступны для проникновения хоботковых щетинок.

Такие морфологические признаки, как форма хвои, которая обусловлена количеством хвоинок в пучке, также имеют значение при характеристике степени устойчивости к действию вредителя. Наиболее привлекательные для *L. pusilla* двухвойные виды, которые имеют плоско-выпуклую форму поперечного среза хвои. Степень поражаемости хвои также зависит от числа и расположения смоляных каналов. Наиболее устойчивы виды с большим количеством смоляных каналов, так как выделяющаяся живица ограничивает питание вредителей и часто приводит к их гибели. Расположение смоляных каналов близ ребер по бокам хвоинки или ближе к выпуклой ее стороне, а также в паренхиме, делает хвою *P. pallasiana* и *P. radiata* менее устойчивой к повреждению. Показателем высокого уровня пищевой специализации *L. pusilla* является синхронизация ее жизненного цикла с фенологией дерева. Период наиболее активной жизнедеятельности насекомого (откладка яиц, отрождение и расселение личинок) совпадает с распусканием хвои и ростом молодых побегов. Наиболее восприимчивы к заражению сосновой щитовкой виды с ранним разъединением хвои. Наблюдения показали, что наиболее ранняя вегетация на протяжении периода исследований наблюдалась у *P. radiata* и *P. sabiniana*, однако сильное систематическое повреждение хвои было отмечено только у сосны лучистой. Очевидно, что этот вид в наибольшей степени отвечает пищевым предпочтениям *L. pusilla*.

В связи с массовым размножением *L. pusilla* на *P. radiata*, для предотвращения дальнейшего увеличения численности популяции вредителя и снижения его вредоносной деятельности необходима система защитных мероприятий.

Применение широкого спектра инсектицидов в борьбе с *L. pusilla* ограничивается отсутствием зарегистрированных в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ» по состоянию на 31 января 2020 г. (Государственный ..., 2020) в отношении

представителей рода *Pinus*.

При исследовании деревьев на наличие вредителя *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller, признаки его присутствия определялись визуально (рисунок 6.2):

1. Многовершинность и наличие на ветви трех и более побегов, которые конкурируют между собой за доминирующее положение;
2. Раздвоение ствола на несколько (вызвано поражением *R. buoliana* дерева в раннем возрасте);
3. Сильная изогнутость ствола, вызвана частичным или полным повреждением верхушечного побега;
4. Наличие рубцов на побеге вследствие незначительной степени повреждения вредителем, которое не вызвало полного отмирания.



Рисунок 6.2 – Признаки повреждения побегов (на примере *Pinus radiata* D.Don)

В целом вредитель не вызывает гибель дерева, а приводит к снижению его биологического потенциала вследствие сокращения прироста биомассы.

Интенсивное питание перезимовавших гусениц *R. buoliana* в условиях ЮБК совпадает с периодом активного роста вегетативных органов, которое начинается сразу после пыления (рисунок 6.3).

В это время уже заметны первые повреждения молодых побегов: гусеницы повреждают почки, прокладывая галереи в молодых побегах (обычно повреждая среднюю или верхнюю часть), выедают их содержимое. В среднем за вегетацию каждая гусеница может повреждать 2-3 побега. В месте повреждения побега гусеницы шелковиной соединяют побег и хвою, которая их окружает. В дальнейшем это пространство заполняется экскрементами и смолой. В начале третьей декады апреля гусеницы обычно уже достигают длины 1см и более, продолжая при этом интенсивное питание примерно в течение месяца.



Рисунок 6.3 – *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller на молодых побегах *Pinus radiata* D.Don (24.04.2018 г.)

Окукливания (рисунок 6.4, 6.5) гусениц происходит в начале третьей декады мая, средние даты начала 24 ± 3 мая, и продолжается примерно 14-21 день. Вылет бабочек отмечался в первой половине (12 ± 3) июня. На протяжении месяца наблюдается интенсивный лет бабочек в вечернее время. По сведениям (Green, 1962; Pointing, Green, 1962), наиболее благоприятный температурный режим для миграции взрослых особей наступает при достижении температуры воздуха $+22^{\circ}\text{C}$. Полет самок является основным фактором, определяющим расселение популяции вредителя.

В это время самки откладывают по одному яичку вблизи почек молодых побегов. Через 2-3 недели – в конце июня - начале августа происходит

отрождение молодых гусениц, которые интенсивно питаются. Примерно через 2 недели после рождения личинки первого возраста линяют, перед второй линькой молодые гусеницы входят в почки, где прокладывают небольшие полости, выстилая их эпителием. В таких условиях происходит зимовка вредителя. Длина гусениц к этому времени составляет примерно 0,4-0,5 мм.



Рисунок 6.4 – Куколка *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller



Рисунок 6.5 – Оболочка куколки *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller после выхода бабочки

Наиболее часто используемыми показателями численности популяций *R. buoliana* является степень заражения деревьев, выражаемая процентом поврежденных побегов, которая определяются путем наблюдения за модельными деревьями. Мониторинг деревьев на предмет наличия повреждений энтомовредителем в 2016-2018 гг. (рисунке 6.6) свидетельствует о постоянно увеличивающемся их количестве, что вызвано увеличением численности насекомых.

У двух видов – *P. coulteri* и *P. sabiniana*, а также аборигенного вида *P. pallasiana* для сравнительной характеристики, степень повреждения побегов находится в пределах 18,1-23,9%. Наиболее сильные и частые, увеличивающиеся с каждым годом, повреждения вегетативных органов на протяжении периода исследований наблюдаются у *P. radiata* от 69,5% в 2016 г. до 85,1% в 2018 г.

Постоянное повреждение вредителем деревьев вызывает сильное снижение прироста побегов, ослабление жизненного состояния и снижение декоративных свойств, особенно это наблюдается для деревьев *P. radiata*.

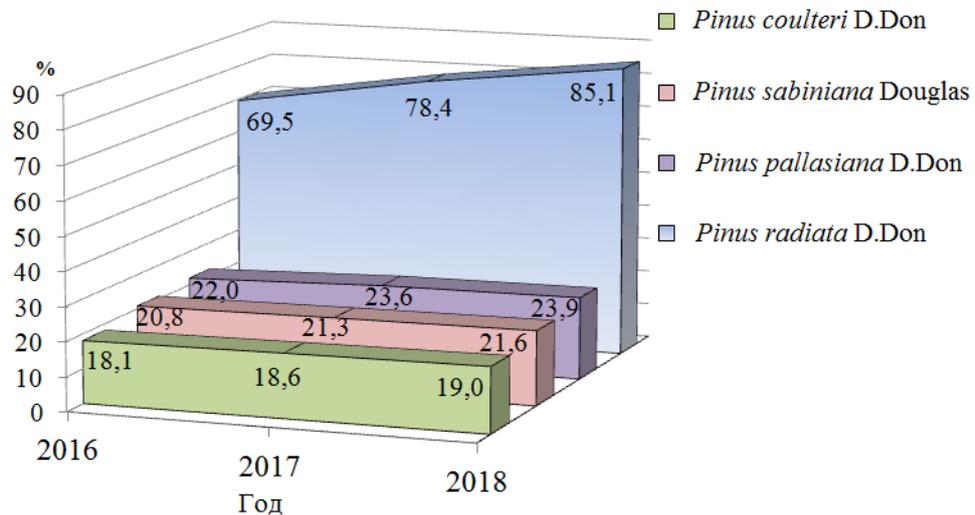


Рисунок 6.6 – Соотношение количества поврежденных побегов исследуемых видов *Pinus* L. (2016-2018 гг.)

По литературным данным (Ide, Lanfranco, 1994) установлено, что в Чили *R. buoliana* развивается практически исключительно в искусственных насаждениях *P. radiata*. Вредитель питается этим кормовым растением почти 9 месяцев своего ежегодного цикла развития, и большую часть этого времени он находится внутри почек или побегов.

Считается, что зимующий побеговьян поражает молодые насаждения, преимущественно до 15 лет, вызывая максимальный ущерб, в некоторых случаях полную гибель растений, однако отмечено, что в условиях ЮБК вредитель заселяет достаточно разновозрастные группы деревьев, начиная от нескольких до 100 и более лет.

Самая высокая смертность *R. buoliana* отмечают летом и зимой из-за большой уязвимости личинок раннего возраста к температуре, обильному выделению смолы из побегов и хищников (Ide, Lanfranco, 1994). Вероятной причиной увеличения численности вредителя за годы наших исследований в

условиях ЮБК стали достаточно теплые условия зимнего периода, благоприятные для успешной перезимовки гусениц и их дальнейшего развития. Так, в условиях зимы 2015-2016 гг. минимальная среднесуточная температура воздуха составила - 6,2°C, в 2016-2017 гг. – -2,6°C, 2017-2018 гг. – -1,7°C.

Учитывая динамику степени повреждения и причиненный вред, необходимым условием повышения устойчивости североамериканских видов *Pinus*, особенно *P. radiata*, является снижение численности популяции вредителя путем применения системы биологических и химических методов по истреблению *R. buoliana*. Биологические мероприятия должны быть направлены на привлечение насекомоядных птиц родов *Sturnus* Linnaeus, *Parus* Linnaeus. Эффективным средством также может быть введение *Trichogramma embryophagum* Htg. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Лесная ..., 1986).

6.2 Фитопатогены

Изучение видового состава патогенных организмов является одной из важных задач интродукционного испытания растений, а проведение своевременных защитных мероприятий, разработанных на их основе, позволяют значительно увеличить срок жизни растений и сохранить их высокие декоративные качества на протяжении всей жизни (Исиков, Трикоз, 2017).

В естественных древостоях сосны лучистой, по данным Харольда Оффорда (Harold Offord, 1964), встречается 72 вида патогенных организмов, отдельные из них достаточно широко распространены и наносят значительный ущерб естественным насаждениям Северной Америки. К ним относятся: разновидность карликовой омелы – *Arceuthobium campylopodum* Engelm., опенок осенний – *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., возбудитель ржавчины сосны – *Cronartium comptoniae* J.C. Arthur., корневая губка – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., сосновая губка – *Pododaedalea pini* (Brot.) Murrill, ржавчинный гриб *Endocronartium harknessii* (J.P. Moore) Y. Hiratsukai, трутовиик Швейница – *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat.

P. sabiniana повреждается некоторыми видами фитопатогенов, среди которых наиболее распространены возбудители западной галлоподобной ржавчины – *E. harknessii*, карликовой омелы – *Arceuthobium occidentale* Engelm. ex S.Watson и *A. campylopodum* f. *campylopodum* (Kimmey, 1957; Agee, Mathiasen, 1990; Powers, 1990). Западная галлоподобная ржавчина поражает *P. sabiniana* по всему ареалу, но редко вызывает серьезные повреждения. Возбудитель карликовой омелы является особенно опасным и широко распространенным фитопатогеном в естественных древостоях сосны Сабина, способен поражать деревья всех возрастов, вызывая при этом снижение жизненного потенциала деревьев или полную их гибель.

В естественном ареале *P. coulteri* отмечается сравнительно небольшое количество патогенных организмов, повреждающих данный вид. К ним относятся: *A. campylopodum* f. *campylopodum*, *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell и *A. mellea* (Powers, 1990).

Рекогносцировочное обследование изучаемых растений в условиях ЮБК показало достаточно незначительное проявление влияния фитопатогенных организмов на североамериканские виды *Pinus*. Нами зафиксированы единичные случаи заражения *P. sabiniana* и *P. coulteri*. Поражение североамериканского вида *P. sabiniana* было зафиксировано в Ливадийском парке (Сахно, 2018 а, г).

У погибшего экземпляра *P. sabiniana* (рисунок 6.7 А, Б, В) высотой 19 м и диаметром ствола 76 см выявлено интенсивное разрастание в нижней части ствола (на высоте 1,0-1,4 м) с южной стороны единичных и с северо-восточной – многочисленных плодовых тел *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill.

Трутовик серно-желтый – представитель семейства Полипоровые (Polyporaceae). *L. sulphureus* широко распространен в Европе и Северной Америке.

L. sulphureus – древоразрушающий гриб-паразит, поражающий преимущественно лиственные виды деревьев. По литературным данным встречается на видах родов *Quercus*, *Prunus*, *Pyrus*, *Populus*, *Salix*, *Robinia*, *Fagus*, многих плодовых, а также хвойных видах растений (Breitenbach, Kränzlin, 1986).



А

Б



В

Рисунок 6.7 – Поражение дерева *Pinus sabiniana* Douglas трутовым грибом *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill.: А – погибшее дерево; Б, В – плодовые тела.

Плодоношение трутовика серно-желтого отмечается с мая по сентябрь. *L. sulphureus* поражает преимущественно ядровую часть, иногда заболонь, в основном, старых деревьев, с последующим развитием красно-бурой деструктивной стволовой гнили и красно-бурой призматической ядровой гнили.

После заражения древесина сначала меняет цвет – от желтоватого до красного, а впоследствии становится красновато-коричневой и ломкой. На

последних стадиях распада древесины можно легко растереть до порошкообразного состояния (Schwarze, Engels, 2000). Возраст погибшего экземпляра *P. sabiniana* определен приблизительно в 150 лет.

На стволе живого дерева *P. coulteri* нами обнаружены с северо-восточной стороны плодовые тела сосновой губки (*P. pini*) на высоте 1,3 м от комля. Пораженное растение находится в удовлетворительном жизненном состоянии, однако около 20% ветвей усыхают. Диаметр плодовых тел составляет 11 и 8 см, толщина 4 см (рисунок 6.8). Сосновая губка – базидиальный гриб, афиллофороидный гименомицет. По литературным данным чаще всего поражает виды рода *Pinus*, также встречается на видах *Larix*, *Cedrus*, *Abies*, *Taxus*.



Рисунок 6.8 – Плодовые тела *Pododaedalea pini* (Brot.) Murrill. на стволе *Pinus coulteri* D.Don

Фитопатоген вызывает пеструю ядровую гниль коррозионного типа, которая обычно сосредоточена в нижней и средней частях ствола дерева до 9 м (Larsen et al., 1979). На первых стадиях поражения *P. pini* гниль стает розоватого цвета, затем приобретает красно-бурый оттенок, на последней стадии в древесине появляются небольшие пустоты белого цвета, гниль легко расщепляется на отдельные волокна (Федоров, 1987). Возраст пораженного экземпляра около 100 лет.

Проведенные мониторинговые наблюдения свидетельствуют о достаточно высокой устойчивости исследуемых видов североамериканских сосен к фитопатогенам. Учитывая количество и особенности возрастной специфики пораженных деревьев, можно предположить, что их восприимчивость к грибным заболеваниям связана с наступлением синильной стадии онтогенеза и приближением предельного возраста в условиях интродукции.

Таким образом, изучаемые виды поражаются 2 видами энтомовредителей: *L. pusilla* и *R. buoliana*. У двух интродуцированных видов – *P. coulteri* и *P. sabiniana*, а также аборигенного вида *P. pallasiana* степень повреждения побегов *R. buoliana* находилась в пределах 18,1-23,9%. Наиболее сильные и частые, увеличивающиеся с каждым годом, повреждения вегетативных органов наблюдаются у *P. radiata* от 69,5% в 2016 г. до 85,1% в 2018 г. *P. radiata* отнесена в группу наиболее поражаемых растений.

Для предотвращения дальнейшего роста популяции вредителей и снижения их вредоносности необходима система защитных мероприятий, включающая использование, как биологических методов, так и химических с помощью препаратов, занесенных в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ» против комплекса хвойных вредителей.

В условиях ЮБК североамериканские виды поражаются патогенными грибами: *L. sulphureus* (*P. sabiniana*) и *P. pini* (*P. coulteri*). Установлены единичные случаи поражения растений только на синильной стадии онтогенеза, что не представляет значительную угрозу для данных видов.

РАЗДЕЛ 7

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА *PINUS* L. В САДОВО-ПАРКОВОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА**

**7.1 Оценка успешности интродукции североамериканских видов рода
Pinus L. в парковых фитоценозах ЮБК**

Оценка успешности интродукции растений в новых условиях культивирования, а также степень их устойчивости к различным факторам биотической и абиотической природы имеет большое теоретическое и практическое значение (Кохно, Курдюк, 1994). Успешность интродукции во многом зависит от биологических особенностей растений и условий региона введения. К настоящему времени разработано множество подходов по оценке успешности интродукции, которые базируются на основных показателях, включающих характеристики роста, морозоустойчивость, засухоустойчивость, регенеративную способность и габитус (Вульф, 1933; Малеев, 1933; Нестерович, 1950; Васильев, 1952; Лыпа, 1953; Соколов, 1957; Гурский, 1957; Мушегян, 1962; Шлыков, 1963; Базилевская, 1964; Коркешко, 1964; Харкевич, 1966; Маурынь, 1970; Некрасов, 1973).

Акклиматизационных число (Кохно, Курдюк, 1994), рассчитанное на основе показателей роста, генеративного развития, зимостойкости и засухоустойчивости с учетом степени весомости данных признаков свидетельствует, что *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* проходят полную акклиматизацию в условиях ЮБК.

$$A_{P. radiata} = 4 \times 2 + 4 \times 5 + 4 \times 10 + 5 \times 3 = 83$$

$$A_{P. sabiniana} = 5 \times 2 + 4 \times 5 + 5 \times 10 + 5 \times 3 = 95$$

$$A_{P. coulteri} = 5 \times 2 + 4 \times 5 + 5 \times 10 + 5 \times 3 = 95$$

Для более детальной характеристики, на основе существующей шкалы П.И. Лапина и С.В. Сидневой (1973), нами предложен модифицированный

вариант с учетом биологических особенностей видов рода *Pinus* и климатической специфики региона ЮБК (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Оценка успешности интродукции исследуемых видов рода *Pinus* L.

№	Показатель		Вид		
			<i>Pinus radiata</i> D.Don	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	<i>Pinus coulteri</i> D.Don
1	Сохранение габитуса	хороший, как на родине или лучше	–	15	15
		замедлен, хуже, чем на родине	10	–	–
		очень слабый, угнетенный	–	–	–
2	Прирост в высоту и увеличение объема кроны	ежегодно	15	15	15
		периодично	–	–	–
3	Способность к генеративному развитию	семена полноценные	–	–	–
		семена сниженного качества	20	20	20
		отсутствие полноценных семян	–	–	–
4	Зимостойкость растений	повреждений нет	15	15	15
		повреждение хвои	–	–	–
		повреждение побегов	–	–	–
		полная гибель	–	–	–
5	Засухоустойчивость	засухоустойчивые	15	15	15
		относительно устойчивые (нуждаются в поливе в засушливый период)	–	–	–
		незасухоустойчивые	–	–	–
6	Способы размножения в культуре семенами местной генерации	размножение самосевом	–	–	–
		размножение посевом	7	7	7
		отсутствуют	–	–	–
7	Устойчивость к вредителям и болезням	растения не повреждаются	–	–	–
		повреждаются единичные экземпляры	–	3	3
		массовое повреждение	1	–	–
Итого			83	90	90

Дополнительно введены такие характеристики как засухоустойчивость и степень повреждения фитопатогенными организмами (энтомовредители и патогенные грибы).

На основе проведенных исследований установлено, что изученные виды сохраняют свой габитус в условиях интродукции. *P. sabiniana* и *P. coulteri*, характеризуются достаточно высокими показателями роста на ЮБК. У *P. radiata* рост несколько замедлен по сравнению с естественным ареалом. В условиях региона исследований *P. sabiniana*, *P. coulteri*, *P. radiata* отличаются высокой зимостойкостью. Засухоустойчивость исследуемых экземпляров оценивали, как высокую, поскольку рост растений осуществляется без полива даже в самый засушливый период лета. Исследуемые виды сохраняют способность к формированию мужских и женских генеративных структур, а также формируют жизнеспособные семена, однако размножение самосевом семенами местной генерации в культуре нами не зафиксировано. *P. sabiniana* и *P. coulteri* достаточно устойчивы к вредителям и болезням, отмечались единичные случаи их поражения. *P. radiata* отнесена в группу сильно повреждаемых растений, в частности энтомовредителями *L. pusilla* и *R. buoliana*, что в значительной степени снижает прирост биомассы данного вида.

Таким образом, оценка успешности интродукции исследуемых видов показала, что *P. sabiniana* и *P. coulteri* по комплексу критериев обладают большей суммой баллов (по 90 баллов), чем *P. radiata* (83 балла). Однако в целом, виды отнесены в одну группу перспективных растений и могут использоваться для широкой культуры в условиях ЮБК.

7.2 Декоративно-эстетические качества и перспективы использования *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в парковых фитоценозах ЮБК

Для правильного подбора растительного материала в целях озеленения необходим комплекс знаний, включающий информацию о биологических свойствах растений, их требованиях к условиям окружающей среды и

декоративных качествах. При подборе древесных культур и их сочетаний в насаждениях важно помнить об основных функциях, которые они должны выполнять, будучи защитным средством от неблагоприятных погодных факторов, таких как ветер, резкие температурные колебания и т.д., или средством улучшения санитарно-гигиенических условий населенных мест (улучшение состава воздуха, защита от пыли, шума и болезнетворных организмов) (Колесников, 1974).

Виды рода *Pinus*, в подавляющем большинстве, имеют крупные размеры и относятся к деревьям первой величины, отличаются долголетием и быстрым ростом (Истратова, 1976). Большинство этих древесных растений светолюбивы, засухоустойчивы и не требовательны к богатству почвенных условий. Значение представителей рода *Pinus* для паркового строительства и озеленения городов определяется высокой декоративностью, ландшафтообразующей и гигиенической ролью. Данный род отличается большим видовым и формовым разнообразием, представители которого имеют существенные различия морфологических признаков и значительно варьируют по декоративным качествам (Базилевская, 1981; Аннотированный каталог, 1984; Сахно, 2017г; Сахно, 2018б; Сахно, Хромов, 2018). При использовании сосен в озеленении декоративный эффект достигается в раннем возрасте и сохраняется на протяжении многих лет, что делает их особенно перспективными в парковом строительстве курортных городов (Арцыбашев, 1941; Волошин, 1964; Колесников, 1974).

Как показывает практика, основными параметрами при создании садово-парковых композиций традиционно считаются естественные декоративные качества древесных растений: их величина, плотность и форма кроны (Истратова, 1976). К дополнительным свойствам принято относить размеры и окраску листьев и хвои, форму и фактуру ствола, рисунок и окраску коры (таблица 7.2).

При создании садовых композиций основное внимание уделяется особенностям кроны, в частности ее монолитности. У исследуемых древесных растений различаются кроны трех типов плотности: плотно-раздельно-компактная у *P. radiata* (просветы составляют не более 25%); средней плотности

или полуажурная у *P. coulteri* (просветы 25-50%); легкая, сквозная у *P. sabiniana* (просветы более 50%). Сквозные кроны способствуют проникновению солнечного света, обеспечивают стабильную освещенность в течение дня и по сезонам года, образуют ажурную тень с богатой игрой света.

Таблица 7.2 – Основные декоративные качества исследуемых североамериканских видов рода *Pinus*

Декоративный признак	<i>Pinus radiata</i> D.Don	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	<i>Pinus coulteri</i> D.Don
Форма кроны	раскидистая	овальная	широкоспиралидальная
Плотность кроны	плотно-раздельно-компактная	легкая, ажурная	средняя (полуажурная)
Ствол	малосбежистый	сбежистый	сбежистый
Фактура коры	глубокобороздчатая	пластинчатая, глубокотрещиноватая	глубокобороздчатая
Окраска коры ствола	темно-коричневая	серовато-коричневая, толстая с красно-коричневой коркой	от темно-коричневого до черного
Длина хвои	средняя (10-15 см)	очень длинная (20 см и более)	очень длинная (20 см и более)
Окраска хвои	темно-зеленая	сизовато-зеленая	темно-серо-зеленая
Величина шишек	крупные (11-15 см)	очень крупные (более 15 см)	очень крупные (более 15 см)

При использовании деревьев с высокими и разреженными кронами обеспечивается эффект беспрепятственного движения воздуха и поддержания под пологом стабильных температур. К декоративным качествам также относят

длину, цвет хвои и ее количество на укороченных побегах (в пучке). Окраска хвои сосен представлена достаточно богатой гаммой зеленого цвета с различными оттенками. Степень выраженности оттенков обуславливается числом устьичных линий и их расположением на поверхности хвои. Исследуемые виды различаются по общему тону цвета хвои. Согласно колориметрической таблице Королевского общества по садоводству (The Royal ..., 1966) окраска хвои *P. radiata* имеет общий тон 143 А (шилова зелень, НСС 860), *P. sabiniana* – 133 В (кварц зеленый, СС 261), *P. coulteri* – 136 В (миндальная зелень, ВВС 10). Отличия цветовой гаммы хвои позволяют создавать контрастные композиции, которые в различной степени влияют на общий вид парковых композиций и психо-эмоциональное состояние человека.

Наибольшей декоративностью отличаются деревья с крупными шишками, однако играют роль такие признаки как их расположение на побеге и его продолжительность, а также степень смолистости. Все исследуемые виды имеют достаточно крупные шишки. У *P. radiata* чаще всего формируется по несколько шишек на побеге (3-5 штук), которые долго сохраняются на дереве (до 7 лет). Для *P. sabiniana* и *P. coulteri* характерно одиночное размещение, шишки более крупные и смолистые. Ствол *P. radiata* малосбежистый, почти цилиндрический, высокоочищенный от ветвей, у *P. sabiniana* и *P. coulteri* – сбежистый. Способность образовывать искривления стволов, а также многоствольность еще один из показателей необходимых при подборе декоративных растений для создания композиций, который чаще всего наблюдается у *P. sabiniana*. Различные виды сосен обладают трещиноватой и отслаивающейся, преимущественно пластинками, корой, по окраске, варьирующей от серого до красновато-бурых оттенков.

P. radiata (рисунок 7.1) в декоративном плане отличается ярко-зеленой хвоей и достаточно большими ассиметричными шишками. Контрастные условия парковых сообществ ЮБК подтверждают возможность культивирования данного вида на различных типах почв, включая продукты выветривания горных пород, в том числе гранита. Наиболее благоприятные условия для успешного роста

P. radiata и формирования долговечных насаждений, с участием данного вида, складываются на легких, влажных, хорошо дренированных суглинистых, супесчаных и песчаных почвах. Деревья, культивируемые на участках с избыточным увлажнением, а также с близким залеганием грунтовых вод отличаются ухудшением жизненного состояния.

Сосна лучистая – ценный вид для садово-паркового строительства и лесомелиоративных целей на юге нашей страны. Успешный рост на прибрежных участках ЮБК расширяет возможности использования данного вида для формирования устойчивых насаждений к морским бризам, что особенно ценно в курортных городах. Лучшие *P. radiata* декоративные качества проявляются при создании периферийных групповых, рядовых посадок и монументальных тенистых аллей. Плотные насаждения с участием *P. radiata* обеспечивают формирование мощного дальнего фона ландшафтных композиций. Для создания высотного акцента центральной части куртины лучше использовать небольшие группы до 5-7 деревьев в зависимости от площади участка. На открытых пространствах наибольший декоративный эффект достигается при солитерных посадках. На ЮБК поражается обыкновенной сосновой щитовкой и побеговым зимующим, что значительно снижает биологический потенциал и декоративные качества. Более интенсивное поражение отмечается в загущенных групповых посадках.

P. sabiniana – высоко декоративный вид, отличающийся красивой ажурной кроной и серебристо-серой окраской хвои (рисунок 7.2). В молодом возрасте растет быстро, теневыносливей многих других видов *Pinus*. Хороший рост отмечается на дренированных легких глинистых почвах, ухудшение состояния деревьев наблюдается на плотных известняково-глинистых участках. При избыточном увлажнении почвы происходит значительное сокращение роста и продолжительности жизни деревьев. По сравнению с другими видами *Pinus*, произрастающими на ЮБК, отличается повышенной дымо- и газоустойчивостью, что представляет интерес для использования в городском озеленении.

Особенно ценный вид для создания контрастных групповых посадок (или на фоне) с темнолиственными растениями. Рекомендуется к применению в небольших редких группах или свободностоящих солитерах, что позволит беспрепятственно развиваться кроне и достигать максимального декоративного эффекта. Встречается на ЮБК чаще других интродуцированных видов.



Рисунок 7.1 –
Pinus radiata D.Don

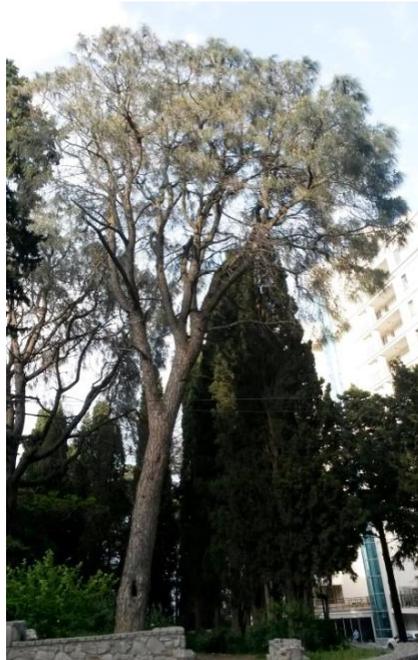


Рисунок 7.2 –
Pinus sabiniana Douglas

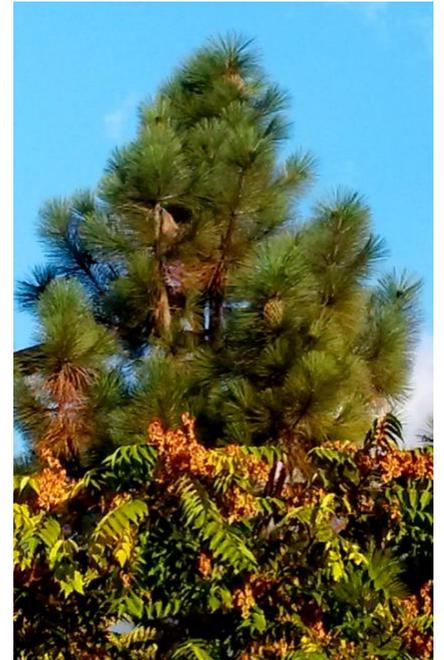


Рисунок 7.3 –
Pinus coulteri D.Don

P. coulteri представляет интерес как ценное декоративное растение. Отличается правильной пирамидальной кроной, длинной хвоей и очень крупными, тяжелыми шишками (рисунок 7.3). В условиях ЮБК достаточно быстрорастущее дерево, хорошо переносит аридные условия и понижения температуры в зимний период. Лучшие показатели роста и жизненного состояния наблюдаются на хорошо-дренированных суглинистых и глинистых почвах. На непроницаемых тяжелых известково-глинистых участках, из-за недостатка аэрации, снижается прирост и может проявляться хлороз. Лучше декоративные качества появляются при солитерной посадке на открытом пространстве. На ЮБК вид весьма перспективный и долговечный (150 и более лет), может быть широко

использован при создании садово-парковых композиций и озеленения. В настоящее время встречается достаточно редко, преимущественно в старинных парковых насаждениях.

На основе результатов комплексного изучения биологических характеристик североамериканских видов *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* установлено, что исследуемые виды в условиях ЮБК проходят полную акклиматизацию, отнесены к группе перспективных растений для данного региона. *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* обладают высокими декоративными качествами и могут быть широко использованы для создания различных объектов озеленения городского и паркового строительства ЮБК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Североамериканские виды *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* при культивировании на ЮБК по дендрометрическим характеристикам близки к параметрам растений, произрастающих в условиях природного ареала: *P. radiata* – h до 26 м и Ø до 60 см (в естественных условиях h 15-30 м, Ø 30-90 см), *P. sabiniana* – h до 31 м, Ø до 120 см (h 12-24 м, Ø 30-90 см), *P. coulteri* – h до 26 м, Ø до 90 см (h 9-25 м, Ø 30-80 см). В составе парковых сообществ ЮБК преобладают растения, находящиеся в хорошем жизненном состоянии (*P. radiata* – 72,7%, *P. sabiniana* – 57% и *P. coulteri* – 62%).

2. Североамериканские виды рода *Pinus*, произрастающие на ЮБК, характеризуются более низкими показателями сезонного прироста побегов (*P. radiata* – 4,5-5,3 см, *P. sabiniana* – 4,2-5,4 см, *P. coulteri* – 5,1-5,7 см) в сравнении с аборигенным видом *P. pallasiana* (5,2-6,7 см). На интенсивность прироста побегов *P. radiata*, *P. sabiniana*, *P. coulteri* влияет количество осадков предшествующего года. При снижении влагообеспеченности условий произрастания сокращается длина прироста побегов.

3. Размеры хвои *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в условиях ЮБК по величине близки к таковым в пределах естественного ареала данных видов. Длина, ширина и толщина хвои *P. radiata*, *P. sabiniana*, *P. coulteri* варьируют в зависимости от погодных условий (температурного и влажностного режимов) в период ее роста с апреля по июнь. Установлено, что длина хвои *P. radiata* и *P. coulteri* снижается при увеличении суммы активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,94$ и $r = -0,68$, соответственно), у *P. sabiniana* определяющим фактором является режим увлажненности ($r = 0,99$), при сокращении количества осадков происходит сокращение длины хвои.

4. Хвоя *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* характеризуется типичными анатомическими признаками, свойственными видам рода *Pinus*. Выделяется эпидерма с кутикулой, гиподерма, складчатый мезофилл, в котором располагаются смоляные каналы. В средней части находится эндодерма,

трансфузионная ткань с проводящими пучками, дифференцированными на ксилему и флоэму. Выявлена изменчивость отдельных анатомических структур: количества устьиц (*P. radiata* – 11-26 шт., *P. sabiniana* – 15-21 шт., *P. coulteri* – 14-22 шт.), слоев гиподермы (*P. radiata* – 2-4 слоя, *P. sabiniana* – 2-3 слоя, *P. coulteri* – 3-5 слоев), слоев мезофилла (*P. radiata* – 2-3 слоя, *P. sabiniana* – 2-4 слоя, *P. coulteri* – 3-4 слоя), количества смоляных каналов (*P. radiata* – 2-3 шт., *P. sabiniana* – 2 шт., *P. coulteri* – 2-6 шт.). Наиболее вариативным признаком является площадь поперечного сечения смоляных каналов.

5. Эфирное масло исследуемых видов накапливается в виде включений преимущественно в складчатом мезофилле хвои, различается по количественным и качественным показателям. Его содержание у исследуемых видов варьирует: *P. radiata* (0,15%), *P. coulteri* (0,03%) и *P. sabiniana* (0,03 %). Доминирующими компонентами эфирного масла исследуемых видов являются вещества класса терпенов (*P. radiata*: α -пинен – 21,20%, β -пинен – 29,57%, лимонен – 12,41%; *P. sabiniana*: α -пинен – 13,69%, лимонен – 15,23%, фенилэтил бутират – 20,58%; *P. coulteri*: α -пинен – 10,67%, β -пинен – 11,64%, δ -кадинен – 11,07%).

6. Установлены суммы активных температур $>5^{\circ}\text{C}$, которые определяют начало фенофазы пыления североамериканских видов в условиях ЮБК: *P. radiata* – 455-489 $^{\circ}\text{C}$, *P. sabiniana* – 616,1-702,7 $^{\circ}\text{C}$, *P. coulteri* – 946,2-1000,6 $^{\circ}\text{C}$. Общая длина тела пыльцевых зерен у *P. radiata* варьирует от 104,7 до 107,2 мкм, у *P. sabiniana* от 96,8 до 105,2 мкм, у *P. coulteri* от 116,9 до 117,8 мкм. Пыльцевые зерна североамериканских видов и их отдельные структурные элементы имеют более крупные размеры по сравнению с *P. pallasiana*. Общая длина тела пыльцевых зерен характеризуется очень низким (*P. radiata* – 5,1-6,6%, *P. coulteri* – 5,4-5,5%) и низким (*P. sabiniana* – 6,4-7,9%) уровнем варьирования.

7. Количество морфологических аномалий пыльцы у североамериканских видов (*P. radiata* – 2,1-10,2%, *P. sabiniana* – 4,0-12,5%, *P. coulteri* – 9,6-10,8%) не превышает уровня подобных нарушений у аборигенного вида *P. pallasiana* (9,4-13,0%). Количество отклонений пыльцы исследуемых видов увеличивается в годы с более низким температурным режимом до начала фенофазы пыления

(*P. radiata* – $r = - 0,99$, *P. sabiniana* – $r = - 0,67$, *P. coulteri* $r = - 0,99$). Все исследуемые виды формируют жизнеспособную пыльцу (*P. radiata* – 60,2%, *P. sabiniana* – 75,9%, *P. coulteri* – 62,5%). Установлено, что длина пыльцевых трубок североамериканских видов положительно коррелирует с длиной тела пыльцевых зерен: *P. radiata* – $r = 0,98$, *P. sabiniana* – $r = 0,97$ и *P. coulteri* – $r = 0,90$.

8. Исследуемые североамериканские виды формируют шишки с полноценными семенами. Выявлено некоторое снижение размеров женских шишек, в сравнении с естественным ареалом произрастания данных видов. У *P. radiata* ширина уменьшается в 1,2 раза, у *P. sabiniana* и *P. coulteri* – длина в 1,2 и 1,4 раз, соответственно. В условиях интродукции значительно снижается масса семян. Для *P. radiata* в условиях ЮБК вес 1000 семян составил 18,4 г, *P. sabiniana* – 899,8 г и *P. coulteri* – 172,8 г. Всхожесть семян *P. radiata* варьирует от 36,8% у отдельно произрастающих особей до 72,3% у деревьев в групповых посадках, *P. sabiniana* – от 42,4% до 90%, *P. coulteri* – от 51,9% до 78,6%. Уменьшение массы 1000 семян у североамериканских видов в условиях интродукции, а также снижение их всхожести у пространственно изолированных особей связано с ограничением перекрестного опыления.

9. В условиях ЮБК североамериканские виды незначительно поражаются патогенными грибами: *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (*P. sabiniana*) и *Pododaedalea pini* (Brot.) Murrill (*P. coulteri*). Отмечено повреждение 2 видами насекомых: *Leucaspis pusilla* Low и *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller. В наименьшей степени *L. pusilla* повреждаются *P. coulteri* и *P. sabiniana*. Колонии *L. pusilla* массово развиваются на деревьях *P. radiata*, поражают хвою, вызывая ее пожелтение и преждевременное опадание. Степень повреждения побегов *R. buoliana* у *P. coulteri* и *P. sabiniana* варьирует в пределах 18,1-23,9%. Наиболее сильное повреждение вегетативных органов отмечались у *P. radiata* (69,5- 85,1%). Таким образом, наиболее сильное воздействие энтомовредителей в условиях ЮБК испытывает *P. radiata*, что оказывает негативное воздействие на ее жизненное состояние.

10. Степень акклиматизации, рассчитанная на основе показателей роста, генеративного развития, зимостойкости и засухоустойчивости (с числовым выражением в баллах для *P. radiata* – 83, *P. sabiniana* и *P. coulteri* – 95), свидетельствует о полной акклиматизации данных видов в условиях ЮБК. Оценка успешности интродукции по модифицированной шкале показала (при общей сумме баллов: *P. radiata* – 83, *P. sabiniana* – 90 и *P. coulteri* – 90), что данные виды могут быть отнесены в группу перспективных растений. Результаты исследования морфолого-биологических и декоративных характеристик позволяют сделать вывод о возможности широкого культивирования *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в условиях ЮБК для создания различных объектов озеленения городского и паркового строительства.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Оценка качества семян показала, что лучшей всхожестью обладают семена, собранные с деревьев в групповых посадках. Поэтому заготовку семенного материала для размножения *P. sabiniana*, *P. coulteri* и *P. radiata* рекомендуется проводить с деревьев, культивируемых в составе групповых посадок этих видов, что связано с особенностями перекрестного опыления и возможностью сбора семян лучшего качества, по сравнению экземплярами, произрастающими одиночно.

2. Для семян *P. sabiniana* и *P. coulteri* с твердой деревянистой оболочкой требуется предварительная подготовка с целью обеспечения возможности лучшей всхожести и синхронности появления всходов. Стратификацию семян следует проводить при температуре +8°C на протяжении 30 дней во влажном нейтральном субстрате. Для семян *P. radiata* достаточно провести замачивание на 6-12 часов в холодной воде. После проведения стратификации посев семян осуществляется в легкую, воздухопроницаемую почву. При появлении всходов необходимо ограничить попадание прямых солнечных лучей.

3. Для предотвращения дальнейшего увеличения численности популяций вредителей и снижения их вредоносности необходима система защитных мероприятий, включающая использование, как биологических методов, так и химических с помощью препаратов, занесенных в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ», направленных против вредителей хвойных пород.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

РФ – Российская Федерация

ЮБК – Южный берег Крыма

НБС, НБС-ННЦ – Никитский ботанический сад

м – метр

см – сантиметр

мм – миллиметр

мкм – микрометр

шт. – штук

г. – год

гг. – годы

кг – килограмм

г – грамм

°С – градус Цельсия

% – процент

V – коэффициент вариации

r – коэффициент корреляции

в. н. у. м. – высота над уровнем моря

млн. – миллион

° – градусы

' – минуты

ГТК – гидротермический коэффициент

M – среднее значение

m – стандартная ошибка среднего значения

Lim – пределы изменчивости

RI – индекс удерживания компонента

h/D – относительная высота

A – акклиматизационное число

Ø – диаметр ствола

отн. – относительные показатели

км² – километр квадратный

м² – метр квадратный

л – литр

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, Ю.А. Состав и изменчивость эфирного масла сосен юга Украины и перспективы его применения: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Акимов Ю.А. – Москва, 1972. – 14 с.
2. Анисимова, А.И. Итоги интродукции в Никитском ботаническом саду за 30 лет (1922-1955) / А.И. Анисимова // Труды Никит. ботан. сада. – 1957. – Т. 27. – С. 238-296.
3. Аннотированный каталог дендрологической коллекции Никитского ботанического сада / под общ. ред. чл.-корр. РАН Плугатаря Ю.В. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. – 304 с.
4. Аннотированный каталог хвойных растений для озеленения Южного берега Крыма. – Ялта: ГНБС, 1984. – 32 с.
5. Антипов-Каратаев, И.Н. О роли материнской породы в почвообразовании. Выветривание и почвообразование на гранитах. Исследования в области генезиса почв // И.Н. Антипов-Каратаев, И.Г. Цюрупа. – М.: АН СССР, 1963. – С. 52.
6. Антипов-Каратаев, И.Н. Почвы Крымского государственного лесного заповедника и прилегающих местностей / И.Н. Антипов-Каратаев, Л.И. Прасолов // Труды Почв, ин-та им. В.В. Докучаева. – 1932. – Т. 7. – 280 с.
7. Арцыбашев, Д.Д. Декоративное садоводство [Текст] / Д.Д. Арцыбашев. – М.: Сельхозгиз, 1941. – 348 с.
8. Багрова, Л.А. География Крыма: Учебное пособие для учащихся общеобразовательных учебных заведений / Л.А. Багрова, В.А. Боков, Н.В. Багров. – К.: Лыбедь, 2001. – 304 с.
9. Базилевская, Н.А. Об основах теории адаптации растений при интродукции / Н.А. Базилевская // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1981. – Вып. 120. – С. 3-9.
10. Баранов, А.И. Низкие температуры воздуха в Крыму // Записки Госуд. Никит. опытного ботан. сада – 1931. – Т. 17, Вып. 3. – 39 с.

11. Бардышев, И.И. К вопросу об индивидуальной изменчивости сосны обыкновенной по составу летучих масел / И.И. Бардышев, Р.И. Зенько, И.В. Горбачева и др. // Лесн. журн. – 1968. – № 5. – С. 168-169.
12. Биохимические методы анализа эфирномасличных растений и эфирных масел / под ред. А.Н. Карпачёвой. – Симферополь, 1972. – 107 с.
13. Боголюбова, А.И. Влияние червеца Комстока на растение / А.И. Боголюбова // Сб. научных работ Всесоюзн. НИИ хлопководства. – Ташкент, 1961. – С. 123-136.
14. Бондарь, Л.М. Микроспорогенез как один из возможных биоиндикаторов загрязняющего воздействия автотрассы / Л.М. Бондарь, Л.В. Частоколенко // Биологические науки. – 2002. – № 5. – С. 79-84.
15. Борхсениус, Н.С. Каталог щитовок мировой фауны / Н.С. Борхсениус. – М., Л.: Изд. Наука, 1966. – 449 с.
16. Борхсениус, Н.С. Практический определитель кокцид (Coccoidea) культурных растений и лесных пород СССР. Определитель по фауне СССР / Н.С. Борхсениус. – М., Л.: Зоологический институт АН СССР, 1963. – 308 с.
17. Борхсениус, Н.С. Червецы и щитовки СССР (Coccoidea) [Текст]: научное издание. Вып. 32. Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом Академии Наук СССР / Н.С. Борхсениус. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 252 с.
18. Бронникова, Д.М. Временная изменчивость морфологических признаков хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / Д.М. Бронникова, Н.В. Шахринова // Молодой ученый. – 2016. – № 26. – С. 162-165.
19. Булыгин, Н.Е. Дендрология / Н.Е. Булыгин. – Л.: Агро-промиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 352 с.
20. Важов, В.И. Агроклиматическое районирование Крыма / В.И. Важов // Труды Гос. Никит. ботан. сада. – 1977. – Т. 71. – С. 92-120.

21. Важов, В.И. Оценка микроклимата территории Никитского ботанического сада / В.И. Важов, В.В. Антюфеев // Труды Гос. Никит. ботан. сада. – 1984. – Т. 93. – С. 118-127.
22. Ванин, А.И. Определитель деревьев и кустарников: учеб. / А.И. Ванин. – М.: Лесная промышленность, 1967. – 236 с.
23. Васильев, А.Е. Ботаника: анатомия и морфология растений / А.Е. Васильев, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский, Т.И. Серебрякова, Н.И. Шорина. – М.: Просвещение, 1988. – 480 с.
24. Васильев, В.П. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: В 3-х т. – Т. 2. Вредные членистоногие, позвоночные. – 2-е изд., испр. и доп. / Под общ. ред. В. П. Васильева; Ред-ры тома В.Г. Долин, В.Н. Стовбчатый. – К.: Урожай, 1988 – 576 с.
25. Васильева, Л.И. Грибы, вызывающие гнили стволов и корней декоративных растений / Л.И. Васильева // Труды государственного ордена трудового Красного знамени Никитского ботанического сада. Вредители и болезни плодовых и декоративных растений. – 1967. – Т. 39. – С 367-386.
26. Вишнякова, С.В. Влияние выбросов автотранспорта на анатомические параметры хвои ели колючей / С.В. Вишнякова, Л.И. Аткина // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – Т. 28, № 1. – С. 134-136.
27. Воинов, Г.В. Парковая растительность Крыма / Г.В. Воинов // Записки Гос. Никитского опытного ботан. сада. – 1930. – Т. 13, Вып. 1. – 70 с.
28. Волкова, Г.Л. Воздействие климатических факторов на линейный прирост лесокультур и естественного возобновления сосны обыкновенной в Пензенской области / Г.Л. Волкова, Е.А. Позднякова, А.А. Волков, А.Е. Кухта // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2016. – С. 107-118. DOI: 10.21513/2410-8758-2016-2-107-118.
29. Волошин, М.П. Парки Крыма / М.П. Волошин. – Симферополь: Издательство «Крым», 1964. – 158 с.
30. Воробей, О.С. Особенности цветения и семеношения на архивно-маточной плантации сосны обыкновенной / О.С. Воробей // Лесоводство и

- агролесомелиорация: Респ. темат. межвед. сборник / Укр. ордена «Знака Почета» НИИ лесн. хоз-ва и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого; редкол.: П.С. Пастернак (отв. ред.). – Киев: Урожай, 1987. – Вып. 74: Защитное лесоразведение, селекция и лесные культуры. – 1987. – С. 49-51.
31. Воронин, Н.С. Руководство к лабораторным занятиям по анатомии и морфологии растений: [для пед. ин-тов по биол. спец] / Н.С. Воронин. – 3-е изд., перераб. – Москва: Просвещение, 1981. – 160 с.
 32. Воронков, Н.А. Влагооборот и влагообеспеченность сосновых насаждений / Н.А. Воронков. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 184 с.
 33. Вульф, Е.В. Хвойные натурализованные в Никитском ботаническом саду на Южном берегу Крыма / Е.В. Вульф // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. – 1928. – Т. 18, Вып. 2. – С. 15-66.
 34. Высоцкий, К.К. Закономерности строения смешанных древостоев / К.К. Высоцкий. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 176 с.
 35. Галдина, Т.Е. Влияние генетических и экологических факторов на анатомо-морфологические показатели хвои / Т.Е. Галдина, Е.П. Хазова // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 4. – С. 7-13.
 36. Галушко, Р.В. Каталог дендрологической коллекции арборетума ГНБС / Р.В. Галушко, Г.С. Захаренко, В.М. Кузнецова и др. – Ялта: ГНБС, 1993. – 102 с.
 37. Гартвис, Н.А. Обзор действий Императорского Никитского сада и Магарачского училища виноделия / Н.А. Гартвис. – СПб.: Департаментом сельского хозяйства, 1855. – 51 с.
 38. География лесных ресурсов земного шара [Текст] / Сокр. пер. с англ. В.В. Горбунова [и др.]; [Введ. проф. д-ра экон. наук П. В. Васильева, с. 5-36]; под ред. П.В. Васильева, П.Б. Виппера. – Москва: Изд-во иностр. лит., 1960. – 667 с.
 39. Геология СССР. ТОМ VIII. КРЫМ. Часть 1. Геологическое описание. / ответ. редактор М.В. Муратов. – М.: Недра, 1969. – 576 с.

40. Герасимов, И.П. Коричневые почвы сухих лесов и кустарников лугостепей / И.П. Герасимов // Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1949. – Т. 30. – С. 213-233.
41. Голенкин, М.И. Победители в борьбе за существование / М.И. Голенкин, Изд. 2. – М.: «Советская наука», 1927. – 101 с.
42. Головкин, Б.Н. История интродукции растений в ботанических садах / Б.Н. Головкин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 128 с.
43. Гордеева, Е.Н. Практический курс географии растений / Е.Н. Гордеева, О.С. Стрелкова. – Москва: Высшая школа, 1968. – 336 с.
44. Гордеева, Е.Н., Стрелкова О.С. Практический курс географии растений / Е.Н. Гордеева, О.С.Стрелкова. – Москва: Высшая школа, 1968. – 336 с.
45. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации”, приведен по состоянию на 31 января 2020 г. / М-во сельского хоз-ва Российской Федерации (Минсельхоз России). – Москва, 2020. (Изд. официальное).
46. Григорьев, А.И. Эколого-физиологические основы адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири: моногр. / А.И. Григорьев. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2008. – 196 с.
47. Гут, Р.Т. Химический состав монотерпенов как показатель географической изменчивости сосны обыкновенной / Р.Т. Гут, Г.Т. Криницкий // Лесной журнал. – 1989. – № 3. – С. 85-88.
48. Гуцевич, С.А. Гименомицеты основных древесных пород Крымского заповедника / С.А. Гуцевич // Труды Крымского государственного заповедника. – 1940. – Вып. 2. – С. 3-37.
49. Данилов, Е.А. К истории акклиматизации и натурализации древесных пород в России / Е.А. Данилов, В.М. Борткевич // Тр. по прикл. бот. ген. и сел. – 1925. – Т. 14, № 4. – С. 12-18.
50. Деревья и кустарники СССР / [Н.А. Бородина, В.И. Некрасов, Н.С. Некрасова и др.]. – М.: Мысль, 1966. – 637 с.

51. Деревья и кустарники СССР. Т.1. / под ред. С.Я. Соколова, Б.К. Шишкина. М.: Издательство Академии наук СССР, 1949. – 465 с.
52. Деревья и кустарники, культивируемые в Украинской ССР. Голосеменные. Справочное пособие / Кузнецов С.И., Чуприна П.Я., Подгорный Ю.К. и др. – Киев: Наук думка, 1985. – 200 с.
53. Добрынин, Б.Ф. Физическая география СССР. Европейская часть и Кавказ / Б.Ф. Добрынин. – М.: Учпедгиз, 1948. – 324 с.
54. Долголиков, В.И. Прогнозирование синхронности цветения географически отдаленных экотипов сосны и ели (при массовой отдаленной внутривидовой гибридизации) / В.И. Долголиков // Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов: тез. докл. и сообщ. на всес. науч.-техн. совещ. (Ленинград, 1–5 сент. 1980 г.): в 2 ч. – Л., 1980. – Ч. II. – С. 304-307.
55. Донец, Е.В. Особенности влияния режима осадков на годичный прирост сосны обыкновенной в условиях юго-западной части Крапивинского нефтяного месторождения / Е.В. Донец // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (128). – С. 149-151.
56. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1965. – 424 с.
57. Драган, Н.А. Почвенные ресурсы Крыма / Н.А. Драган. – Симферополь: ДОЛЯ, 2004. – 208 с.
58. Драган, Н.А. Почвы Крыма: учебное пособие / Н.А. Драган. – Симферополь: СГУ, 1983. – 95 с.
59. Древесные породы мира. В 3 т. Т. 2. Древесные породы СССР / [В.Г. Атрохин, К.К. Калуцкий, Ф.Т. Тюриков]. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 262 с.
60. Дюкова, Л.А. Экологическая эффективность зеленых насаждений парков Южного берега Крыма и мероприятия по ее повышению: автореф. дис... кандидат наук / Л.А. Дюкова. – Воронеж, 2012. – 18 с.

61. Елагин, И.Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных / И.Н. Елагин // Ботанический журнал. – 1961. – Т. 46, № 7. – С. 985-992.
62. Елькина, Н.А. Применение палиноиндикационного метода для оценки адаптивного потенциала приморских растений западного побережья Белого моря / Н.А. Елькина, Е.Е. Карпова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2015. – № 8 (153). – С. 52-56.
63. Ефимов, Ю.П. Пыльцевой режим и генотипический состав семян на плантациях сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов, О.Н. Беспаленко, Б.И. Фабричный // Генетические основы лесной селекции и семеноводства: сб. науч. тр. / ЦНИИЛГиС; под ред. П.В. Ковалева [и др.]. – Воронеж, 1982. – С. 75-81.
64. Жизнь растений. В 6-ти томах. Т.4. / под ред. И.В. Грушвицкого, С.Г. Жилина. – М.: Просвящение, 1978. – 447 с.
65. Забелин, И.А. Деревья и кустарники арборетума Никитского ботанического сада. Голосеменные // Забелин, И.А. // Тр. Никитского ботан. сада [под общ. ред. Е.В. Вульфа, В.П. Малеева]. – 1939. – Т. 22, Вып. 1. – С. 35-178.
66. Забелин, И.А. Итоги и перспективы интродукции шишконосных на Южном берегу Крыма / И.А. Забелин // Труды Никит. ботан. сада. – 1959. – Т. 29. – С. 95-113.
67. Забелин, И.А. Итоги интродукции шишконосных в Никитском ботаническом саду и нижнем поясе Южного берега Крыма: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Забелин И.А. (Забелин Иван Александрович). – Ялта, 1957. – 463 с.
68. Забелин, И.Е. Московские сады в XVII столетии / И.Е. Забелин // Журн. садоводства. – 1856. – Т. 2. – 116-121 с.
69. Забуга, В.Ф. Влияние факторов внешней среды на рост ствола сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье / В.Ф. Забуга, Г.А. Забуга // Хвойные бореальной зоны. – 2006. – №1. – С. 86-96.

70. Забуга, В.Ф. Влияние факторов внешней среды на рост ствола сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье / В.Ф. Забуга, Г.А. Забуга // Хвойные бореальной зоны. – 2006. – №1. – С. 86-96.
71. Зайцев, Г.Н. Математический анализ биологических данных / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1991. – 182 с.
72. Зайцев, Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
73. Зауралов, О.А. О физиологическом значении эфирных масел в растении / О.А. Зауралов // Растительные ресурсы. – 1975. – Т. 11, Вып. 2. – С. 289-304.
74. Зыкова, И.Д. Сравнительный анализ компонентного состава эфирных масел *Pinus pithyusa* Steven и *Pinus silvestris* / И.Д. Зыкова, А.А. Ефремов // Химия растительного сырья. – 2012. – № 2. – С. 105-109.
75. Иванов, Л.А. Свет и влага в жизни древесных пород / Л.А. Иванов. – М.: изд-во АН СССР, 1946. – 60 с.
76. Иозус, А.П. Морфологические и анатомические особенности хвои сосны обыкновенной разного географического происхождения в географических культурах Волгоградской области / Иозус А.П., Морозова А.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4 URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20526> (дата обращения: 30.05.2020).
77. Исиков, В.П. Аннотированный список грибов на деревьях и кустарниках Черноморского побережья Кавказа / В.П. Исиков // Сборник научных трудов ГНБС. – 2014. – Т. 139. – С. 158-168.
78. Исиков, В.П. Важнейшие вредители и болезни в арборетуме Никитского ботанического сада / В.П. Исиков., Н.Н. Трикоз // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2017. – № 8. – С. 150-170.
79. Исиков, В.П. Интродукция и селекция ароматических и лекарственных культур: методологические и методические аспекты / В.П. Исиков, В.Д. Работягов, Л.А. Хлыпенко и др. – Ялта: НБС–ННЦ, 2009. – 110 с.

80. Исиков, В.П. Методы исследований лесных экосистем Крыма / В.П. Исиков, Ю.В. Плугатарь, В.П. Коба. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2014. – 252 с.
81. Истратова, О.Т. К характеристике декоративности видов рода *Pinus* L. / О.Т. Истратова // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1976. – Вып. 102. – С. 10-14.
82. Истратова, С.Т. Интродукция видов рода *Pinus* L. на Черноморском побережье Кавказа / С.Т. Истратова // Сборник трудов СочНИЛОС. – 1973. – Вып. 8. – С. 3-85.
83. Казимилова, Р.Н. Почвы парка Монтедор / Р.Н. Казимилова, Н.Е. Опанасенко, И.В. Костенко и др. – Ялта: НБС, 2003. – 48 с.
84. Карпун, Ю.Н. Основы интродукции / Ю.Н. Карпун / Hortus botanicus. – 2004. – №2. – Р. 17-32.
85. Каталог дендрологических коллекций Арборетума Государственного Никитского ботанического сада. – Ялта: НБС, 1993. – 101 с.
86. Качалов, А.А. Деревья и кустарники: справ. / А.А. Качалов, А.И. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 407 с.
87. Кисловская, Т.П. Биологически активные вещества культур сосны и ели Среднего Урала / Т.П. Кисловская // Лесные биологические вещества: Матер. междунар. семинара. – Хабаровск, 2001. – С. 96-297.
88. Коба, В.П. Динамика биометрических показателей пыльцы *Pinus pallasiana* D. Don в природных популяциях Горного Крыма / В.П. Коба // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 77-83.
89. Коба, В.П. Исследование некоторых особенностей морфогенеза и прорастания пыльцы *Pinus pallasiana* D. Don / В.П. Коба // Цитология и генетика. – 2004. – Т. 38, № 3. – С. 38-45.
90. Коба, В.П. Фенология пыления и качество пыльцы сосны обыкновенной в искусственных насаждениях Крымской яйлы / В.П. Коба, И.А. Крестьянишин // Лесоведение. – 2017. – № 6. – С. 424-430.
91. Коваленко, Н.А. Компонентный состав эфирных масел некоторых видов сосен / Н.А. Коваленко, Г.Н. Супиченко, В.Н. Леонтьев, А.Г. Шутова //

- Биологически активные вещества растений – изучение и использование: матер. междунар. науч. конф. (29-31 мая 2013 г., г. Минск). – Минск: ГНУ «Центральный ботанический сад Академии наук Беларуси», 2013. – С. 120-121.
92. Колесников, А.И. Декоративная дендрология. 2-е издание / А.И. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 704 с.
 93. Колесникова, Р.Д. Состав эфирных масел некоторых кавказских и крымских видов сосны / Р.Д. Колесникова, А.И. Чернодубов, В.Г. Латыш и др. // Растительные ресурсы. – 1977. – Т. 13, № 2. – С. 351-357.
 94. Колесникова, Р.Д. Эфирные масла хвойных деревьев России: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук / Р.Д. Колесникова. – Владивосток, 1998. – 46 с.
 95. Комаров, В.Л. Происхождение растений / В.Л. Комаров; Акад. наук Союза ССР. – Изд. 7-е. – М.; Л.: изд-во Акад. наук СССР, 1943. – 178 с.
 96. Коноплева, М.М. Поиск новых видов сырья сосны лесной / М.М. Коноплева, И.Д. Дейненко // Вестник фармации. – 2006. – № 3 (33). – С. 1-5.
 97. Коркешко, А.Л. Роль и значение сосен в сложении субтропических парков и лесопарков / А.Л. Коркешко // Сб. трудов СочНИЛОС. – 1973. – Вып. 8. – С. 86-114.
 98. Корчагин, А.А. Методы учета семяношения древесных пород и лесных сообществ / под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина // Полевая геоботаника. – М.-Л., 1960. – Т. II. – С. 41-132.
 99. Котелова, Н.В. Проращивание пыльцы на искусственных средах и способы хранения пыльцы сосны обыкновенной / Н.В. Котелова // Научн. техн. информ. МЛТИ. – 1956. – № 23. – С. 13-20.
 100. Коц, З.П. Индивидуальная изменчивость деревьев сосны обыкновенной по срокам формирования пыльцы / З.П. Коц // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1974. – Вып. 38: Лесные культуры и селекция. – С. 92-98.
 101. Кочкин, М.А. Почвы Никитского ботанического сада и мероприятия по их рациональному использованию / М.А. Кочкин. – Ялта: НБС, 1963. – 90 с.

102. Кочкин, М.А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования / М.А. Кочкин // Сборник научных трудов Никитского ботанического сада. – М.: Колос, 1967. – Т. 38. – 368 с.
103. Кравченко, Г.Л. Закономерности роста сосны / Г.Л. Кравченко. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 168 с.
104. Красная книга Магаданской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных / Администрация Магаданской области, Департамент природных ресурсов; Институт биологических проблем Севера ДВО РАН. / Отв. ред. И.А. Черешнев. – Магадан: «Старый город», 2008. – 429 с.
105. Красная книга Тюменской области. Животные, растения, грибы / Департамент по охране окружающей среды администрации Тюменской области. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2004. – 430 с.
106. Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа: животные, растения, грибы / Отв. ред. С.Н. Эктова, Д.О. Замятин. – Екатеринбург: Издательство «Баско», 2010. – 308 с.
107. Крюссман, Г. Хвойные породы. Пер. с нем. / ред. и предисловие Н.Б. Гроздовой. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 256 с.
108. Кузнецов, Н.Н. Кокциды – вредители хвойных / Н.Н. Кузнецов // Защита растений. – 1966. – № 7. – С. 46-47.
109. Кузнецов, Н.Н. Кокциды (Homoptera, Coccoidea) хвойных Крыма (видовой состав, биология и меры борьбы) / Н.Н. Кузнецов // Труды государственного ордена трудового Красного знамени Никитского ботанического сада. Вредители и болезни плодовых и декоративных растений. – 1967. – Т 39. – С. 219-304.
110. Кузнецов, Н.Н. Кокциды (Homoptera, Coccoidea) Хвойных Крыма (Видовой состав, биология и меры борьбы) / Н.Н. Кузнецов // Труды государственного ордена трудового Красного знамени Никитского

- ботанического сада. Вредители и болезни плодовых и декоративных растений. – 1967. – Т 39. – С. 219-304.
111. Кузнецов, Н.Н. Кокциды, повреждающие хвойные породы в горах Крыма, и меры борьбы с ними / Защита горных лесов от вредителей и болезней: Тезисы докладов на первом Республиканском совещании. – Ереван, 1966. – С. 42-46.
 112. Культиасов, М.В. Из истории подмосковных ботанических садов / М.В. Культиасов // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1950. – Вып. 6. – С. 95-99.
 113. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.
 114. Лапин, П. И. Интродукция лесных пород / П. И. Лапин, К.К. Калущкий, О. Н. Калущкая. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 224 с
 115. Лаура, М.П. Цветение клонов сосны на лесосеменных плантациях / М.П. Лаура // Лесоведение. – 1978. – № 6. – С. 56-62.
 116. Лесная энциклопедия: В 2-х т. / Гл. ред. Воробьев Г.И.; Ред.кол.: Анучин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1985. – 563 с.
 117. Лесные культуры: Учебник. - 2-е изд., испр. и доп. / под общ. ред. проф. А.Р. Родина. М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, 2009. – 462 с.
 118. Липский, В.И. Биографии и литературная деятельность ботаников и лиц, соприкасавшихся с Императорским Ботаническим Садам / В.И. Липский // Императорский С.-Петербургский Ботанический Сад за 200 лет его существования (1713–1913). Пг.: 1913-1915, Ч. 3. – С. 3-536.
 119. Ловелиус, Н.В. Изменчивость прироста деревьев / Н.В. Ловелиус. – Л.: Наука, 1979. – 232 с.
 120. Лоулес, Д. Энциклопедия ароматических масел / Д. Лоулес. – М.: Крон-Пресс, 2000. – 287 с.
 121. Любименко, В. Список деревьев и кустарников, разводимых в Императорском Никитском Саду и имеющих техническое или декоративное значение / В. Любименко // Записки Императорского Никитского ботанического Сада. – 1909. – Вып. 3. – С. 1-124.

122. Мажула, О.С. Режим разлета пыльцы сосны обыкновенной на архивно-маточной плантации / О.С. Мажула // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1988. – Вып. 77: Лесоводство, селекция и лесные культуры. – 1988. – С. 53-57.
123. Макаров, И.И. Температура почвы в Никитском саду // Записки Госуд. Никит. опытного ботан. Сада / И.И. Макаров. – 1931. – Т. 17, Вып. 4. – 22 с.
124. Малеев, В.П. Теоретические основы акклиматизации растений / В.П. Малеев. – Л.: Сельхозгиз, 1933. – 160 с
125. Мамаев, С.А. Ель сибирская на Урале (внутривидовая изменчивость и структура популяций) / С.А. Мамаев, П.П. Попов. – М.: Наука, 1989. – 104 с.
126. Мамаев, С.А. О закономерностях колебания амплитуды внутривидовой изменчивости количественных признаков в популяциях высших растений / С.А. Мамаев // Журнал общей биологии. – 1968. – Т. 29, № 4. – С. 413-426.
127. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 284 с.
128. Маринич, А.М. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / А.М. Маринич, В.М. Пащенко, И.Г. Шищенко. – Киев: Наукова думка, 1985. – 224 с.
129. Методы мониторинга вредителей и болезней леса // Под редакцией В.К. Тузова. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.
130. Митропольский, А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
131. Мкртчян М.А., Путенихин В.П. Таксационные характеристики сосны веймутова при интродукции в Башкирском Предуралье // В сборнике: Ботанические чтения – 2013: Материалы научно-практической конференции. ответственный редактор Н.Н. Никитина; редколлегия: О.С. Козловцева, В.А. Глазунов, С.А. Шереметова, Н.И. Сабаева. – 2013. – С. 89-92.
132. Мкртчян, М.А. Экзотические североамериканские сосны в коллекции ботанического сада г. Уфы / М.А. Мкртчян // В сборнике: Экологическое

- краеведение материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. Ответственный редактор О.С. Козловцева. – 2014. – С. 62-65.
133. Молчанов, А.А. Влияние леса на окружающую среду / А.А. Молчанов. – М.: Наука, 1973. – 350 с.
134. Молчанов, А.А. Методика изучения прироста древесных растений / А.А. Молчанов, В.В. Смирнов. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
135. Молчанов, А.А. Сосновые леса и влага / А.А. Молчанов. – М.: Изд.-во АН СССР, 1953. – 138 с.
136. Моносзон-Смолина, М.Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* / М.Х. Моносзон-Смолина // Ботан. журн. – 1949. – Т. 34, № 4. – С. 352-380.
137. Найденова, Р.И. Рациональное использование природных биологических ресурсов в целях устойчивого развития регионов центрального федерального округа / Р.И. Найденова // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 8 – С. 69-72.
138. Нарчуганов, А.Н. Компонентный состав эфирного масла сосны сибирской / А.Н. Нарчуганов, Е.Г. Струкова, А.А. Ефремов // Химия растительного сырья. – 2011. – №4. – С. 103-108.
139. Некрасова, Т.П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири / Т.П. Некрасова. – Новосибирск: Наука, 1983. – 168 с.
140. Нестерович, Н.Д. Структурные особенности листьев хвойных / Н.Д. Нестерович, Т.Ф. Дерюгина, А.И. Лучков. – Минск: Наука и техника, 1986. – 143 с.
141. Носкова, Н.Е. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной / Н.Е. Носкова, И.Н. Третьякова // Хвойные бореальной зоны. – 2006. – № 3. – С. 54-63.
142. Овеснов, С.А. Флористическое районирование Земли: учеб. пособие к курсу «География растений» / С.А. Овеснов. – Пермь: Перм. ун-т., 2007. – 67 с.

143. Огиевский, В.В. Технические и пищевые лесные деревья и кустарники / В.В. Огиевский. – М., Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 76 с.
144. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
145. Олиферов, А.Н. Реки и озёра Крыма / А.Н. Олиферов, З.В. Тимченко. – Симферополь: Доля, 2005. – 216 с.
146. Опанасенко, Н.Е. Почвы парков Никитского ботанического сада / Н.Е. Опанасенко, Ю.В. Плугатарь, Р.Н. Казимрова, А.П. Евтушенко. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – 256 с.
147. Орлов, А.Я. Почвенная экология сосны / А.Я. Орлов, С.П. Кошельков. – М.: Наука, 1974. – 325 с.
148. Орлова, Л.В. Сосны России (систематика и география): автореф. дис. ... канд. биол. наук // Орлова Л.В. – С. Петербург, 2000. – 20 с.
149. Павлова, Н.Н. Физическая география Крыма / Н.Н. Павлова. – Л.: Наука, 1964. – 106 с.
150. Парубец, О.В. Анализ климатических рядов крымского полуострова / О.В. Парубец // Экосистемы. – 2009. – №1 (20). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-klimaticheskikh-ryadov-krymskogo-poluostrova> (дата обращения: 13.07.2020).
151. Паушева, З.П. Практикум по цитологии растений / Паушева З.П. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
152. Пенюгалов, А.В. Климат Крыма: Опыт климатического районирования / Пенюгалов А.В. – Симферополь: Крымгосиздат, 1930. – 178 с.
153. Пименов, А.В. Морфология и качество пыльцы сосны обыкновенной в контрастных экотопах Хакасии / А.В. Пименов, Т.С. Седельникова, С.П. Ефремов // Лесоведение. – 2014. – № 1. – С. 57-64.
154. Плугатарь, Ю.В. Экологический мониторинг Южного берега Крыма / Ю.В. Плугатарь, С.П. Корсакова, О.А. Ильницкий. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2015. – 164 с.
155. Плугатарь, Ю.В. Биометрические характеристики и аэродинамические свойства пыльцевых зерен североамериканских сосен в условиях Южного

- берега Крыма / Ю.В. Плугатарь, Т.М. Сахно // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, Вып. 4. – С. 462-468. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2018-18-4-462-468>.
156. Плугатарь, Ю.В. Анатомо-морфологические особенности хвои сосны Культера (*Pinus coulteri* D. Don) в условиях Южного берега Крыма / Ю.В. Плугатарь, Т.М. Сахно // Бюллетень ГНБС. – 2020. – Вып.134. – С. 9-16. DOI: <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-134-9-16>
157. Побединский, А.В. Сосна / А.В. Побединский. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 125 с.
158. Подгорный, Ю. К. Сосны Ливадийского парка (Крым) / Ю. К. Подгорный. – Бюл. Никитск. ботан. сада. – 1982. – Вып. 48. – С 36-39.
159. Подгорный, Ю.К. Аннотированный каталог сосен арборетума Никитского ботанического сада / Ю.К. Подгорный. – Ялта: НБС, 1977. – 48 с.
160. Половицкий, И.Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия: Справ. изд. / И.Я. Половицкий, П.Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.
161. Поляков, А.К. Итоги интродукции видов рода *Pinus* L. на юго-востоке Украины / А.К. Поляков, Е.П. Сусллова // Промышленная ботаника. – 2009. – Вып. 9. – С. 101-104.
162. Попова, О.С. Древесные растения лесных, защитных и зеленых насаждений: учеб. пособ. / О.С. Попова, В.П. Попов, Г.У. Харахонова. – СПб [и др.]: Лань, 2010. – 188 с.
163. Правдин, Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1975. – 176 с.
164. Правдин, Л.Ф. Сосна обыкновенная / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1964. – 192 с.
165. Практикум по анатомии и морфологии растений: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В.П. Викторов, М.А. Гуленкова, Л.Н. Дорохина и др.; под. ред. Л.Н. Дорохиной. – М.: Академия, 2004. – 176 с.
166. Прозина, М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина. – М.: Высшая школа, 1960. – 205 с.

167. Прокофьева, Е.А. Некоторые аспекты эколого-биологического состояния деревьев Алушкинского парка / Е.А. Прокофьева // Современные научные исследования в садоводстве. – 2000. – Ч.1. – С. 109-111.
168. Пухальский, В.А., Практикум по цитологии и цитогенетике растений / Пухальский В.А., Соловьев А.А., Бадаева Е.Д., Юрцев В.Н. – М.: Колос, 2013. – 198 с.
169. Пятницкий, С.С. Практикум по лесной селекции / Пятницкий С.С. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 271 с.
170. Радченко, С.И. Влияние температурного градиента на рост и развитие высших растений / С.И. Радченко // Эксперимент. ботан. – 1940. – № 4. – С. 13-19.
171. Ребко, С.В. Фенология цветения различных климатипов сосны обыкновенной на гибридно-семенном участке [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rusnauka.com>.
172. Репин, Е.Н. Оценка перспективности интродукции некоторых видов сосны в условиях юга Приморского края / Е.Н. Репин // автореферат дис. ... канд. с.-х. наук.. – Уссурийск: Приморская гос. с.-х. академия, 1998. – 18 с.
173. Репин, Е.Н. Семеношение сосны веймутовой *Pinus strobus* L. в дендрарии Горнотаежной станции Дальневосточного отделения РАН / Е.Н. Репин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 3-3. – С. 1064-1067.
174. Репин, Е.Н. Семеношение североамериканских видов сосны в дендрарии Горнотаежной станции ДВО РАН / Е.Н. Репин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 576.
175. Рысин, Л.П. Сосновые леса России / Л.П. Рысин, Л.И. Савельева // М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 289 с.
176. Сахно, Т.М. Морфология и особенности реализации жизненных функций пыльцы *Pinus radiata* D.Don в условиях интродукции на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Вестник ТвГУ университета. Серия: Биология и экология. – 2017а. – № 4. – С. 124-133.

177. Сахно, Т.М. К вопросу декоративности некоторых североамериканских сосен, культивируемых в условиях Южного берега Крыма / Т.М. Сахно // Коняевские чтения: матер. VI междунар. науч.-практ. конф. (13-15 декабря 2017 г., г. Екатеринбург). – Екатеринбург, 2017б. – С. 47-49.
178. Сахно, Т.М. Морфологические особенности пыльцы сосны съедобной (*Pinus edulis* Engelm.) в условиях интродукции на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: матер. XIX междунар. науч. конф. с элементами научной школы молодых ученых, посвященной 75 летию со дня рождения д.б.н., Заслуженного деятеля науки РФ, академика Российской экологической академии, профессора Гайирбега Магомедовича Абдурахманова (4-7 ноября 2017 г., г. Махачкала). – Махачкала, 2017в. – С. 265-266.
179. Сахно, Т.М. Морфологические особенности и жизнеспособность пыльцы сосны лучистой (*Pinus radiata* D.Don) на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Современные проблемы биоморфологии: матер. конф. с междунар. участием (3-9 октября 2017 г., г. Владивосток). – Владивосток, 2017г – С. 167-168.
180. Сахно, Т.М. Особенности распространения и современное состояние сосны Сабина (*Pinus sabiniana* Douglas) на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Экосистемы. – 2018а. – №15 (45). – С. 12-17.
181. Сахно, Т.М. Ценные североамериканские экзоты рода *Pinus* L. в Комсомольском парке МДЦ «Артек» / Т.М. Сахно // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018б. – № 147. – С. 144-145.
182. Сахно, Т.М. Некоторые особенности развития мужской генеративной сферы *Pinus sabiniana* Douglas в условиях Южного берега Крыма / Т.М. Сахно // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты: матер. VIII междунар. науч.-практ. конфер.(1-5 октября 2017 г., г. Ялта). – Симферополь, 2018в. – С. 182-183.

183. Сахно, Т.М. Некоторые биоэкологические характеристики *Pinus sabiniana* Douglas в условиях интродукции на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России, посвященной памяти выдающегося ученого, доктора биологических наук, Заслуженного деятеля науки РД и РФ, академика Российской экологической академии, профессора Гайирбега Магомедовича Абдурахманова: матер. XX юбил. междунар. науч. конф. (6-8 ноября 2018 г., г. Махачкала). – Махачкала, 2018г. – С. 246-248.
184. Сахно, Т.М. Некоторые аспекты интродукции североамериканских видов рода *Pinus* L. в Никитском ботаническом саду / Т.М. Сахно, А.Ф. Хромов // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: матер. междунар. науч. конф., посвященной 85-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (06-08 июня, 2017 г., г. Минск). – Минск, 2017. Ч.1. – С. 120-122.
185. Смирнов, И.А. Жизнеспособность пыльцы некоторых видов хвойных интродуцентов / И.А. Смирнов // Бюл. ГБС АН СССР. – 1977. – Вып. 106. – С. 32-37.
186. Соболев, А.Н. Изменчивость параметров хвои и радиального прироста древесины сосновых насаждений Соловецкого Архипелага под влиянием климатических факторов / А.Н Соболев, П.А. Феклистов // Экологические проблемы Арктики и северных территорий межвузовский сборник научных трудов. М.В. Ломоносова; ответственный редактор П.А. Феклистов. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2012. – С. 15-20.
187. Соколов, С.Я. Интродукция растений и зеленое строительство / С.Я. Соколов. – М., Л.: АН СССР, 1957. – 238 с.
188. Справочник лесничего / сост. Б.И. Венгловский, [и др.]. – Бишкек: Государственное Агентство по охране окружающей среды и лесному хозяйству при Правительстве Кыргызской Республики, 2008. – 150 с.

189. Стратегия ботанических садов России по сохранению биоразнообразия растений. – М.: Красная Звезда, 2003. – 32 с.
190. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования городской округ Ялта Республики Крым до 2030 года. – Ялта, 2018. – 123 с.
191. Сурсо, М.В. Особенности развития однолетних стробилов сосны обыкновенной в условиях контролируемого опыления / М.В. Сурсо // Тр. Коми науч. центра АН СССР. – 1988. – № 96. – С. 54-63.
192. Тахтаджян, А.Л. Жизнь растений / А.Л. Тахтаджян. – Москва: Просвещение, 1978. – 447 с.
193. Титок, В.В. Интродукция растений и ее роль в решении экономических и социальных проблем Республики Беларусь / В.В. Титок, И.К. Володько // Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (19–22 июня 2012, Минск, Беларусь). – Минск: НАНБ ЦБС, 2012. – С. 294-298
194. Ткаченко, А.Н. Изменчивость пыльцы сосны обыкновенной на лесосеменной плантации в Брянском округе зоны широколиственных лесов / А.Н. Ткаченко, Е.Н. Самошкин // Лесной журнал. – 2001. – № 4. – С 23-27.
195. Токин, Б.П. Вероятная роль фитонцидов в природе / Б.П. Токин // Природа. – 1946. – № 4. – С. 7-12.
196. Трейвас, Л.Ю. Болезни и вредители хвойных растений: атлас-определитель. / Л.Ю. Трейвас. – М.: ЗАО «Фитон+», 2010. – 144 с.
197. Третьяков, Н.В. Закон единства в строении древостоев / Н.В. Третьяков. – М.; Л.: Новая деревня, 1927. – 113 с.
198. Третьякова, И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология. – 2004. – №1. – С. 1-8.
199. Третьякова, И.Н. Эмбриология хвойных / Третьякова И.Н. – Новосибирск: Наука, 1990. – 157 с.

200. Трикоз, Н.Н. Кокциды (Homoptera, Coccoidea) – вредители декоративных культур в парках Южного берега Крыма // Бюллетень ГНБС. – 2018. – Вып. 126. – С. 70-76.
201. Умнов, М.П. Карантинные и другие вредные кокциды (Coccidae) Крыма / М.П. Умнов. – Симферополь: Госуд. изд-во Крымской АССР, 1940. – 64 с.
202. Фабричный, Б.М. Фенология цветения клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях Воронежской области / Б.М. Фабричный. – Воронеж: лесотехн. ин-т. – Воронеж, 1984. – 25 с. – Деп. в ЦБНТИлесхоз 18.12.84, № 342лх–84 // РЖ: 56. Лесоведение и лесоводство. – 1985. – № 3. – 3.56.247ДЕП. – С. 86.
203. Федорков, А.Л. Изменчивость адаптивных признаков хвойных в условиях стресса на севере Европы: Автореф. дисс.... д-ра. биол. наук (03.02.01) / А.Л. Федорков. – Москва, 2011. – 40 с.
204. Федоров, Н.И. Лесная фитопатология / Н.И. Федоров. – Минск: Вышэйш. шк., 1987. – 177 с.
205. Фридланд, В.М. Опыт почвенно-географического разделения горных систем СССР / В.М. Фридланд // Почвоведение. – 1951. – № 9. – С. 521-535.
206. Фуксман, И.Л. Влияние природных и антропогенных факторов на метаболизм веществ вторичного происхождения у древесных растений / И.Л. Фуксман. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. – 164 с.
207. Фурса, Д.И. Радиационный и гидротермический режим Южного берега Крыма по данным агрометеостанции «Никитский сад» за 1930-2004 гг. и его учёт в практике виноградарства / Д.И. Фурса, С.П. Корсакова, А.Г. Амирджанов, В.П. Фурса. – Ялта, 2006. – 54 с.
208. Харитонович, Ф.Н. Биология и экология древесных пород / Ф.Н. Харитонович. – М.: Лесная промышленность, 1968. – 304 с.
209. Хох, А.Н. Особенности биометрических показателей хвои сосны обыкновенной в разных типах леса / Хох, А.Н. // XIII Машеровские чтения Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2019. – С. 91-92

210. Цабель, Е.Н. Декоративные деревья и кустарники Императорского Никитского сада на Южном берегу Крыма с указанием способов размножения и ухода за ними / Е.Н. Цабель. – Симферополь: [Неизвестное издательство], 1879. – С. 40-42.
211. Цингер, Н.В. Эволюция мужского гаметофита голосеменных / Н.В. Цингер, В.П. Размологов // В кн.: Биохимия и филогения растений. – М., 1972. – С. 163-198.
212. Цицин, Н.В. Интродукция и акклиматизация растений в СССР за 50 лет. / Н.В. Цицин // Бюлл. Главн. ботан. сада. – 1968. – Вып. 69. – С. 3-9.
213. Черепанова, О.Е. Влияние факторов среды (температуры и влажности воздуха) на качество пыльцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / О.Е. Черепанова, Ю.Д. Мищикина // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 7 (99). – С. 72-73.
214. Чернодубов, А.И. Эфирные масла сосны: состав получение, использование / А.И. Чернодубов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 112 с.
215. Шевченко, С.В. Цитоморфологическая характеристика пыльцы пораженных вирусами и бессимптомных растений розы / С.В. Шевченко, Т.Н. Кузьмина, И.В. Митрофанова // Матер. конф. «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиологобиохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)» (01-05 октября 2017 г. Ялта). – Симферополь: ИТ «Ариал». – С. 322-323.
216. Шпак, С.И. Изменчивость состава эфирных масел хвои в роду *Pinus* / С.И. Шпак, С.А. Ламоткин, А.И. Ламоткин и др. // Труды БГТУ. Серия «Химия, технология органических веществ и биотехнология». – 2008. – Т. 1. – С. 292-296.
217. Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири. 2011 / под ред. Н.С. Касимова, А.В. Кислова. – М.: МАКС Пресс, 2011. – 496 с.

218. Ярмоленко, А.В. Опыт применения анатомии вторичной древесины ствола к объяснению филогении хвойных / А.В. Ярмоленко // Советская ботаника. – 1933. – № 6. – С. 46-63.
219. Ярославцев, Г.Д. Фенологические наблюдения над хвойными (методические указания) / Г.Д. Ярославцев, Н.Е. Булыгин, С.И. Кузнецов, Г.С. Захаренко. – Ялта: ГНБС, 1973. – 48 с.
220. A working list of all known plant species [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.theplantlist.org.
221. Adams, R.P. alkanes and terpenes in wood and leaves of *Pinus jeffreyi* and *P. sabiniana* / R.P. Adams, J.W. Wright // The Journal of Essential Oil Research. – 2012. – Vol. 1. – P.1-6. DOI: 10.1080/10412905.2012.703512.
222. Agee, J. The fire management plan for Pinnacles National Monument: In: Proceedings, 1st conference on scientific research in the National Parks / J. Agee, H. Biswell [Date of conference unknown]; [Location of conference unknown]. [Place of publication unknown]: [Publisher unknown], 1978. – P. 1231-1238.
223. Bachiller, P. *Rhyacionia buoliana* Schiff. In: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (España). Plagas de insectos en las masas forestales españolas / P. Bachiller. – Madrid, Spain: MAPA, 1981. – P. 91-95.
224. Bailey, L.F. Leaf oils from Tennessee Valley conifers / L.F. Bailey // Journal of Forestry. – 1948. – Vol. 46(12). – P. 882-889.
225. Baker, F.S. A revised tolerance table / F.S. Baker // Journal of Forestry. – 1949. – Vol. 47(3). – P. 179-181.
226. Bannister, P. Frost resistance and the distribution of conifers. / P. Bannister, G. Neuner // F.J. Bigras and S.J. Colombo (eds.), Conifer cold hardiness. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. – P. 3-22.
227. Baradat, P. Genetic expression for monoterpenes in clones of *Pinus sylvestris* grown on different sites / P. Baradat, R. Yazdani // Scand. J. For Res. – 1988. – Vol. 3. – P. 25-36.

228. Borchert, M. Serotiny and cone-habit variation in populations of *Pinus coulteri* (Pinaceae) in the southern Coast Ranges of California / M. Borchert // Madrono. – 1985. – Vol.32 (1). – P. 29-48.
229. Breitenbach, J. Fungi of Switzerland / J. Breitenbach, F. Kränzlin // Verlag Mykologia Breitenbach. – 1986. – Vol. 2. – P. 26-75.
230. Brown, C. Reproduction of the Pine Needle Scale, *Phenacaspis pinifoliae* (Fitch), (Homoptera: Diaspididae) / C. Brown // The Canadian Entomologist. – 1959. – Vol. 91 (9). – P. 529-535. DOI:10.4039/Ent91529-9.
231. Burdon, R.D. An introduction to pines. Pines of silvicultural importance compiled from forestry compendium, CAB International. – CABI Publishing:, Guildford and King`s Linn: Printed and bound in the UK by Biddles Ltd // R.D. Burdon. – 2002. – P. 10-21.
232. Chardon, N.I. Topographic, latitudinal and climatic distribution of *Pinus coulteri*: geographic range limits are not at the edge of the climate envelope / W.K. Cornwell, L.E. Flint, A.L. Flint, Ackerly, D.D. // Ecography. – 2015. – 38 (6). – C. 590-601.
233. Cho, K.J. Effect of bioflavonoids extracted from the bark of *Pinus maritima* on proinflammatory cytokine interleukin-1 production in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 / K.J. Cho, C.H. Yun, D.Y.Yoon et al. // Toxicol Appl. Pharmacol. – 2000. – Vol. 168. – P. 64-71.
234. Coleman, G.A. Report upon Monterey pine, made for the Pacific Improvement Company / G.A. Coleman. – Berkeley: University of California, 1905. – 74 p.
235. Critchfield, W. Geographic distribution of the pines of the world / W. Critchfield, E. Little // U.S.D.A. Forest Service Miscellaneous Publication. – 1966. – Vol. 991. – P. 1-97.
236. Delph, L. How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives / L. Delph, M. Johannsson, A. Stephenson // Ecology. – 1997. – Vol. 78. – P. 1632-1639.

237. Dick, M.A. *Neonectria fuckeliana* is pathogenic to *Pinus radiata* in New Zealand. Australas / M.A. Dick., P.E. Crane // Plant Dis. Notes. – 2009. – Vol. 4(1). – P. 12-14. DOI:10.1071/DN09005.
238. Diego, N. De. Moncaleán and M. Lacuesta. Immunolocalization of IAA and ABA in roots and needles of radiata pine (*Pinus radiata*) during drought and rewatering / N. De Diego, J.L. Rodríguez, I.C. Dodd, F. Pérez-Alfocea, P. Moncaleán and M. Lacuesta. // Tree Physiology. – 2013. – Vol. 33. – P. 537-549 DOI:10.1093/treephys/tpt033.
239. Douglass, R.F. Silvical characteristics of Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) / R.F. Douglass. – Berkeley: USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1966. – 21 p.
240. Duffield, J.W. Pine pollen collection dates – annual and geographic / Duffield, J.W. – California: Department of Agriculture, Forest Service, California Forest and Range Experiment Station, 1953. – 9 p.
241. Efstathia, I. The genus *Pinus*: a comparative study on the needle essential oil composition of 46 pine species / I. Efstathia, K. Aikaterini, O. Vassilios // Phytochem Rev. – 2014. – Vol. 13(4). – P. 741-768. DOI: 10.1007/s11101-014-9338-4.
242. Eglitis, A. Susceptibilidad de los Pinos a la Polilla del Brote *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae): Análisis agrometeorológico en Argentina y Chile. Facultad de Ciencias Forestales / A. Eglitis. – Santiago, Chile: Universidad de Chile, 1974. – 70 p.
243. Ekundayo, O. Volatile constituents of *Pinus* needle oils / O. Ekundayo // Flavour Fragr. J. – 1988. – Vol 3. – P. 1-11.
244. Eriksson, D. Influence of silvicultural regime on wood structure characteristics and mechanical properties of clear wood in *Pinus sylvestris* / D. Eriksson, H. Lindberg, U. Bergsten // Silva Fennica. – 2006. – Vol. 40, No. 4 article id 325. doi.org/10.14214/sf.325.
245. Farjon, A. Pines – drawings and descriptions of the genus *Pinus*. Second edition / A. Farjon. – Leiden-Boston: Brill, 2005. – 300 p.

246. Farjon, A. *Pinus* (Pinaceae) / A Farjon, B. Styles // *Flora Neotropica Monograph*. – 1997. – Vol. 75. – P. 1. – 291.
247. Farjon, A. World checklist and bibliography of conifers / A. Farjon. – United Kingdom, Kew: The Royal Botanic Gardens, 1998. – 298 p.
248. Farris, G.J. California pignolia: seeds of *Pinus sabiniana* / G.J. Farris // *Economic Botany*. – 1983. – Vol. 37(2). – P. 201-206.
249. Fonti, P. Earlywood vessel size of oak as a potential proxy for spring precipitation in mesic sites / P. Fonti, I. Garcia-González // *Journal of Biogeography*. – 2008. – V. 35. – P. 2249-2257.
250. Forde, M.B. Variation in natural populations of *Pinus radiata* in California. Part 3. Cone characters / M.B. Forde // *New Zealand Journal of Botany*. – 1964. – Vol. 2(4). P. 459-485.
251. Gavrikov, V.L. Shoot-based three-dimensional model of young Scots pine growth / V.L. Gavrikov, O.P. Sechenko // *Ecological Modelling*. – 1996. – Vol. 88, No 1-3. – P. 183-193.
252. Geils, B.W. Intensification of dwarf mistletoe on southwestern Douglas fir / B.W. Geils, R.L. Mathiasen // *Forest Science*. – 1990. – Vol. 36(4). – P. 955-969.
253. Gernandt, S. Use of simultaneous analyses to guide fossil based calibrations of Pinaceae phylogeny / S. Gernandt, S. Magallón, G. López et al. // *International Journal of Plant Sciences*. – 2008. – Vol. 169(8). – P. 1086-1099.
254. Gijzen, M. Conifer monoterpenes: biochemistry and bark beetle chemical ecology. In: Teranishi R., Buttery R.G., Sugisawa H. (eds) *Bioactive volatile compounds from plants* / ACS Symposium Series. – 1993. – Vol. 525. – P. 8-22.
255. Godoy, E. *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. en *Pseudotsuga mensziessi* (Mirb) Franco / E. Godoy // *Simiente (Chile)*. – 1985. – Vol. 55(3-4). – P. 219-246.
256. Green, G. Low winter temperatures and the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) in Ontario / G Green // *Canadian Entomologist*. – 1962. – Vol. 94. – P. 314-336.

257. Griffin, J.R. The distribution of forest trees in California. USDA Forest Service, Research Paper PSW-82 // J.R. Griffin, W.B. Critchfield. – Berkeley: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1972. – 118 p.
258. Hanana, M. Activites biologiquesdes huiles essentielles de pins / M. Hanana, A. Bejia, I. Amri et al. // Journal of New Sciences. – 2014. – Vol. 4(3). – P. 18-32.
259. Hanover, J.W. Applications of terpene analysis in forest genetics / J.W. Hanover // New For. – 1992. – Vol. 6. – P. 159-178.
260. Harold, St.J. List and summary of the flowering plants in the Hawaiian islands / St.J. Harold. – Hong Kong: Cathay Press Limited, 1973. – 519 p.
261. Havrilenko, D. Nueva plaga afecta a plantaciones de pino. – Diario Río Negro: Sección Agrarias, 1981. – 156 p.
262. Havrylenko, D. La oruga del brote de los pinos en las plantaciones de la Patagonia y temas colaterales / D. Havrylenko // 2ª Comunicación. – Santa Fe, Argentina: Universidad Nacional del Litoral, 1982. – P. 209-230.
263. Hernández-León, S. Phylogenetic Relationships and Species Delimitation in *Pinus* Section *Trifoliae* Inferred from Plastid DNA / S. Hernández-León, D. Gernandt, J. Pérez de la Rosa, L. Jardón-Barbolla PLoS ONE. – 2013. – Vol. 8(7). – e70501. DOI: org/10.1371/journal.pone.0070501.
264. Hodge, G.R. Differential responses of Central American and Mexican pine species and *Pinus radiata* to infection by the pitch canker fungus / G.R. Hodge, W.S. Dvorak // New Forests. – 2000. – Vol. 19. – P. 241-258.
265. Holechek, J.L. Brush control impacts on rangeland wildlife / J.L. Holechek // Journal of Soil and Water Conservation. – 1981. – Vol. 36, No 5. – P. 265-269.
266. Holland, R.F. Preliminary descriptions of the terrestrial natural communities of California / R.F. Holland. – Sacramento: California Department of Fish and Game, 1986. – 156 p.
267. Hong, E.J. Antibacterial and antifungal effects of essential oils from coniferous trees / E.J. Hong, Na K.J., I.G. Choi et all. // Biol. Pharm. Bull. – 2004. – Vol. 27. – P. 863-866.

268. Hood, J.V. A clonal study of intraspecific variability in radiata pine. I. Cold and animal damage // J.V. Hood, W.J. Libby // Australian Forest Research. – 1980. – Vol. 10(1). – P. 9-20.
269. Horton, J.S. Trees and shrubs for erosion control of southern California mountains. – Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, California Forest and Range Experiment Station; California Department of Natural Resources, Division of Forestry, 1949. – 72 p.
270. Horton, J.S. Trees and shrubs for erosion control of southern California mountains / J.S. Horton. – Berkeley: U.S. Department of Agriculture, 1949. – 72 p.
271. Ide, S. Fluctuaciones poblacionales de *Rhyacionia buoliana* (Lep.: Tortricidae) en una plantación de *Pinus radiata* en la X Región / S. Ide, D. Lanfranco // Bosque (Chile). – 1994. – Vol. 15(5). – P. 39-44.
272. Incerti, G. Metabolomic fingerprinting using nuclear magnetic resonance and multivariate data analysis as a tool for biodiversity informatics: a case study on the classification of *Rosa x damascene* / G. Incerti, A. Romano, P. Termolino, V. Lanzotti // Plant Biosyst. – 2013. – Vol. 147. – P. 947-954.
273. Invasive Species Compendium [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/23641>.
274. Jennings, W. Qualitative analysis of flavor and volatiles by glass capillary gas chromatography / W. Jennings, T. Shibamoto. – New York, London, Sydney, Toronto, San Francisco: Academic Press, 1980. – 472 p.
275. Judzentiene, A. Changes in the essential oil composition in the needles of scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) under anthropogenic Stress / A. Judzentiene, A. Stikliene, E. Kupcinskiene // The Scientific World Journal. – 2007. – Vol. 7 (SI). – P. 141-150. DOI: [org/10.1100/tsw.2007.36](https://doi.org/10.1100/tsw.2007.36).
276. Kimmey, J.W. Dwarfmistletoes of California and their control / J.W. Kimmey. – Berkeley, California: Forest and Range Experiment Station, 1957. – 12 p.

277. Kline, L. Insects affecting twigs, terminals and buds. In: Rudinsky J, ed. Forest insects survey and control. Corvallis / L. Kline, R. Mitchell. – OR, USA: Oregon State University-USDA, 1979. – P. 215-226.
278. Klinka, K. *Pinus albicaulis* Engelm. Pines of Silvicultural Importance – Compiled from Forestry Compendium / K. Klinka // CAB International. – CABI Publishing: Printed and bound in the UK by Biddles Ltd, Guildford and King`s Linn, – 2002. – P. 1-9.
279. Kolayli, S. Chemical analysis and biological activities of essential oils from trunk-barks of 8 trees / S. Kolayli, M.Ocak, R. Aliyazicioglu, S. Karaoglu // Asian J. Chem. – 2009. – Vol. 21. – P. 2684-2694.
280. Kral, R. *Pinus*. Flora of North America Editorial Committee / R. Kral // Flora of North America North of Mexico. – 1993. – Vol. 2. – P. 372-398.
281. Krochmal, A. Uncultivated nuts of the United States / A Krochmal, C. Krochmal // In. Agriculture Information Bulletin 450. – Washington: Department of Agriculture, Forest Service, 1982. – 89 p.
282. Krugman, S.L. Pinaceae – pine family / S.L. Krugman, J.L. Jenkinson // In: Schopmeyer, C.S., technical coordinator. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handb. 450. – Washington: DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1974. – P. 598-637.
283. Lanfranco, D. Establecimiento de *Orgilus obscurator* y niveles de parasitismo sobre *Rhyacionia buoliana* entre la Séptima y Décima Región de Chile / D. Lanfranco, S. Ide // Bosque (Chile). – 2000. – Vol. 21(2). – P. 111-126.
284. Larsen, L.T. Monterey pine / L.T. Larsen // Society of American Foresters Proceedings. – 1915. – Vol. 10(1). – P. 68-74.
285. Larsen, M.J. A New Variety of *Phellinus pini* associated with cankers and decay in white firs in Southwestern Oregon and Northern California / M.J. Larsen, F.F. Lombard, P.E. Aho // Canadian Journal of Forest Research. – 1979. – Vol. 9(1). – P. 31-38. DOI:10.1139/x79-006.

286. Lawrence, G.E. Ecology of vertebrate animals in relation to chaparral fire in the Sierra Nevada foothills / G.E. Lawrence // Ecology. – 1966. – Vol. 47(2). – P. 278-291.
287. Leonardi, G. Monografia delle Cocciniglie Italiane / G. Leonardi. – Portici: Portici, Stab. tip. E. Della Torre, 1920. – 555 p.
288. Libby, W.J. The pines of Cedros and Guadalupe Islands / W.J. Libby, M.H. Bannister, Y.B. Linhart // Journal of Forestry. – 1968. – Vol. 66(11). – P. 846-853.
289. Ligon, J. Foraging behavior of the white-headed woodpecker in Idaho / J. Ligon // Auk. – 1973. – Vol. 90(4). – P. 862-869.
290. Lindinger, L. Die schildläuse (Coccidae) Europas. Nordafrikas und vorderasiens, einschliesslich der azoren, den kanaren und Madeira / L. Lindinger, M. Anleitung zum Sammeln, B. Aufbewahren. – Ulmer: Stuttgart, 1912. – 388 p.
291. Lindsay, A.D. Report on Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) in its native habitat. / A.D. Lindsay // Commonwealth Forestry Bureau (Australia). – 1937. – Vol. 10. – 57 p.
292. Liston, A. Phylogenetics of *Pinus* (Pinaceae) based on nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer region sequences // A. Liston, A. Robinson, D. Piñero et al. // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 1999. – Vol. 11(1). – P. 95-109.
293. Little, E. Subdivisions of the genus *Pinus* / E. Little, W. Critchfield. – Washington: USDA Forest Service Miscellaneous Publication, 1969. – 1144 p.
294. Little, E. The Audubon Society field guide to North American trees / E. Little. – New York: Alfred A. Knopf, 1980. – 716 p.
295. López, G. Phylogenetic relationships of Diploxylon pines (subgenus *Pinus*) based on plastid sequence data / G. López, K. Kamiya, K. Harada // Int. J. Plant Sci. – 2002. – Vol. 163. – P. 737-747.
296. Mattes, H. Size of pine areas in relation to seed dispersal / H. Mattes // International workshop on subalpine stone pines and their environment: the status of our knowledge: Proceedings (September 5-11); St. – Moritz, Switzerland. –

- Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. – 1994. – P. 172-178.
297. Matyas, C. Climatic adaptation of trees / C. Matyas // Adaptation in plant breeding. – 1997. – P. 49-58.
298. McCune, Br. Ecological diversity in North American pine/ Br. McCune // American Journal of Botany. – 1988. – Vol. 75(3). – P. 353-368.
299. Miller, W. The European Pine Shoot Moth. Ecology and Control in the Lake States / W. Miller // Forest Science Monography, 1967. – 72 p.
300. Minnich, R. Biogeography and prehistory of shrublands / R. Minnich, L. Howard // In: DeVries, Johannes J., ed. Shrublands in California: literature review and research needed CA. – California: University of California, Water Resources Center, 1984. – P. 8-24.
301. Minnich, R.A. The distribution of forest trees in Northern Baja California / R.A. Minnich // Madroño. – 1987. – Vol. 34. – P. 98-127.
302. Mirov, N.T. The genus *Pinus* / N.T. Mirov. – N.-Y.: Ronald Press, 1967. – 602 p.
303. Munz, Ph.A., 1973. A California flora and supplement / Ph.A. Munz. – Berkeley: University of California Press, 1973. – 1905 p.
304. Naeem, A. Essential oils: Brief background and uses / A. Naeem, T. Abbas, T.M. Ali, A. Hasnain // Ann. Short Reports. – 2018. – Vol. 1. – No 58. – P. 1-6.
305. Niinemets, Ü. Total foliar area and average leaf age may be more strongly associated with branching frequency than with leaf longevity in temperate conifers / Ü. Niinemets, A. Lukjanova // New Phytol. – 2003. – Vol. 158. – P. 75-89.
306. Oberhuber, W. Topographic influences on radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at small spatial scales / W. Oberhuber, W. Kofler // Plant Ecol. – 2000. – Vol. 146, No 2. – P. 231-240.
307. Offord, H. Diseases of Monterey pine in native stands of California and in plantations of Western North America / H. Offord. – Berkeley, California Forest Service: Department of Agriculture, 2008. – 41 p.

308. Offord, H.R. Diseases of Monterey pine in native stands of California and in plantations of western North America / H.R. Offord // Berkeley: USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1964. – 37 p.
309. Parantainen, A. Pollen viability of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in different temperature conditions: high levels of variation among and within latitudes / A. Parantainen, P. Pulkkinen // Forest Ecology and Management. – 2002. – Vol. 167, No 1-3. – P. 149-160.
310. Pasanen, K. Integrating variation in tree growth into forest planning / K. Pasanen // Silva. fenn. – 1998. – Vol. 32, No 1. – P.11-25.
311. Pastrana, J., Contribución al conocimiento de la biología de *Evetria buoliana* Schiff. / J. Pastrana // Primera Reunión: xx Regional para Coníferas (24-29, Abril). – AFA, 1961. – P. 1-6.
312. Peattie, D. A natural history of western trees / D. Peattie. – New York: Bonanza, 1950. – 751 p.
313. Petraskis, P.V. Needle volatiles from the *Pinus* species growing in Greece / P.V. Petraskis, C. Tsisimpikou, O. Tzakou et al. // Frlamour and Fragrance Journal. – 2001. – Vol. 16 (4). – P. 249-252.
314. Pilger, R. Genus *Pinus* / R. Pilger // Die naturlichen Pflanzenfamilien. Vol. XIII. Gimnospermae. Ed. A. Engler and K. Prantl. – Leipzig: Wilhelm Engelmann, 1926. – P. 120-183.
315. Pointing, P. A review of the history and biology of the European pine shoot moth, *Rhyaciona buoliana* (Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae) in Ontario / P. Pointing, G. Green // Proc. Entomological Society Ontario. – 1962. – Vol. 92. – P. 58-69.
316. Powers, R.F. *Pinus sabiniana* Dougl. Digger pine / Powers R.F. // In: Burns, Russell M., Honkala, Barbara H., technical coordinators. – Silvics of North America. – 1990. – Vol. 1. – P. 131-164.
317. Price, R.A. Phylogeny and systematic of *Pinus*. Ecology and Biogeography of *Pinus* / R.A. Price, A. Liston, S.H. Strauss, D.M. Richardson, (ed.). – Cambridge: University Press, 1998. – P.49-68.

318. Quesada, M. Leaf damage decreases pollen production and hinders pollen performance in *Cucurbita texana* / M. Quesada, K. Bollman, A. Stephenson // *Ecology*. – 1995. – Vol. 76. – P. 437-443.
319. Richardson, D.M. *Ecology and biogeography of Pinus* / D.M. Richardson. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 526 p.
320. Roetzl, B. Die koniferen Mexico's / B. Roetzl // *Hamburger Garten und Blumenzeitung*. – 1857. – Vol. 13. – P. 401-410.
321. Rudloff, E. Chemosystematic studies in the genus *Picea* (Pinaceae) / E. Rudloff // *Can. J. Botany*. – 1967. – No 45. – P. 891-901.
322. Rudloff, E. Volatile leaf oil analysis in chemosystematic studies of North American conifers / E. Rudloff // *Biochem. Syst. and Ecol.* – 1975. – Vol. 2, No 3. – P. 131-167.
323. Ruter, J.M., and H. Van de Werken. Asexual propagation of selected Monterey pine Christmas trees for chlorosis resistance of alkaline sites / J.M. Ruter, H. Van de Werken. // *The Plant Propagator*. – 1986. – Vol. 32(4). – P. 10-14.
324. Sacchetti, G. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods / G. Sacchetti, S. Maietti, M. Muzzoli et al. // *Food Chemistry*. – 2005. – Vol. 91. – P. 621-632. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.06.031.
325. Sakhno T.M. Needle anatomy and essential oil characterization of North American pine (*Pinus radiata* D.Don) in the Crimea / T.M. Sakhno, I.V. Bulavin, S.A. Feskov // All-Russian Conference with the participation of foreign scientists “Plant diversity: status, trends, conservation concept” (30 September – 3 October 2020, Novosibirsk). – Novosibirsk, 2020. – P. 207.
326. Savory, B.H. The taxonomy of *Pinus khasya* (Royle) and *Pinus insularis* (Endlicher) / B.H. Savory // *Empire Forestry Review*. – 1962. – Vol. 41(1). – P. 67-80.
327. Schmutterer, H. Schildläuse oder Coccoidea: I. Deckelschildläuse oder Diaspididae / H. Schmutterer. – Jena: Die Tierwelt Deutschlands, 1959. – No 45. – 260 p.

328. Schniewind, A.P. Some strength properties of digger pine / A.P. Schniewind; B. Gammon // Wood and Fiber. – 1978. – Vol. 9(4). – P. 289-294.
329. Schultz, M.E. A canker of Fir (*Nectria fuckeliana*) *Pinus radiata*. A canker disease of *Abies concolor* caused by *Nectria fuckeliana* / M.E. Schultz, J.R. Parmeter // Plant Disease. – 1990. – Vol. 74 (2). – P. 178-180.
330. Schwarze, F. Fungal strategies of wood decay in trees / F. Schwarze, J. Engels, C. Mattheck. – Heidelberg: Springer, 2000. – 73 p.
331. Scott, C.W. Radiata pine as an exotic / C.W. Scott // Unasylva. – 1960. – Vol. 14(1). – P. 6-16.
332. Skogsmyr, I. Selection on pollen competitive ability in relation to stochastic factors influencing pollen deposition / I. Skogsmyr, E. Lankinen // Evolutionary Ecology Research. – 1999. – Vol. 1 (8). – P. 971-985.
333. Smith, S.Y. A new species of *Pityostrobus* (Pinaceae) from the Cretaceous of California: moving towards understanding the Cretaceous radiation of Pinaceae / S.Y. Smith, R.A. Stockey, G.W. Rothwell, S.A. Little // Journal of Systematic Palaeontology. – 2017. – No 15. – P. 69-81.
334. Solomina, O. Schrenkiana ring width and density at the upper and lower tree limits in the Tien Shan mts Kyrgyz republic as a source of paleoclimatic information / O. Solomina, O. Maximova, E. Cook // Geography, Environment, Sustainability. – 2014. – Vol. 7, No 1. – P. 66-79.
335. Sudworth, G.B. Forest trees of the Pacific slope / G.B. Sudworth. – Washington: USDA Forest Service, 1908. – 441 p.
336. Sutherland, M.A. Microscopical study of the structure of leaves of the genus *Pinus* / M. Sutherland // Trans. R. Soc. N. Z. – 1933. – Vol. 63. – P. 517-568.
337. Syring, J. Evolutionary relationships among *Pinus* (Pinaceae) subsections inferred from multiple low-copy nuclear loci / J. Syring, A. Willyard, R. Cronn, A. Liston // American Journal of Botany. – 2005. – Vol. 92. – P. 2086-2100.
338. Syring, J. Widespread genealogical non monophyly in species of *Pinus* subgenus *Strobus* / J. Syring, K. Farrell, R. Businsky et al. // Systematic Biology. – 2007. – Vol. 56 (2). – P. 163-181.

339. Table of cross-references «The Royal Horticultural Society Colour Chart». – London, 1966. – pp. 1-29.
340. The Gymnosperm Database [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.conifers.org/zz/gymnosperms.php>.
341. The Plant List [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/>.
342. The Royal Horticultural Society Colour Chart, London, 1966; Table of cross-references, pp. 1-29.
343. Thompson, R. Atlas of relations between climatic parameters and distributions of important trees and shrubs in North America / R. Thompson, K. Anderson, P. Bartlein. – U.S.: Geological Survey Professional Paper, 1999. – 1650 p.
344. Tognolini, M. Comparative screening of plant essential oils: phenylpropanoid moiety as basic core for antiplatelet activity / M. Tognolini, E. Barocelli, V. Ballabeni et al. // Life Sci. – 2006. – Vol. 78. – P. 1419-1432.
345. Travers, S. Pollen performance of plants in recently burned and unburned environments / S. Travers // Ecology. – 1999. – Vol. 80. – P. 2427-2434.
346. Wang, Xiao-Ru. Phylogenetic relationships of Eurasian pines (*Pinus*, Pinaceae) based on chloroplast rbcL, MATK, RPL20-RPS18 spacer, and TRNV intron sequences / Xiao-Ru Wang, Yoshihiko Tsumura, Hiroshi Yoshimaru, Kazutoshi Nagasaka, Alfred E. Szmidt // American Journal of Botany. – 1999. – Vol. 86. – P. 1742-1753.
347. Wilczynski, S. The climatic in tree-rings of Scots pine (*P. sylvestris* L.) from foot-hills of the Sudetic Mountains (southern Poland) / S. Wilczynski, J. Skrzyszewski // Forstwiss. Cbl. – 2002. – Vol. 121, No 1. – P. 15-24.
348. Willyard, A. Reticulate evolution and incomplete lineage sorting among the ponderosa pines // A. Willyard, C. Richard, A. Liston // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2009. – Vol. 52. – P. 498-511.
349. Yamada, T. Fossil records of subsection *Pinus* (genus *Pinus*, Pinaceae) from the Cenozoic in Japan / T. Yamada, M. Yamada, M. Tsukagoshi // Journal of Plant Research. – 2014. – Vol. 127. – P. 193-208.

350. Yesil-Celiktas, O. Determination of polyphenolic constituents and biological activities of bark extracts from different *Pinus* species / O. Yesil-Celiktas, M. Ganzera, I. Akgun, et al. // J. Sci. Food Agric. – 2009. – Vol. 89. – P. 1339-1345.
351. Young, H. Influence of environmental quality on pollen competitive ability in wild radish / H. Young, M. Stanton // Science. – 1990. – Vol. 248. – P. 1631-1633.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А


 УТВЕРЖДАЮ
 Ректор ФГБОУ ВО Уральский ГАУ
 доктор биологических наук, доцент
 Лоретц О.Г.
 « 05 » 03 2020 г.

АКТ

внедрения результатов выполнения НИР в учебный процесс

По НИР «Морфолого-биологические особенности североамериканских представителей рода *Pinus* L. в парковых фитоценозах Южного берега Крыма» Сахно Т.М. разработано:

- 1) научно-практические рекомендации по исследованию морфологических и биологических особенностей интродуцентов рода *Pinus* L.
- 2) Научно-практические рекомендации по использованию интродуцентов рода *Pinus* L. в садово-парковом строительстве и озеленении городов.
- 3) Научно-практические рекомендации по размножению и культивированию североамериканских экзотов рода *Pinus* L.

Результаты выполнения НИР вошли составной частью / явились основой
(подчеркнуть)

в курс лекций «Биологические основы устойчивости зеленых насаждений», «Основы интродукции древесно-кустарниковых растений» для студентов базовой кафедры садово-паркового и ландшафтного искусства, созданной на базе ФГБУН «НБС-НИЦ».

(название спецкурса, дипломной работы, курса лекций)

Проректор по научной работе и инновациям, канд. с.-х. наук, доцент



М.Ю. Карпухин

И.о. декана факультета агротехнологий и землеустройства, канд. с.-х. наук, доцент



В.В. Чулкова

Зав. кафедрой садово-паркового и ландшафтного искусства, д-р. биол. наук, профессор



З.К. Клименко

Приложение Б



АКТ
внедрения результатов выполнения НИР «Морфолого-биологические особенности североамериканских представителей рода *Pinus* L. в парковых фитоценозах Южного берега Крыма» в производство

Результаты диссертационной работы Сахно Т.М. были использованы при определении видовой принадлежности отдельных экземпляров рода *Pinus* L. в парке-памятнике садово-паркового искусства регионального значения Республики Крым «Алушкинский», а также формировании практических рекомендаций по совершенствованию системы культивирования (уход и семенное размножение) сосны Сабина (*Pinus sabiniana* Douglas) в условиях Южного берега Крыма.

Главный хранитель (парка)

Л.А. Хлыпенко

Согласовано:
Зам.директора

К.В. Маркин

