

*На правах рукописи*

РАЕВСКИЙ Борис Владимирович

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) И СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. *var. latifolia* Engelm) НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ  
РОССИИ

06.03.01 – Лесные культуры, селекция, семеноводство

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени доктора  
сельскохозяйственных наук

Петрозаводск – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном учреждении науки «Институт леса Карельского научного центра Российской Академии Наук»

Научный консультант

**ЦАРЕВ Анатолий Петрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», профессор кафедры лесного хозяйства и ландшафтной архитектуры

Официальные оппоненты:

**ЧЕРНОДУБОВ Алексей Иванович** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», профессор кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации

**ФЕДОРКОВ Алексей Леонардович**, доктор биологических наук, ФГБУН «Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН», ведущий научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера

**НАКВАСИНА Елена Николаевна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», профессор кафедры лесоводства и почвоведения Лесотехнического института

Ведущая организация

ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

Защита состоится 17 июня 2015 г. в 11-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.220.02 в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете им С.М. Кирова по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, Главное здание, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайте совета: <http://spbftu.ru/science/sovets/D21222002/dis02>

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
Д 212.220.02

Жигунов А.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Сегодня на Северо-Западе РФ устойчивая работа существующих крупных лесоперерабатывающих предприятий и реализация новых инвестиционных проектов в данной сфере в значительной степени зависят от обеспеченности древесным сырьем в необходимом объеме. Обеспечить устойчивость развития отраслей лесного комплекса на основе соблюдения принципа постоянства пользования лесом возможно только путем перехода на интенсивный путь ведения лесного хозяйства. Важнейшим его компонентом является развитая система искусственного лесовосстановления, базирующаяся на селекционно-генетической основе. Последнее означает, что никакие вопросы, связанные с повышением устойчивости и производительности, вновь создаваемых насаждений невозможно решать без учета происхождения и наследственных свойств семян культивируемых лесных пород. В Карелии на текущий момент ситуацию в данной области нельзя назвать благополучной. По данным республиканского Министерства по природопользованию и экологии за период 1994-2014 гг. количество выращиваемого посадочного материала сократилось в 3,4 раза, при более чем двукратном уменьшении площади создаваемых культур. В свете затронутых вопросов проблема развития селекционного семеноводства хвойных пород приобретает особую остроту и актуальность. Ее своевременное решение позволит обеспечить базисные питомники Карелии районированным генетически улучшенным посевным материалом, что в свою очередь повысит эффективность всей системы искусственного лесовосстановления.

**Цель и задачи исследований.** Цель работы – повышение эффективности системы селекционного семеноводства сосны обыкновенной и сосны скрученной на Северо-Западе таежной зоны РФ (на примере Республики Карелия).

Задачи исследований:

- обобщить данные по изучению внутривидового разнообразия и форм внутривидовой изменчивости сосны обыкновенной в Карелии;
- проанализировать состояние и структуру единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) Карелии;
- исследовать закономерности вегетативного роста и репродуктивной деятельности клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях (ЛСП);
- изучить закономерности формирования урожаев семян на клоновых ЛСП;
- определить степень влияния генетических и экологических факторов на плодоношение деревьев сосны;
- разработать методику селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной по комплексу признаков вегетативного роста, габитуса, семенной продуктивности и общей комбинационной способности (ОКС);

- разработать систему количественного прогноза и учета урожая шишек и семян на ЛСП сосны обыкновенной;
- изучить особенности роста испытательных культур, созданных семенным потомством от свободного опыления клонов сосны обыкновенной;
- исследовать рост и развитие провениенций (происхождений) сосны скрученной подвид широкохвойная в географических культурах и на лесосеменной плантации;
- дать рекомендации по разведению сосны скрученной на Северо-Западе таежной зоны России.

**Связь работы с научными проектами и темами.** В 1983 – 1991 гг. исследования осуществлялись на Петрозаводской лесной опытной станции ЛенНИИЛХ. В период с 1992 по 2013 гг. работа выполнялась в Институте леса КарНЦ РАН в соответствии с планами НИР по темам: «Внутривидовая изменчивость и популяционная структура хвойных в Карелии», № гос. регистрации 01950003636; «Формы внутривидовой изменчивости и структура популяций сосны и ели в Карелии», № гос. регистрации 01290009650; «Лесные экосистемы искусственного происхождения: структура, динамика и продуктивность», № гос. регистрации 0120.0505546; «Восстановление лесов на северо-западе таежной зоны: экологические и генетические основы», № гос. регистрации 01200805176; «Антропогенные леса Восточной Фенноскандии: динамика и ресурсный потенциал», № гос. регистрации 01201157832.

**Предмет защиты.** На защиту выносятся:

- рекомендации по совершенствованию лесосеменного и селекционного районирования сосны обыкновенной на территории Карелии;
- методика селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной по комплексу признаков вегетативного роста, габитуса и семенной продуктивности;
- система количественного прогноза и учета урожая шишек и семян на ЛСП сосны обыкновенной;
- эколого-лесоводственное и селекционно-генетическое обоснование, а также рекомендации по выращиванию высокопродуктивных культур сосны скрученной подвид широкохвойная.

**Научная новизна.** На основании обобщения многолетних данных по сохранности и росту происхождений сосны обыкновенной в географических культурах предложен усовершенствованный вариант ее лесосеменного районирования.

По результатам 40-летних исследований на опытных участках лесосеменных плантаций сосны обыкновенной рассчитана регрессионная модель хода роста ЛСП сосны обыкновенной на протяжении всего периода ее эксплуатации.

Разработана методика селекционно-генетической оценки вегетативных потомств плюсовых деревьев (клонов) на ЛСП I порядка с элементами их ранней диагностики по скорости вегетативного роста, обилию репродуктивных процессов и росту семенного потомства.

Предложен усовершенствованный метод количественного прогноза урожая шишек и семян на ЛСП сосны обыкновенной, основанный на корреляции обилия цветения клонов сосны с величиной ряда метеоэлементов в период заложения репродуктивных почек.

По результатам анализа сохранности, роста, развития и повреждаемости происхождений сосны скрученной обоснована целесообразность использования данного интродуцента при закладке культур плантационного типа. Сформулированы рекомендации по формированию постоянной лесосеменной базы сосны скрученной в ареале интродукции.

**Практическая значимость работы.** Предложенный подход в районировании семян сосны обыкновенной позволит в значительной степени ограничить использование в лесовосстановлении семенного материала из-за пределов Карелии, что должно послужить стимулом для заготовки местных семян. Использование лесосеменных зон в селекционной работе создаст возможность структурирования набора существующих и вновь отбираемых плюсовых деревьев по селекционным популяциям, группировке их вегетативных потомств (клонов) на полях лесосеменных плантаций. Именно такие селекционные популяции являются отправной точкой в реализации системы рекуррентной селекции.

Предложенная 4-х этапная методика селекционно-генетической оценки клонов сосны на плантациях I порядка дает механизм объективной оценки самих плюсовых деревьев по генотипу, приводящий к формированию наборов лучших по комплексу показателей клонов для закладки ЛСП I,5 и II порядков.

Разработанная система прогноза и учета урожая шишек и семян сосны позволяет организовать как оперативный так и долгосрочный (сроком до 3-х лет) прогноз урожая на ЛСП по комплексу количественных показателей, а также при необходимости проводить ретроспективную реконструкцию показателей урожайности для того или иного объекта. Результаты исследований реализованы в соответствующих методических рекомендациях (Мордась, Раевский, 1999; Раевский, 2012), рекомендованных Министерством по природопользованию и экологии Республики Карелия к применению в организациях лесного хозяйства Карелии.

Анализ роста происхождений сосны скрученной в географических культурах в сравнении с аборигенной сосной обыкновенной выявил возможность существенного повышения производительности (на 30% и более по величине среднепериодического прироста по запасу) сосновых культур в подзоне средней тайги Карелии.

**Личный вклад автора.** В диссертации представлена та часть исследований, которая выполнена автором лично или под его непосредственным руководством при обосновании постановки научно-исследовательских тем, разделов и задач исследований, необходимых для достижения поставленной цели, разработке программы и методики исследований, при сборе полевого материала, анализе и обобщении полученных результатов.

**Обоснованность и достоверность результатов** исследований базируется на обширном экспериментальном материале, многолетних наблюдениях на постоянных опытных участках и пробных площадях, обеспечивается применением общепринятых и оригинальных методик проведения исследований и обработки исходных данных с использованием методов биометрии. Всего исследованиями было охвачено 111 клонов сосны обыкновенной (около 555 рамет). Только начиная с 2007 г. обмерено и обработано свыше 4000 шишек и более 40000 семян, выращено около 14000 однолетних тепличных сеянцев и заложено 5 га испытательных культур. Исследованы рост и развитие 31 происхождения сосны скрученной на 23 гектарах полевых опытов.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты исследований представлены на Всероссийских научно-технических конференциях (Воронеж, 1988; Архангельск, 1991, 2009; Апатиты, 2008; Петрозаводск, 1989, 2009), на международных конференциях (Петрозаводск, 2004, 2006; Апатиты, 2006; Гомель, 2009; Красноярск, 2011, Санкт-Петербург, 2012, 2013, 2014) и региональных научно-практических конференциях (Петрозаводск, 1988, 1996, 1998).

**Публикации.** Материалы исследований отражены в 55 печатных работах, в том числе в 14 статьях в рецензируемых журналах по перечню ВАК, 1 учебном пособии, 2 методических рекомендациях производству. Кроме того, результаты исследований, касающиеся темы диссертации, представлены в 5 научных отчетах по бюджетным темам и 2 хоздоговорных работах, отчеты по которым переданы заказчикам.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 11 глав, заключения, списка литературы из 163 наименований, в т. ч. 30 иностранных и 14 приложений. Содержание изложено на 269 страницах, включает 86 таблиц и 51 рисунок. Общий объем диссертационной работы составляет 322 страницы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА 1. РАЙОН, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Кратко характеризуются физико-географические и климатические особенности территории Карелии. Дается описание лесосеменного районирования по сосне обыкновенной в пределах Республики. Приведен список специальных терминов и определений, употребляемых в сфере лесного селекционного

семеноводства. Изложены основные положения методики исследований объектов следующих категорий:

- географических и испытательных культур сосны обыкновенной;
- опытных участков лесосеменных плантаций (ЛСП) сосен обыкновенной и скрученной;
- одно- и двухлетних тепличных сеянцев сосны обыкновенной (потомств от свободного опыления);
- географических и иных опытных культур сосны скрученной.

Представлена обзорная карта-схема всех объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) республики Карелия.

## **ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КАРЕЛИИ**

### **2.1. Основные этапы развития лесной генетики, селекции и семеноводства хвойных видов в Карелии**

В разделе дан краткий очерк истории развития селекционно-генетических исследований в Карелии, начало которым было положено в первой половине 60-х годов XX столетия исследованиями формовой структуры популяций сосны и ели. Этим же периодом датируются первые опыты в области плюсовой селекции сосны обыкновенной. С начала 70-х годов в Карелии начинает формироваться постоянная лесосеменная база, основной формой организации которой была избрана закладка клоновых лесосеменных плантаций (ЛСП) привитым посадочным материалом. В 1974-77 г. в Карелии закладываются участки географических культур сосны и ели как звено в единой общесоюзной сети географических культур основных лесобразующих пород. С 1984 г в Карелии ведутся систематические работы по интродукции сосны скрученной подвид широкохвойная на селекционно-генетической основе.

### **2.2. Современные представления о внутривидовой структуре сосны обыкновенной в исследуемом районе**

Г.М. Козубов (1974) анатомо-морфологическими методами определил, что «...ориентировочно граница произрастания сосны лапландской проходит по территории Карелии вблизи 65° с. ш. по линии Пяозеро – Топозеро – устье р. Кеми, при этом образуется довольно широкая зона переходных форм между северной и типичной сосной (понятие о «типичной форме» в данном случае, безусловно, относительное)».

В 90-х гг. XX века методами статистического анализа разнообразия морфологических признаков генеративных органов, было исследовано 13

естественных древостоев сосны в Карелии, а также Мурманской, Архангельской и Вологодской областях. Выявлено, что сосна обыкновенная в исследованной части ареала дифференцирована на 6 популяций, различающихся по морфологическим признакам шишек и семян. Популяции сосны были объединены в две группы – восточнокарельскую и западнокарельскую (Ильинов, Раевский, 2003).

Генетическое разнообразие сосны обыкновенной в Карелии исследовалось с помощью изоферментного анализа (Янбаев и др., 1998). Анализ подразделенности и дифференциации популяции сосны показал их генетическую близость, при этом основная доля наследственной изменчивости (около 97%) приходилась на внутривидовой уровень. Была выявлена более высокая генетическая обособленность самых северных насаждений сосны (Лоухский р-н Карелии).

### 2.3. Результаты исследований географической изменчивости сосны обыкновенной

В 1974-1977 гг. по сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) закладывалась серия географических культур с общим участием 113 происхождений на 33 участках, расположенных по всей территории бывшего СССР (Shutayev, Giertych, 1997). Для участка № 5 указанной серии, в районе Медвежьегорска (63°20' с. ш., 34°03' в. д.) был проведен ретроспективный анализ данных по сохранности и росту провениенций сосны обыкновенной за всю историю существования опыта. В исследуемых культурах обнаружены ряд статистически достоверных (выделены жирным шрифтом) корреляций между географическими координатами места происхождения вариантов и показателями их роста и развития (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции показателей культур с географической широтой и долготой мест происхождения вариантов.

Параметры	Северная широта	Восточная долгота
Диаметр, см	<b>-0,49**</b>	-0,27
Стройность ствола, балл	-0,09	<b>0,46**</b>
Жизнеспособность, балл	<b>0,54***</b>	<b>0,38*</b>
Высота, м	<b>-0,49**</b>	-0,27
Доля плодоносящих особей, %	<b>0,74***</b>	0,09
Сохранность, %	<b>0,71***</b>	0,17

Примечание. \* P=0,05; \*\* P=0.01; \*\*\* P=0,001; n=33;  $r_{crit.} = 0,35$

Определились две схожие по форме, но взаимно противоположные по содержанию тенденции в сохранности и росте провениенций сосны обыкновенной (рис. 1). В таежной зоне происхождения сосны из северной подзоны тайги при перемещении в южном направлении сохраняются лучше, но растут медленнее местных вариантов и при этом имеют более высокую долю плодоносящих особей. Для происхождений более южных, по отношению к месту испытаний, характерна обратная закономерность. Интегральным результатом сочетания этих противоречивых тенденций является параболическая форма кривой запаса варианта в пересчете на гектар.

Ход кривой запаса варианта на рисунке 1 показывает, что для достижения большей продуктивности культур полезно использовать семена более южного, по отношению к месту закладки, происхождения, но не более чем на  $1,3^\circ$  по широте.

В общем случае для Карелии может быть сформулировано следующее правило: в диапазоне с  $30^\circ 00'$  по  $38^\circ 00'$  в. д. происхождение семян для посева и посадки леса не должно отличаться более чем на  $1,3^\circ$  ( $\approx 145$  км) по широте от соответствующей координаты лесокультурной площади. Замедленный рост происхождений из группы V (Северо-восток Европейской части России), несмотря на их хорошую сохранность, свидетельствует о нежелательности использования в Карелии семян сосны обыкновенной

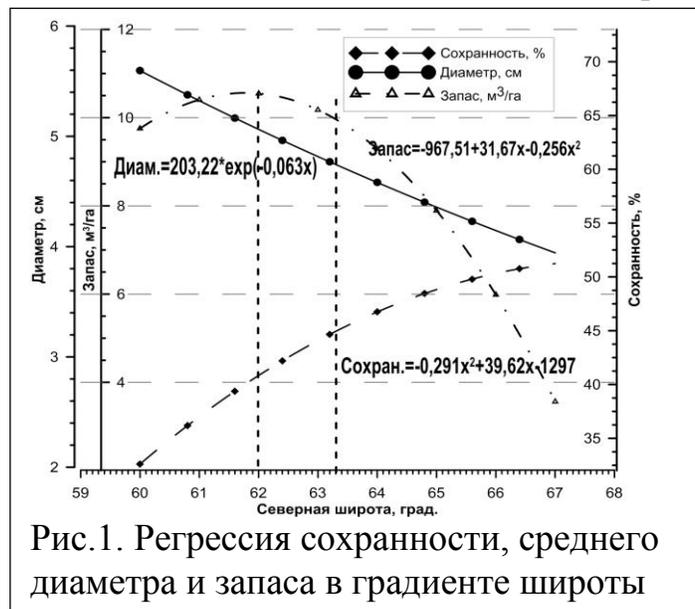


Рис.1. Регрессия сохранности, среднего диаметра и запаса в градиенте широты

из восточных районов Европейско-Уральской зоны РФ. для семян сосны популяционного сбора в Финляндии диапазон переноса составляет  $\pm 1^\circ$  по широте и 500 км в направлении восток-запад (Коски, 1998). По всей видимости, аналогичный норматив долготного перемещения может быть принят и для южной части Карелии. Для центральной и северной частей Республики его следует ограничить до 350 км. Характер выявленных зависимостей показывает, что лесосеменное районирование Карелии следует совершенствовать в направлении создания системы лесосеменных зон ориентированных в субширотном направлении (рис.2).

Южнокарельская зона (№1) должна располагаться между 60°40' и 63° с. ш., следующая (Центральнокарельская, №2) – между 63 и 65° с.ш., а самая северная (Северокарельская №3) в диапазоне 65 – 66°40' с.ш. Таким образом, ширина предлагаемых лесосеменных зон составила бы: 2°20'; 2°00' и 1°40', соответственно.

### ГЛАВА 3. ПЛЮСОВАЯ СЕЛЕКЦИЯ СОСЕН ОБЫКНОВЕННОЙ И СКРУЧЕННОЙ В КАРЕЛИИ

#### 3.1. Общие положения системы плюсовой селекции

В аналитической селекции древесных видов присутствует сочетание массового, группового (популяционного) и индивидуального методов отбора. Предполагается последовательная реализация следующей иерархической схемы:

- массовый отбор – отбор лучших экотипов;
- групповой отбор – отбор лучших популяций, микропопуляций (ценопопуляций);
- индивидуальный отбор – отбор лучших биотипов или «плюсовых» особей: а) отбор по фенотипу без их генетической оценки по потомству (приблизительно соответствует понятию массового отбора в селекции сельскохозяйственных культур); б) отбор «элиты» на основе генетической оценки фенотипически отобранных плюсовых деревьев по качеству их потомства (семенного и вегетативного).

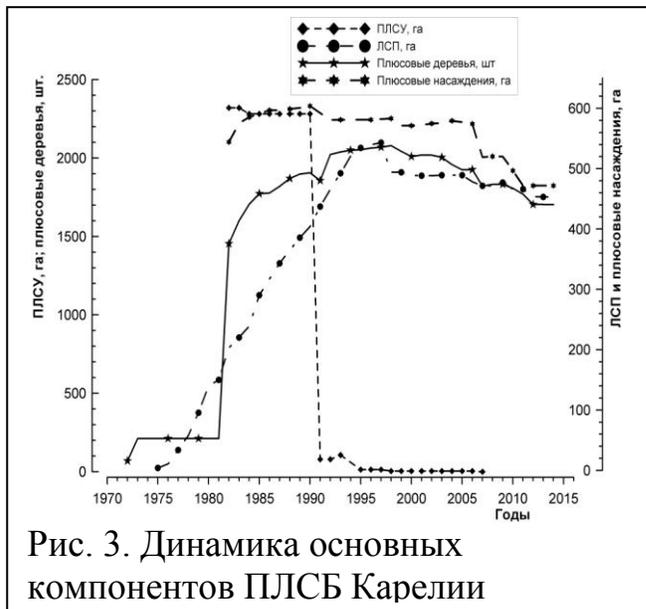
При реализации вышеприведенной схемы крайне важной представляется генетическая оценка уже отобранных и занесенных в реестр плюсовых деревьев на предмет выявления среди них действительно ценных и уникальных генотипов. Подавляющее большинство плюсовых деревьев представлены своими вегетативными (клоновыми) потомствами на прививочных лесосеменных плантациях (ЛСП), где они растут в относительно выровненных условиях при регулярном размещении. Именно всестороннее изучение последних вкупе с имеющимися данными по показателям их материнских деревьев должно сыграть решающую роль в формировании пула ПД, подлежащих первоочередному испытанию по семенному потомству.



Рис.2. Предлагаемые лесосеменные зоны для сосны обыкновенной

### 3.2. Динамика структурных компонентов единого генетико-селекционного комплекса Карелии

По данным Карельской лесосеменной станции (филиал Центра защиты леса Ленинградской области) на 01.01.2014 г. структура ЕГСК в разрезе площадных объектов выглядит следующим образом. Основную его долю – 4598,69 га (82,3%) составляют лесные генетические резерваты (ЛГР). Доли плюсовых насаждений (ПН) и лесосеменных плантаций (ЛСП), в общем, близки – 471,8 га; 453,1 га (8,4 и 8,1%, соответственно). Площадь испытательных культур всего 29,4 га (0,5%). Вышесказанное позволяет заключить, что ЕГСК Карелии с момента своего возникновения получил неравномерное и непропорциональное развитие. Ряд таких важных компонентов, как испытательные культуры и архивы клонов, развиты явно недостаточно. Динамика основных составляющих постоянной лесосеменной базы в Карелии носит явно депрессивный характер (рис.3). Площадь плюсовых насаждений и плантаций, а также численность плюсовых деревьев имеют явную тенденцию к уменьшению.



Весь жизненный и хозяйственный цикл ЛСП может быть условно разбит на четыре 10-летних класса возраста (I – IV). Плантации первого класса (I) возраста (0-9 лет) находятся еще в периоде своего «детства» и не способны дать хозяйственно значимый урожай шишек и семян. Второй класс возраста (II) знаменует собой период «юности» в промежутке от 10 до 19 лет, когда интенсивность генеративных процессов быстро нарастает и появляется возможность получения хозяйственно значимых урожаев. Третий класс (III) – период «зрелости» плантации (20-29 лет). Вступив в период интенсивного цветения в 10 летнем возрасте, ЛСП сосны активно плодоносит еще в течение примерно 20 лет. Максимальная семенная продуктивность ЛСП обычно наблюдается в промежутке от 15 до 25 лет. Четвертый класс (IV) – период «старения» плантации укладывается в диапазон от 30 до 39 лет. Общий период эксплуатации ЛСП составляет порядка 40 лет. Современная возрастная структура ЛСП сосны в Карелии весьма неблагоприятна (рис.4). В настоящее время средневзвешенный возраст ЛСП сосны в Карелии равен 27 годам. Плантации быстро стареют и уже через три года более половины их площади будут за пределами 30 летнего возраста. В течение ближайшего десятилетия необходимо

будет вывести из эксплуатации 37,7% площади ЛСП сосны обыкновенной. Соответственно, 50,4% ЛСП перейдут в «старый» IV класс возраста. Очевидно, что площадь плантаций, находящихся на пике своей семенной продуктивности, начнет катастрофически уменьшаться, что неумолимо приведет к ситуации, когда заготавливать улучшенные семена сосны будет практически негде.

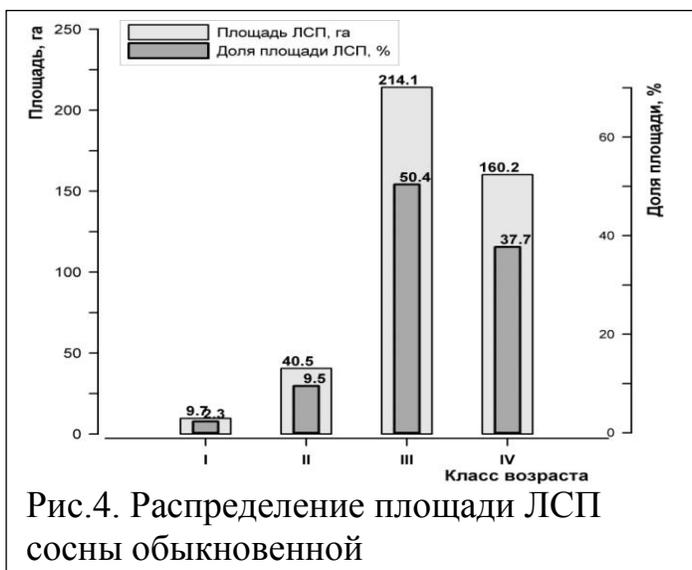


Рис.4. Распределение площади ЛСП сосны обыкновенной

### 3.3. Анализ структурных характеристик набора плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии

В разделе анализируется распределение и таксационные параметры материнских древостоев плюсовых деревьев сосны по классам возраста, типам леса, бонитетам и селекционным категориям. Даны средние характеристики наборов ПД по семенным районам и подрайонам. Общая динамика отбора плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Республике по пятилетиям показана на рисунке 5. Как следует из рисунка конец 70-х – начало 80-х гг. XX века – самый активный период в формировании пула плюсовых деревьев. За первые два пятилетия было отобрано 62% всех ПД со среднегодовым темпом более 100 экземпляров. Следующие две пятилетки дали еще 32%, а на остальной период приходится только 6%. Можно заключить, что массовый отбор ПД фактически завершился в 1992 г. С 2006 г. плюсовые деревья сосны в Карелии не отбираются вообще. В ситуации отсутствия процесса активного пополнения, потери по различным причинам начинают неуклонно сокращать селекционную популяцию ПД. В течение всего периода было списано по различным причинам 485 шт., и в настоящее время (на 1.01. 2014) их числится в реестре – 1210 шт. Таким образом,

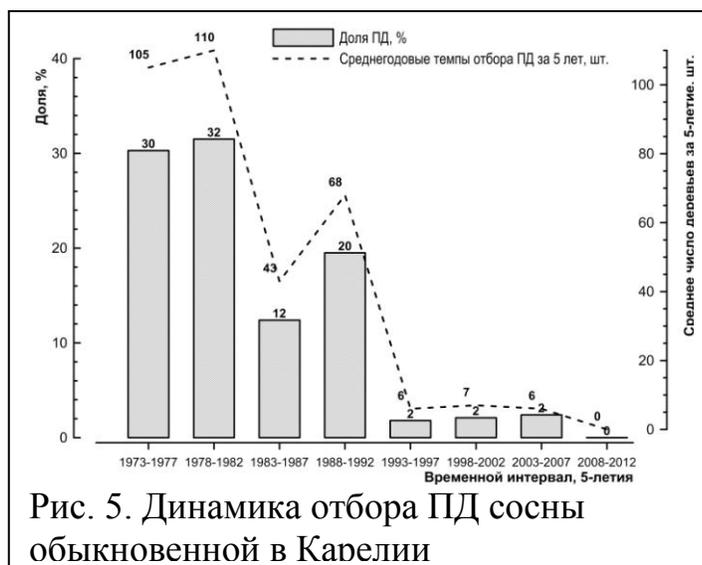


Рис. 5. Динамика отбора ПД сосны обыкновенной в Карелии

за 40 лет было утрачено 28,6% от общего числа всех занесенных в государственный реестр плюсовых деревьев сосны обыкновенной.

### 3.4. Пространственное размещение и статистическое распределение плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии

Все плюсовые деревья сосны были сгруппированы в 11 локальных популяций (рис. 6). Поскольку для выделенных 11 локальных популяций также характерен отмеченный выше субмеридиональный тренд увеличения продуктивности (рис. 7), анализ достоверности различий был сделан только в пределах Южнокарельского лесосеменного района, где в настоящее время локализована большая часть всех числящихся в госреестре ПД сосны. В пределах указанного района статистически повышенной продуктивностью отличались популяции №8 и №10, а популяция №9 являлась единственной достоверно отстающей. Причины выявленного соотношения требует отдельного изучения.

При анализе совокупности ПД по высоте и диаметру ствола в пределах отдельно взятого V класса возраста (81 – 100 лет) степень выраженности отклонения от ожидаемого нормального распределения частот была статистически существенной ( $\chi^2 = 10,0; 14,0$  при  $\chi^2_{ст} = 6,0-9,2-13,8$ ). Особо следует отметить статистически значимую левостороннюю асимметрию в распределении по диаметру ( $A=0,49; T_A=3,5$ ).

По данным Карельской лесосеменной станции на 1.01.2014 г. в Южнокарельском семенном районе (№5) произрастает – 766 (63,3%) плюсовых деревьев (ПД) сосны обыкновенной, в Центральнокарельском подрайоне (№2б) – 237шт. (19,6%), а в Северокарельском (№2а) – 207шт. (17,1%). Только Южнокарельский район на текущий момент в достаточной мере обеспечен ПД для начала выполнения селекционной программы. В остальных двух подрайонах Карельского семенного района их отобрано недостаточно.

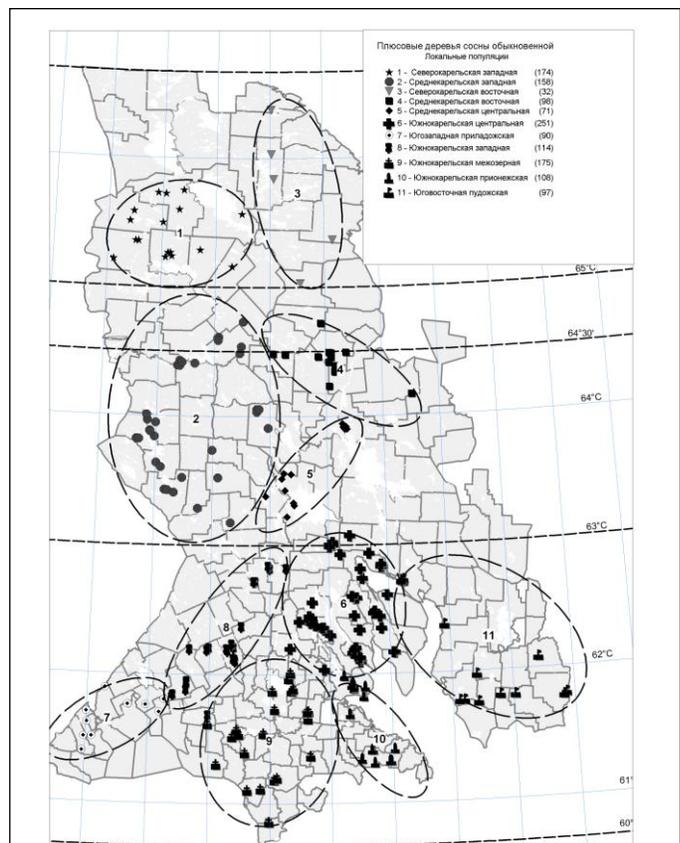


Рис.6. Карта-схема размещения плюсовых деревьев сосны в Карелии

Для организации дальнейшей селекционной работы по сосне обыкновенной должны быть сформированы ее селекционные популяции в границах лесосеменных зон, предложенных в главе 2. В пределах этих селекционных популяций плюсовые деревья следует группировать и анализировать по локальным популяциям и сохранять такой подход при создании полей лесосеменных плантаций.

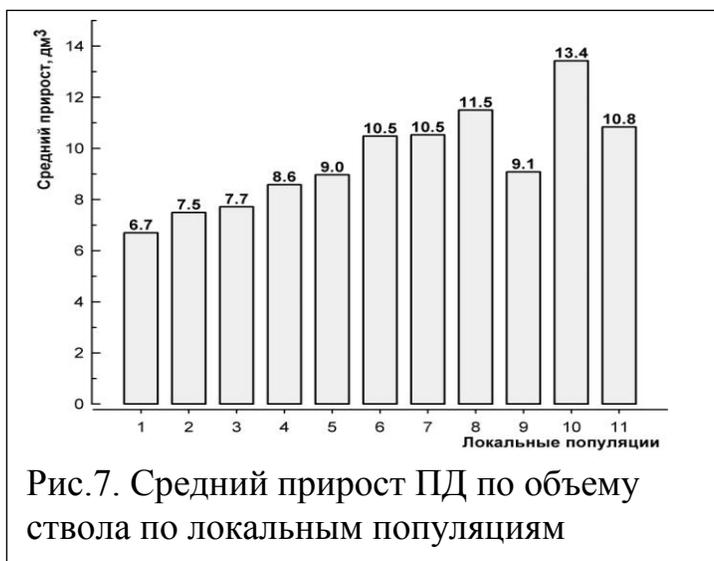


Рис.7. Средний прирост ПД по объему ствола по локальным популяциям

## ГЛАВА 4. ДИНАМИКА ВЕГЕТАТИВНОГО РОСТА И ГАБИТУАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

### 4.1. Динамика вегетативного роста и габитуальная структура ЛСП сосны

Наблюдения в течение 40-летнего периода за ходом роста 15 клонов сосны обыкновенной на участке испытания №1 позволили рассчитать регрессионную модель роста лесосеменной плантации. Все лесосеменные плантации Карелии заложены в Южнокарельском лесосеменном районе. В отношении местных клоновых потомств сосны выявлено, что в одинаковом возрасте различные клоновые наборы на разных плантациях очень сходны по своей габитуальной структуре. Они также имеют практически одинаковые средние высоту, диаметр ствола, и ширину кроны (табл. 2).

Таблица 2 – Средние показатели роста исследуемых клонов

	Высота, м	Диаметр, см	Диаметр кроны, м
Петрозаводская ЛСП (Южнокарельский семенной район)			
Участок №7 (возраст 24 года, 72 клон)			
Среднее ( $X \pm m_x$ )	9,6±0,1	20,4±0,3	5,4±0,08
Коэффициент вариации (CV%)	8,9	10,9	12,2
Олонецкая ЛСП (Южнокарельский семенной район)			
Участок №1 (возраст 24 года, 15 клонов)			
Среднее ( $X \pm m_x$ )	9,5±0,1	20,0±0,4	5,5±0,2
Коэффициент вариации (CV%)	8,1	12,7	12,5

Участок №3 (возраст 25 лет, 10 клонов)			
Среднее ( $X \pm m_x$ )	9,7±0,4	19,8±0,4	5,6±0,2
Коэффициент вариации (CV%)	6,0	10,9	14,1
Олонецкая ЛСП (Центральнокарельский семенной подрайон)			
Участок №2 (возраст 25 лет, 5 клонов)			
Среднее ( $X \pm m_x$ )	9,2±0,2	19,3±0,5	5,4±0,2
Коэффициент вариации (CV%)	11,5	12,3	15,6
Олонецкая ЛСП (Северокарельский лесосеменной подрайон)			
Участок №5 (возраст 24 года, 5 клонов)			
Среднее ( $X \pm m_x$ )	7,7±0,2	16,8±0,5	4,6±0,2
Коэффициент вариации (CV%)	15,0	28,2	17,5
Олонецкая ЛСП (Московская область)			
Участок №4 (возраст 25 лет, 4 клона)			
Среднее ( $X \pm m_x$ )	10,8±0,2	21,6±0,6	6,0±0,2
Коэффиц. Вариации (CV%)	15,0	28,2	17,5

Ни один из параметров, характеризующий продуктивность древостоев, где велся отбор плюсовых деревьев (средние диаметр и высота, бонитет, запас), и ни один из параметров материнских ПД не имели статистически значимой корреляции с ростовыми характеристиками своих клонов. Тесная корреляция между высотой и величиной годичного прироста в высоту клона уже в первые три – пять вегетационных сезонов после посадки с его средней высотой в более старшем возрасте дает возможность ранней идентификации быстрорастущих клонов по прямому признаку.

Исследование вегетативных потомств плюсовых деревьев в условиях регулярного размещения и при относительной выравненности почвенно-грунтовых условий на лесосеменных плантациях позволяет выявить их наследственные особенности в плане вегетативного роста и габитуальных особенностей. В результате такой работы идентифицированы ряд морфотипов, перспективных для селекции сосны обыкновенной на скорость роста и качество ствола.

#### 4.2. Статистическое распределение клонов сосны по параметрам вегетативного роста

Эмпирическое распределение самих клонов по высоте, диаметру и ширине кроны было близко к нормальному (рис. 8). Статистически значимое отличие ( $\chi^2 = 5,9$ ; при  $\chi^2_{st} = 3,8-6,6-10,8$ ) отмечено только по высоте. Правосторонняя асимметрия и положительный эксцесс благоприятствуют отбору по высоте ствола.

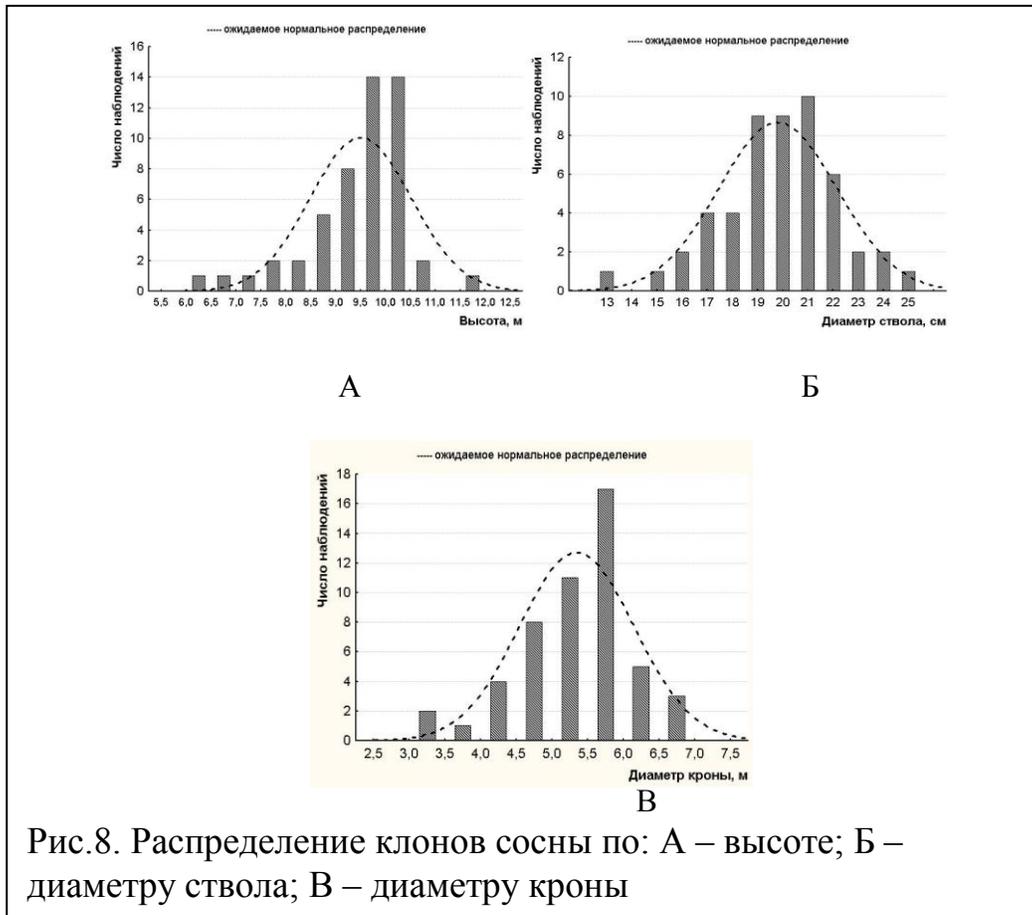


Рис.8. Распределение клонов сосны по: А – высоте; Б – диаметру ствола; В – диаметру кроны

В соответствии с выявленными особенностями распределения отбор по данному, признаку исходя из стандарта ( $\geq \bar{X} + 0,5\sigma_x$ ), предоставляет в распоряжении селекционера до 32% вегетативных потомств плюсовых деревьев, которых следует оценивать как действительно обладающих «генами быстрого роста».

## ГЛАВА 5. ДИНАМИКА РЕПРОДУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ У КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ

### 5.1. Взаимосвязь параметров генеративной и вегетативной сфер развития клонов сосны обыкновенной

Многолетними исследованиями временной динамики женского и мужского цветения на клоновых ЛСП сосны обыкновенной показано, что женские стробилы появляются на раметах в начале 5 вегетационного сезона с момента посадки (рис. 9). В возрасте 9 лет происходит качественный скачок – переход плантации к массовому активному цветению. С этого момента четко просматривается периодичность женского цветения, обуславливаемая погодными факторами. Мужское цветение у прививок сосны обыкновенной появляется позднее женского

на несколько сезонов и имеет несколько иную временную динамику. Его интенсивность в целом увеличивается по мере увеличения возраста плантации, при этом максимумы мужского цветения не совпадают с максимумами женского.

Дисперсионный анализ данных количественного учета макро- и микростробиллов на пробных ветвях модельных деревьев показал, что обилие женского и мужского

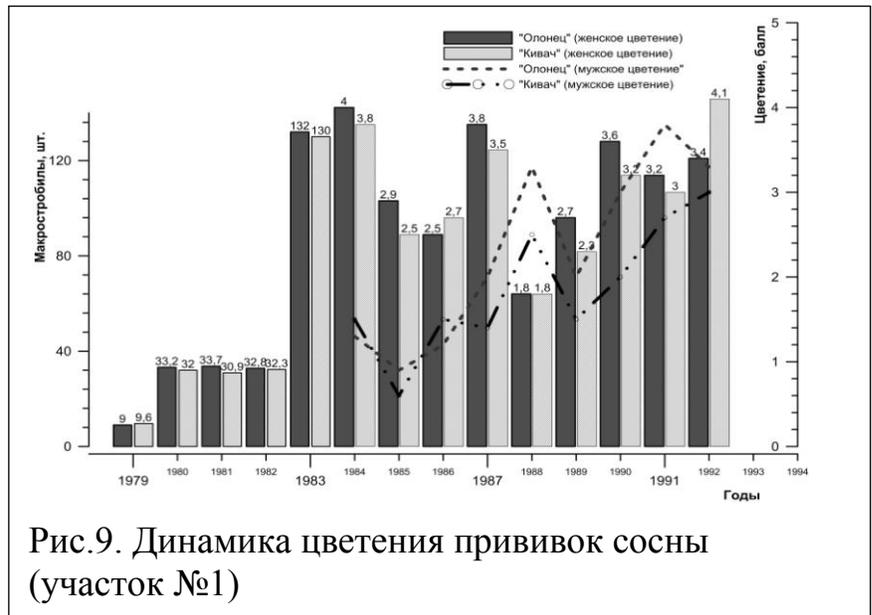


Рис.9. Динамика цветения прививок сосны (участок №1)

цветения контролируется генотипом на 30-40%, изменяясь для одного и того же набора клонов по годам. В годы обильного цветения доля влияния генотипа по женскому цветению составила 38-40% от общего влияния всех факторов, а обычные – 28-32%. Доля влияния погодных условий также была достаточно велика и составила 46% по женскому и 49% по мужскому цветению. Очевидно, что в сумме организованные в опыте факторы – индивидуальные особенности клонов (генотип) и погодные условия отдельных сезонов (в течение 9 лет) – отвечали не менее чем за 80% наблюдаемого статистического разнообразия признака.

Коэффициенты корреляции, рассчитанные на основе многолетних наблюдений на участке испытания клонов №1, показали следующее.

– На межклоновом (индивидуальном) уровне обилие женского цветения имело отрицательную корреляцию ( $r = -0,43 - -0,48$ ) с высотой клона, начиная с 9-летнего возраста. По отношению к мужскому цветению наблюдалась обратная закономерность ( $r = 0,30 - 0,41$ ).

– Среднемноголетний балл женского цветения клона имел средней тесноты достоверную положительную связь ( $r = 0,67 - 0,70$ ) со средним количеством макростробиллов на одну рамету на 4 и 6 сезоны роста, и с долей (%) цветущих рамет в клоне ( $r = 0,53 - 0,61$ ) в том же возрасте.

– Тесная положительная корреляция ( $r = 0,79$ ) была отмечена для среднего количества макростробиллов за первое пятилетие с момента появления женского цветения, со среднемноголетним баллом цветения клона.

– Практически отсутствовала значимая взаимосвязь ( $r = -0,11$ ) интенсивности женского и мужского цветения как обобщенных характеристик клона. Это

означает, что хорошее женское цветение клона автоматически не определяет его плохое мужское цветение. Генеративная ярусность кроны сосны контролируется физиологически, но направленность сексуализации побегов определяется также и погодными условиями сезона заложения репродуктивных почек. В год обильного женского цветения макростробилы у молодых сосен присутствуют на всех мутовках, вплоть до самых нижних, как бы вытесняя мужской ярус. В промежуточные сезоны происходит обратный процесс.

## **5.2 Прогноз и учет обилия цветения и урожая шишек на ЛСП сосны**

### **5.2.1 Краткая история развития методов учета и прогноза урожая в лесном семеноводстве**

В подразделе дан краткий обзор методов учета и прогноза урожая шишек и семян древесных растений, рекомендованных к применению Наставлениями по лесосеменному делу (1963, 1980) и Указаниями по лесному семеноводству в Российской Федерации (2000).

### **5.2.2. Метеорологический метод прогноза обилия цветения и урожая шишек на ЛСП сосны**

По схеме генеративного цикла сосны год заложения репродуктивных почек обозначается как «n», год цветения и опыления как «n+1», год оплодотворения и развития эмбриона как «n+2» (Козубов, 1974). Урожай семян сосны созревает под постоянным влиянием всего комплекса круглогодичных метеорологических факторов в течение трех лет.

Исследуя динамику плодоношения опытного семенного участка сосны в Сиверском лесхозе Ленинградской области за 1950-1959 гг. Д.Я. Гиргидов обнаружил достаточно тесную ( $r=0,69$ ) корреляцию обилия плодоношения лесосеменных участков сосны с дефицитом влажности воздуха в июле и августе сезона «n» на срок 13 часов. Им был предложен метеорологический метод прогноза урожая сосны на ПЛСУ

Расчеты, проведенные нами на основе данных по динамике цветения и плодоношения олонецкого участка испытания клонов за 1982-1992 гг., полностью совпали с результатами Д.Я. Гиргидова (Раевский, Мордась, 2006). Также была получена достоверная корреляция ( $r=0,63$ ) между дефицитом упругости за август сезона «n» и обилием женского цветения. Было выявлено, что такие метеозлементы как относительная влажность и дефицит упругости за вегетационный сезон «n» также имели тесную корреляцию с обилием женского цветения ( $r= -0,70$  и  $0,63$ , соответственно), но меняли свой знак на противоположный, если говорить о мужском цветении ( $r= 0,82$  и  $-0,70$ ,

соответственно). Были рассчитаны уравнения регрессии обилия женского цветения по средней относительной влажности за август года «n» на срок 13 часов (рис.10) и между обилием макростробилов и обилием шишек на следующий год (рис. 11).

Для перехода от балльных оценок обилия урожая шишек к количественным показателям были вычислены четыре регрессионных уравнения для ряда последовательных стадий развития плантации (табл.3).

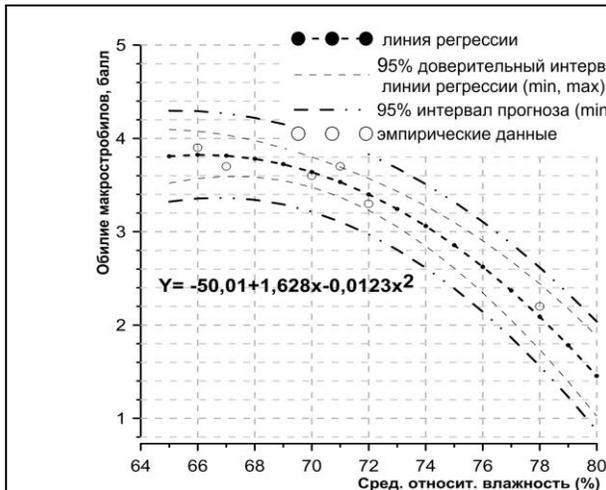


Рис.10. Регрессия обилия женского цветения по средней относительной влажности за август года «n» на 13 часов

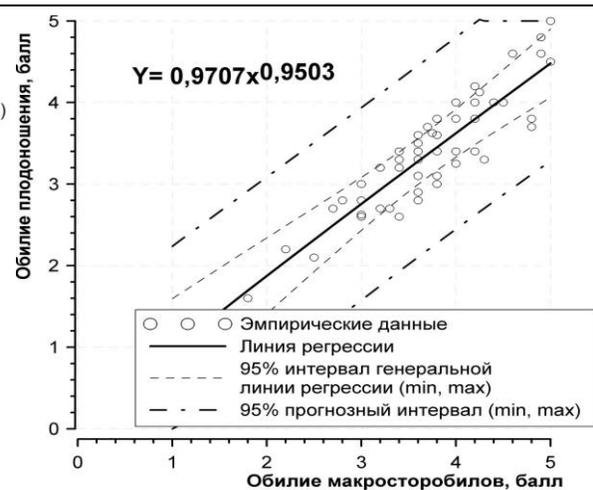


Рис. 11. Зависимость обилия плодоношения от обилия женского цветения

Таблица 3 – Регрессионные уравнения количественной оценки урожая на ЛСП сосны обыкновенной (количество шишек на 1 рамету, шт.)

Стадия	Возраст, лет	Высота, м	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации ( $R^2$ )	Ошибка линии регрессии ( $m_y$ )
I	10-12	3,5-4,5	$Y = 10,731x^{2,028}$	0,97	0,11
II	13-16	4,6-6,0	$Y = 42,03x^{1,814}$	0,94	0,18
III	17-21	6,1-8,5	$Y = 64,27x^{1,636}$	0,99	0,08
IV	>22	>=8,6	$Y = 92,94x^{1,514}$	0,95	0,18

Выявлено, что независимо от своего клонового состава все ЛСП сосны, вступившие в стадию массового цветения и плодоношения, в возрастном промежутке от 10 до 27 лет включительно, имеют очень близкие усредненные параметры шишек и семян (линейные размеры и массу шишки, число полнозернистых семян в шишке). На основании исследований параметров шишек и семян у 35 клонов сосны с Олонецкой ЛСП и 72 клонов с Петрозаводской ЛСП, а также динамики указанных показателей для 15 клонов за более чем 20-летний

период, были определены средние показатели для шишек и семян сосны обыкновенной (табл. 4).

Таблица 4 – Средние параметры шишки сосны обыкновенной для ЛСП Карелии

Параметр	Выборочная средняя, $x \pm m_x$	95% интервал генеральной средней, $X \pm 1,96 * m_x$	Стандартное отклонение ( $\sigma$ )
Длина шишки, мм	40,0±0,1	39,8 – 40,2	3,2
Ширина шишки, мм	21,0±0,04	20,9 – 21,1	1,6
Масса шишки, г	7,2±0,03	7,1 – 7,3	1,42
Число полнозернистых семян, шт.	17±0,12	16,8 – 17,2	5,7
Масса 1000 семян, г	5,9±0,02	5,86 – 5,94	1,03
Объем шишки, мл	12,4±0,33	11,8 – 13,0	2,6
Число шишек в литре, шт	49±1,6	46 - 52	-

При прогнозировании урожая логическая цепочка действий выглядит следующим образом:

- По метеопараметрам сезона «n» дается прогноз обилия цветения в следующем вегетационном сезоне;

- Прогнозные оценки обилия цветения корректируются на основании данных весеннего учета обилия цветения по баллам в сезон «n+1»;

- На основании балльных оценок обилия цветения прогнозируются балл плодоношения, который в дальнейшем уточняется на основе данных учета в сезоне «n+2»;

- На основе балла плодоношения рассчитывается усредненное количество шишек на дереве.

- зная среднее количество шишек на рамете, и умножая его на число живых прививок, получаем урожай шишек с участка или с единицы его площади;

- пользуясь данными табл.4 рассчитывается урожай по массе и объему шишек, а также по числу полнозернистых семян и их массе.

## ГЛАВА 6. СТРУКТУРА УРОЖАЯ ШИШЕК И СЕМЯН НА ЛСП СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

### 6.1. Динамика параметров урожая шишек и семян клонов сосны обыкновенной

В главе анализируются временная изменчивость и статистическое разнообразие основных количественных и качественных параметров шишек и

семян исследуемых клонов сосны. Результаты дисперсионного анализа (табл. 5) показывают, что размеры шишки, ее форма, склонность образовывать повышенное или, наоборот, пониженное число полнозернистых семян, их крупность, в очень значительной мере контролируются генотипом (фактор «клон»).

Таблица 5 – Показатели силы влияния ( $\eta^2$ ) в дисперсионном комплексе

Фактор	Длина шишки (L), мм	Ширина шишки ((D), мм	Форма шишки (D/L)	Масса свежей шишки (г)	Количество полнозернистых семян в шишке (шт.)	Масса 1000 шт. семян (г)
Петрозаводская ЛСП***						
Клон	0,59	0,53	0,65	0,58	0,63	0,82
Олонецкая ЛСП***						
Клон	0,73	0,55	0,78	0,50	0,42	0,57
Год	0,27	0,31	0,32	0,35	0,41	0,29

\*\*\* – Все показатели были статистически достоверны при  $P=0,001$

Аналогичные величины получены С.А. Петровым (1987) для длины, ширины и формы шишки ( $\eta^2= 0,78; 0,79$  и  $0,66$  соответственно). Динамика погодных условий отдельных вегетационных сезонов также оказывает существенное влияние на эти параметры (фактор «год»). Влияние фактора погодных условий наглядно отражено на рис. 12. В годы обильного урожая шишки крупнее и тяжелее. В них содержится больше полнозернистых семян. Однако общая горизонтальная ориентация ломаных линий на данном рисунке свидетельствует, что за 20-летний период основные параметры шишек и семян колебались около определенного среднего уровня, характерного для данной плантации в целом. На индивидуальном уровне – это очень устойчивые признаки, которые могут служить целям идентификации клоновых потомств. Особенно стабильным во времени оказался показатель формы шишки.

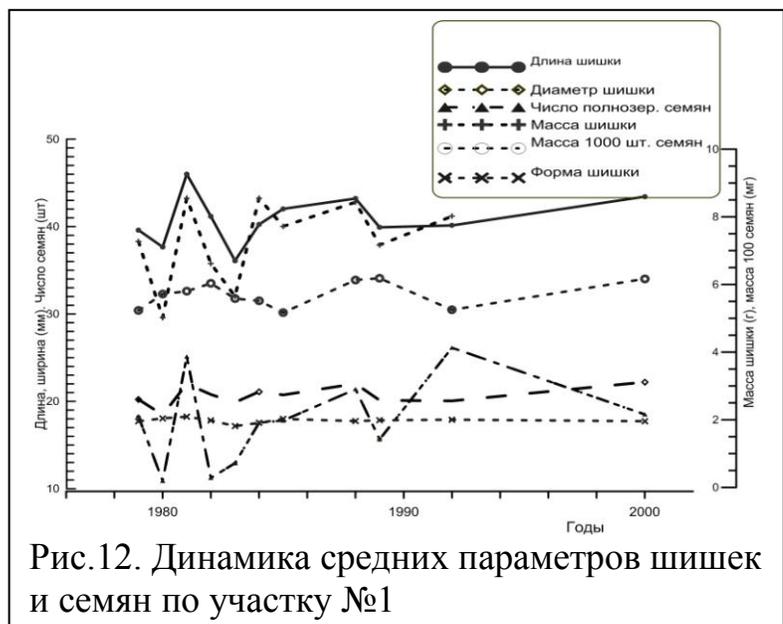


Рис.12. Динамика средних параметров шишек и семян по участку №1

Был разработан единый стандарт шишки для ЛСП сосны в Карелии (см. табл. 4). В соответствии с закономерностями нормального распределения 95% вариант ряда распределения находится в пределах  $X \pm 1,96\sigma$ . На основании этого стандарта, можно определить минимальные размеры сосновой шишки, при которых она считается нормально развитой. В нашем случае величина данных параметров составит: длина шишки – 34,0 мм, ширина шишки – 18,0 мм. Следовательно, более мелкие сосновые шишки следует считать нестандартными, и отбраковывать.

По мнению Т.П. Некрасовой (1983) самое важное в вопросе реализации семенного потенциала – это совпадение сроков массового рассеяния пыльцы на плантации с массовой рецептивностью женских стробилов того или иного клона. Нашими исследованиями (Мордась, Раевский, 1999) выявлена значительная индивидуальная изменчивость клонов сосны по продолжительности периода цветения. Среди представителей популяций северной, средней и южной Карелии выявлены рано- и позднезапускающиеся клоны с коротким и длинным периодом развития макро- и микростробилов, и продолжительностью фазы максимальной рецептивности женских стробилов от 1 до 4 дней. Таким образом, период эффективного опыления неодинаков для различных клонов сосны и зависит от степени совпадения его периода максимальной рецептивности макростробилов с апогеем вылета пыльцы на данной плантации (поле). Данная закономерность объясняет тот факт, почему отдельные клоны имеют склонность к образованию большего числа полнозернистых семян в шишке по сравнению с другими. В частности, у клонов Петрозаводской ЛСП данный параметр изменялся в диапазоне от 5 до 27 шт. При проведении мероприятий по дополнительному опылению положительный эффект достигается за счет увеличения доли опыленных семечек, но, по всей видимости, основные резервы повышения семенной продуктивности плантации находятся в области селекционных мероприятий.

Анализ результатов корреляционного анализа параметров шишек и семян с показателями вегетативного роста и генеративной сферы клонов Петрозаводской ЛСП позволил сделать ряд обобщений.

– Размерно-весовые параметры шишек и семян практически не имели значимой корреляции с показателями вегетативного роста и особенностями габитуса клонов. Отмечена лишь слабая корреляция диаметра и массы шишки с диаметром и толщиной ветвей ( $r = 0,27; 0,32$ ). Толщина ветвей коррелирует с их длиной ( $r = 0,61$ ). Получается, что клоны с толстыми ветвями и раскидистой кроной все же склонны иметь тяжелые (крупные) шишки. Ну а поскольку клоны с таким габитусом подвержены снеголому, то отсюда и возникает слабая корреляция длины и диаметра шишки со степенью повреждения снеголомом ( $r = 0,26; 0,43$ ). Безусловно, такая связь должна биологически трактоваться как опосредованная.

– Отсутствовала корреляция размерно-весовых признаков шишек и семян с обилием женского и мужского цветения, усредненного за 2007-2010 гг.

– С увеличением длины шишки увеличивается ее диаметр, масса, объем, размеры и масса семян в ней. Более крупным шишкам соответствует и более выпуклый апофиз ( $r = 0,30 - 0,33$ ).

– Размеры и масса шишек имеют определенное значение, но они лишь косвенно связаны с семенной продуктивностью ЛСП. Среди всех анализируемых в данной главе параметров репродуктивных органов только два имеют прямое отношение к семенной продуктивности клона. Это число полнозернистых семян в шишке ( $N_{flseed}$ ) и масса семени ( $M_{1000}$ ). Первый из указанных параметров следует считать ведущим или наиболее важным. Однако никакой значимой корреляции этого параметра с габитуальными признаками клона, обилием мужского и женского цветения, и размерами самой шишки не наблюдалось. Отмечена только слабая отрицательная корреляция ( $r = -0,31$ ) между числом полнозернистых семян и массой 1000 шт. В общем случае, чем больше семян в шишке, тем они мельче.

Нашими исследованиями была показана определяющая роль генотипа клона в отношении многих хозяйственно-значимых признаков, в том числе, таких как число полнозернистых семян в шишке и масса семени. По всей видимости, гены, контролирующие габитус, обилие репродуктивных процессов, линейные размеры шишки, феноритмотип и массу семени, находятся в разных группах сцепления, и эти признаки, наследуются в значительной степени независимо друг от друга.

## **6.2. Итоговый вариант отбора лучших клонов по габитусу и репродуктивным параметрам**

В своем базовом варианте селекция сосны обыкновенной осуществляется на быстроту роста. Поэтому рост клонов сосны в высоту принимается в качестве ведущего признака. Все клоны на плантации, соответствующие критерию ( $\geq \bar{X} + 0,5\sigma_x$ ) рассматриваются как носители «генов быстрого роста». Поскольку распределение клонов по высоте имеет выраженную правостороннюю асимметрию, то доля таких вегетативных потомств может достигать 32% от общего числа испытываемых. Однако осуществлять отбор исключительно по одному признаку, пусть даже и такому важному как рост в высоту, представляется нецелесообразным. Среди высокорослых клонов встречается морфотип с сильносбежистым стволом и кроной, образованной длинными и толстыми ветвями. Такой морфотип подвержен снеголому и крайне нежелателен с позиции качества ствола. Кроме этого, некоторые быстрорастущие клоны с хорошим габитусом характеризуются очень слабым семеношением. Их итоговый вклад в урожай ЛСП настолько мал, что они просто не в состоянии передать свои ценные наследственные качества следующему поколению. Из всех параметров,

характеризующих активность репродуктивной сферы клонов сосны, и рассмотренных в главах 5 и 6, по существу, только один может быть выделен в качестве некоего интегрального признака, отражающего реальный вклад клона в урожай лесосеменной плантации и генофонд будущих поколений – это среднее число полнозернистых семян на одну прививку (рис. 13). Лучше, когда такой показатель рассчитывается за период 3 и более лет. Его следует считать вторым по важности после оценки роста клона сосны в высоту. В целом же вариант селекции одновременно по этим двум признакам выглядит наиболее оптимальным в селекции сосны обыкновенной.

Распределение клонов сосны по числу полнозернистых семян на рамету является частным случаем нормального распределения с выраженной левосторонней асимметрией. По данному признаку клоны различаются в разы, что подтверждается очень высоким

коэффициентом вариации (49,9%). Селекция по нему в соответствии со стандартом ( $\geq \bar{X} + 0,5\sigma_x$ ) позволила бы отобрать 26,7% от общего числа испытуемых клонов. Однако, учитывая характер корреляции высоты ствола клона и семеношения ( $r=-0,35$ ) при селекции по двум параметрам, отбор по последнему признаку в соответствии с вышеприведенным стандартом будет являться излишне строгим, что может привести к существенному сужению генетической базы следующей генерации ЛСП. Поэтому здесь вполне можно удовлетвориться отбором по стандарту ( $\geq \bar{X}$ ), что в нашем случае соответствует отбору клонов с числом полнозернистых семян на рамету равным и более 6985, или округленно – 7000 шт.

Методика селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной на ЛСП I может быть сформулирована в виде ряда этапов.

На первом этапе отбора в качестве ведущего признака принимается высота ствола клона с пороговым значением ( $\geq \bar{X} + 0,5\sigma_x$ ).

На втором этапе анализируется вся совокупность габитуальных признаков (сбежистость ствола, ширина кроны, толщина сучьев и т.п.) в аспекте гармоничности облика дерева и подверженности снеголому. Клоны с крайним выражением указанных признаков отбраковываются.

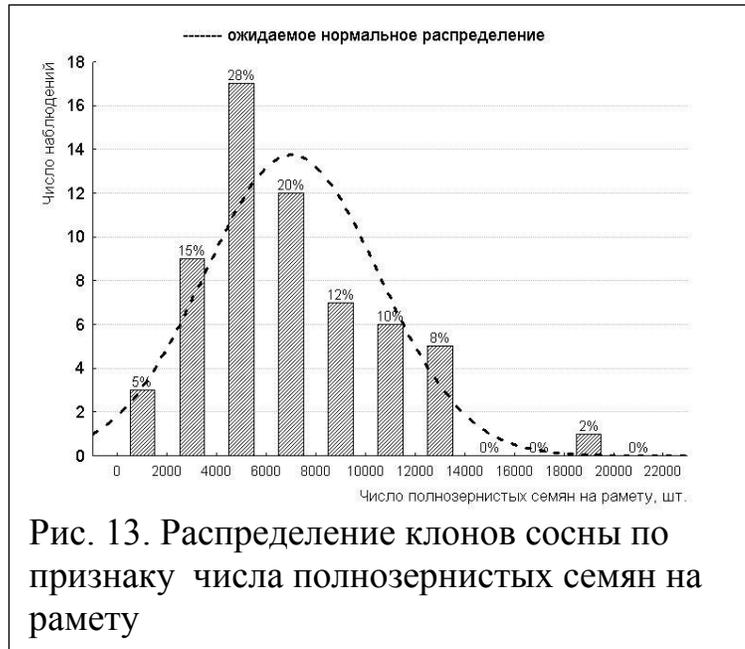


Рис. 13. Распределение клонов сосны по признаку числа полнозернистых семян на рамету

На третьем этапе анализируется комплекс признаков семенной продуктивности клонов, прошедших через сито отбора предыдущих этапов. В качестве ведущего признака принимается число полнозернистых семян на рамету с отбором по стандарту ( $\geq \bar{X}$ ).

Четвертый этап заключается в испытании семенного потомства и оценке клонов по общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС). Результаты такого испытания рассматриваются в главе 9.

По данной методике из 60 клонов участка №7 Петрозаводской ЛСП по высоте ствола было отобрано 17 клонов (28,3%) в соответствии со стандартом ( $\geq \bar{X} + 0,5\sigma_x$ ). Средние параметры выборки отклонились от таковых, характеризующих весь участок в целом. Высота и диаметр ствола увеличились на 8,3%, ширина кроны и диаметр ветвей – на 7,4 и 4,7%, соответственно. На 13,2% увеличилась повреждаемость снеголомом. Урожайность при этом несколько снизилась – на 9,9%. Затем совместно по признакам хорошего роста и семеношения были отобраны 6 вегетативных потомств или 10% от исходного количества. В результате такого отбора габитуальные характеристики набора клонов улучшились, поскольку при сохранении разницы со средней высотой всего участка на прежнем уровне (8,3%) различия по диаметру ствола и ширине кроны сократились. Все это свидетельствует в пользу уменьшения сбежистости ствола и увеличения компактности кроны. Вполне закономерно, что и риск снеголома в этом случае также существенно снизился при значительном увеличении семенной продуктивности (+42,6%).

## **ГЛАВА 7. ФОРМЫ ВНУТРИВИДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА КЛОНОВЫХ ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ.**

Внутри клоновых популяций С.А. Петров (1987) выделил четыре категории изменчивости количественных признаков: внутрираметную, межраметную, внутриклоновую и межклоновую (внутригрупповую или индивидуальную). К ним следует добавить еще и пятую форму изменчивости – межпопуляционную (межгрупповую). Были исследованы закономерности варьирования признаков вегетативных и генеративных органов клонов сосны обыкновенной в пределах данных форм изменчивости. Для анализа было отобрано 39 клоновых потомств, произраставших на участках № 1, 2, 3, 4, 5 и 6 ЛСП Олонецкого лесхоза (см. главу 4). Клоновые потомства были сгруппированы в 8 условных «популяций», представляющих южную (Лахденпохья, Олонец, Прионежье, Кивач), среднюю (Ругозеро), северную (Юшкозеро, Калевала, Кестеньга) Карелию и Московскую область., в каждую группу было включено по 5 клонов и 5 рамет в каждом клоне.

### **7.1. Характеристика форм изменчивости на ЛСП сосны обыкновенной**

По формам изменчивости (табл. 6) в целом наблюдалось обычное соотношение уровней изменчивости: наименьший – внутриклоновый; затем следует – межпопуляционный; основная часть разнообразия приходится на межклоновый уровень.

Таблица 6 – Параметры вегетативной и генеративной сфер по формам изменчивости

Популяции	Широта происх., град. с.ш.	Сумма эфф. температур $\geq +5^\circ$	Средние приросты				Обилие цветения, балл	
			в высоту, м	по диаметру ствола, см	по диаметру кроны, м	по диаметру у ветвей, см	макро-строб.	микро-строб.
Север	64	1450	0,33	0,93	0,20	3,1	2,7	2,4
Ругозеро	63	1550	0,37	0,96	0,21	2,6	2,3	2,0
Кивач	61,7	1850	0,41	1,00	0,23	2,6	2,2	3,0
Прионежье	61,6	1850	0,36	1,06	0,21	3,0	2,4	3,1
Олонец (1)	61	1850	0,39	0,95	0,22	2,6	2,4	3,3
Олонец(2)	61	1850	0,39	1,08	0,24	2,6	2,8	3,5
Лахденпохья	61,2	1900	0,39	0,99	0,22	2,3	3,0	2,8
Москва	55	2700	0,44	1,08	0,24	2,9	2,0	2,8
		среднее	<b>0,39</b>	<b>1,01</b>	<b>0,22</b>	<b>2,7</b>	<b>2,5</b>	<b>2,9</b>
Показатель силы влияния в дисперсионном комплексе ( $\eta^2 = H^2$ )								
Групп клонов			0,52	0,13	0,09	0,25	0,28	0,26
клонов			0,47	0,49	0,45	0,43	0,72	0,74
Коэффициент вариации по формам изменчивости ( $C_v$ , %)								
внутриклоновая			2,6	3,7	5,0	5,4	64	9,9
межклоновая			6,3	8,6	11,5	11,9	17,2	25,0
межпопуляционная			8,1	5,6	6,6	9,1	13,0	17,1

Средний прирост в высоту оказался единственным из изученных показателей, где доля влияния популяций в дисперсионном комплексе ( $\eta^2=0,52$ ) выше доли влияния клонов ( $\eta^2=0,47$ ). Соответственно и межпопуляционный коэффициент вариации (8,1%) выше межклонового (6,3%). Это свидетельствует о значительности межгрупповых различий, которые не должны быть упущены в селекционной работе. Параметры вегетативного роста находятся под существенным генетическим контролем ( $\eta^2=0,43 - 0,49$ ).

На межгрупповом уровне обращают на себя внимание крупные размеры шишек северных клонов (табл. 7). Семенная продуктивность популяции «Москва» была заметно ниже, чем у остальных. По числу полнозернистых семян на рамету выделилась группа «Лахденпохья», которая на 17% превосходит Олонец (2) и в 2,5 раза – группу «Москва».

Формы reflexa (крючковатый) не было определено ни для одного клона. Форму plana (плоский) имели 16 клонов (41%), форму gibba (выпуклый) – 23 клона (59%). Таким образом, последняя является наиболее типичной. Для северных клонов был характерен самый плоский апофиз.

Таблица 7 – Параметры генеративной сферы по формам изменчивости

Группы клонов	Широта происх., град., с.ш.	Сумма эффект. температур, $\geq 5^{\circ}\text{C}$	Осадки за вегетац. период, мм	Кол-во полн. сем./шишке	Кол-во шиш. на рамету	Кол-во полн. сем/рамету	Длина шишки, мм	Ширина шишки, мм	Масса шишки, г
Север	64	1450	150	15	293	4145	45,4	22,7	6,9
Ругозеро	63	1550	197	17	236	4111	41,3	21,7	5,7
Кивач	61,7	1850	212	18	225	4200	42,4	22,2	5,7
Прионеж.	61,6	1850	200	11	245	2619	42,7	21,3	5,9
Олонец (1)	61	1850	200	16	257	4347	41,6	22	5,5
Олонец(2)	61	1850	200	16	298	4884	43,2	22,5	6,1
Лахденпох.	61,2	1900	200	18	326	5850	40,5	22,4	5,9
Москва	55	2700	150	10	200	2164	42,4	23	5,8
		среднее		<b>15</b>	<b>260</b>	<b>4040</b>	<b>42,4</b>	<b>22,2</b>	<b>5,9</b>
Показатель силы влияния в дисперсионном комплексе ( $\eta^2 = H^2$ )									
Групп клонов				0,28	0,29	0,32	0,14	0,11	0,14
Клонов				0,72	0,71	0,68	0,86	0,89	0,86
Коэффициент вариации по формам изменчивости ( $C_v$ , %)									
Внутрираметная				–	–	–	8,6	7,7	20,5
Межраметная				–	–	–	3,5	3	8,2
Внутриклоновая				9,2	8	13,4	9,3	8,2	21,9
Межклоновая				35,3	23	63,5	12,4	10,6	20,1
Межгрупповая				20,2	16,3	29,1	3,5	2,4	7,2

На межпопуляционном уровне не прослеживалась корреляции между широтой происхождения клона, суммой эффективных температур и размерно-весовыми параметрами шишки. При перенесении черенков плюсовых деревьев с севера Карелии в ее южную часть феноритм роста клонов сохраняется. Северные клоны растут медленнее местных и имеют более узкую крону. По параметрам репродуктивной сферы ситуация выглядит диаметрально противоположной. Северные клоны не уступают местным олонецким клонам по обилию цветения и плодоношения, имеют крупные тяжелые шишки и семена. Просмотр коэффициентов вариации по формам изменчивости показывает, что в целом наблюдается обычное для хвойных видов соотношение этих величин: межраметная изменчивость – наименьшая; внутрираметная – на уровне

внутриклоновой; межклоновая – больше чем внутриклоновая и больше чем межпопуляционная. Основная доля внутривидового разнообразия приходится на внутривидовой уровень. Все параметры строго контролируются генотипом. При этом доля влияния генотипа для параметров генеративной сферы в 1,5 раза выше, чем для габитуальных признаков.

## **8. ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

### **8.1 Опыт разработки и применения методов ранней диагностики в лесной селекции**

В разделе рассматривается понятие «ранняя диагностика наследственных свойств» и указывается, что Архангельским институтом леса и лесохимии, ныне СевНИИЛХ, была разработана методика ранней диагностики наследственных свойств плюсовых деревьев сосны и ели на основании такого признака как число семядолей (Попов, Жариков, 1973, 1978). Данный метод основан на закономерностях расщепления потомства отдельных деревьев и популяций сосны по числу семядолей у всходов (семян) и роста этого потомства в течение первых 10 лет жизни растений. Как отмечают авторы, интенсивность роста деревьев сосны возрастает от 4- к 8-семядольной линии, при этом лучшей энергией роста обладают деревья 6 – 8-семядольных линий.

В то же время рядом авторов высказывались мнения, что однолетние всходы сосны с повышенным количеством семядолей не имеют преимущества в росте в сравнении с остальными (Статкус, 1985). Исследованиями, проведенными Паалем (1989) в Эстонии, было показано, что число семядолей неприменимо при идентификации клонов сосны.

### **8.2. Изменчивость морфологических признаков и биометрических показателей семенного потомства клонов сосны обыкновенной**

Опыт в условиях теплицы Олонецкого базисного питомника показал, что полусибсовыя потомства клонов различного происхождения по числу семядолей различались незначительно (рис. 14).

Из 39 вариантов только 6 (15,4%), у которых среднее число семядолей было 6,4 и более, имели с контролем статистически достоверную разность. Среднее число семядолей полусибсовых потомств никак не было связано с ранжированием материнских клонов по высоте. Никакой связи между количеством семядолей и биометрическими показателями двухлетних сеянцев сосны не было выявлено.

Отмечена только средней тесноты статистически достоверная корреляция ( $r=0,6$ ) среднего числа семядолей с массой 1000 шт. семян. Таким образом,

раннедиагностическое значение числа семядолей на данном экспериментальном материале не подтвердилось.

Была выявлена достоверная положительная корреляция ( $r=0,51-0,72$ ) между основными биометрическими показателями двухлетних тепличных сеянцев, характеризующими размеры растений, с количеством верхушечных почек и долей особей с трёххвойными пучками. С точки зрения ранней диагностики очень важной представляется положительная достоверная связь между вышеуказанными признаками и средним приростом материнского клона в высоту ( $r=0,34; 0,46$ ).

Второй раз распределение клонов сосны по признаку числа семядолей исследовалось при выращивании семенных потомств 72 клонов с Петрозаводской ЛСП. Клоновые наборы с двух лесосеменных плантаций существенно различались по среднему числу семядолей ( $\bar{X}_{Olonets} = 6,1; \bar{X}_{Petrozavodsk} = 5,4$  при  $t_{факт}=10,2 > t_{ст}=2,0; P=0,05$ ). Корреляционный анализ всего комплекса параметров плюсовых деревьев и их клонов с Петрозаводской ЛСП выявил только статистически значимую корреляцию числа семядолей с массой 1000 шт. полнозернистых семян ( $r= 0,41; r_{crit.}=0,25$  при  $n=62$ ), что согласуется с результатами, полученными по Олонецкой ЛСП ( $r= 0,60$ ). Данная зависимость, выявленная в наших опытах, подтверждает результаты, полученные другими исследователями (Е.П. Проказин и др., 1975; Шутяев, 1979; Голиков, 1981; Пааль, 1989). Сделан вывод, что число семядолей – это консервативный видовой признак с низким уровнем варьирования. По всей видимости, тест по семядолям вряд ли перспективен в селекционной работе с сосной на уровне индивидуального отбора. Однако он может оказаться информативным при сравнительном анализе потомств различных лесосеменных плантаций.

## **9. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ**

### **9.1. Результаты исследований роста и развития семенных потомств клонов сосны обыкновенной в испытательных культурах**

Образцы семян с 72 клонов сосны с Петрозаводской ЛСП были высеяны весной 2011 г. в теплице питомника Новая Вилга. Во второй половине мая 2012 г. потомства всех клонов в 3-5- кратной повторности были высажены на лесокультурную площадь. В 2013 г. после двух вегетационных сезонов роста 37 вариантов (51,4%) статистически достоверно превосходили контроль и по высоте и по приросту в высоту. Только по высоте достоверно превосходили контроль 57 вариантов (79,2%). По приросту в высоту таковых было 43 (59,7%). По результатам замеров 2014 г. 31 вариант (43,1%) статистически превосходил контроль по обоим параметрам. Только по высоте контроль достоверно

превосходили 51 вариант (70,8%), а по приросту в высоту – 32 (44,4%). По всей вероятности, в дальнейшем эти доли будут еще какое-то время сокращаться.

Как следует из данных таблицы 8, все клоны сосны, отобранные по высоте, габитусу и семеношению (см. главу 6), продемонстрировали хороший рост семенного потомства. Особенно следует отметить ПД № 876. Обладая хорошим вегетативным ростом, компактной кроной с нетолстыми сучьями, данный клон демонстрирует высокую семенную продуктивность. Для него также характерен интенсивный рост семенного потомства с первых лет жизни. На этапе испытания семенного потомства в состав элиты было добавлено ПД № 60, хотя на первом этапе данный клон не прошел отбор по показателям вегетативного роста.

Таблица 8 – Лучшие клоны сосны Петрозаводской ЛСП по параметрам их вегетативного и семенного потомств

Клон	Вегетативный рост, 2007 г				Число полнозер. семян на рампу (среднее за 2007-10 гг.), шт.	Рост семенного потомства, 2014 г.	
	высота ствола, м	диаметр ствола, см	диаметр кроны, м	диаметр сучьев, см		высота, см	прирост в высоту, см
60	10,0	19,9	5,01	4,4	10241	<b>43,7</b>	<b>15,0</b>
835	10,0	20,7	5,81	4,1	8183	<b>41,5</b>	<b>16,5</b>
<b>876</b>	<b>10,2</b>	<b>20,6</b>	<b>4,77</b>	<b>4,1</b>	<b>13652</b>	<b>48,3</b>	<b>16,8</b>
864	10,3	20,4	5,59	4,0	11139	<b>48,6</b>	<b>21,1</b>
516	10,4	21,1	5,07	4,0	9040	<b>34,9</b>	13,2
856	10,6	21,4	6,36	4,3	9729	<b>39,7</b>	14,0
829	10,8	22,4	5,98	5,5	8022	<b>43,3</b>	<b>15,8</b>
<b>Среднее</b>	<b>10,3</b>	<b>20,9</b>	<b>5,5</b>	<b>4,4</b>	<b>10000</b>	<b>42,9</b>	<b>11,7</b>
Среднее (участок №7)	9,6	20,4	5,4	4,3	6985	контроль 33,0   13,4	
Разница, %	7,6	2,6	2,1	1,2	43,2	30,0	23,2

Коэффициент наследуемости в узком смысле ( $h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_{ph}$ ) принимается равным удвоенному коэффициенту корреляции по выбранному признаку в системе родители – потомки (Котов, 1982). В 2013 г. теснота связи между высотой клона и высотой его семенного потомств составила  $r=0,16$  и соответственно  $h^2=0,32$ . При числе пар значений  $n=72$  данный коэффициент корреляции был статистически недостоверен. Повторные расчеты по результатам замеров 2014 г. дали уже статистически достоверный коэффициент корреляции высоты клонов и их семенных потомств на уровне  $r=0,26$  ( $P=0,05$ ), что позволило рассчитать

$h^2=0,52$ . Таким образом, отмечен существенный рост тесноты связи между высотой семенных потомств и биометрическими характеристиками их родительских клонов и материнских плюсовых деревьев, что находит свое подтверждение и в литературе (Ефимов, 2010).

## 10. ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ (*PINUS CONTORTA* DOUGL. EX LOUD.) В СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЕ.

### 10.1. Характеристика сосны скрученной и краткий обзор проблем ее интродукции

В разделе характеризуются биоэкологические свойства сосны скрученной (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.) подвид иширокохвойная (var. *latifolia* Engelm). Указывается, что, несмотря на все проблемы, возникавшие при выращивании ее культур в диапазоне 60 – 68° с. ш., она оценивается как светолюбивая, пионерная и быстрорастущая порода. По современным уточненным оценкам (Elfing, Norgen, 1992), сосна скрученная при обороте рубки в 65-75 лет в широком спектре условий местопроизрастания средней и северной подзон тайги способна повышать производительность древостоя на 30-40% по сравнению с аборигенной сосной обыкновенной.

### 10.2. Рост и развитие сосны скрученной в культурах старшего возраста

Самый крупный в Карелии высоковозрастный участок культур сосны скрученной расположенных в Сортавальском участковом лесничестве (1,5 га) на момент его изучения в 1984 г. представлял собой простое смешанное одноярусное насаждение 7Сскр2Б1Е+Соб,Ол(ед.). Общий запас – 213,4 м<sup>3</sup>/га. Относительная полнота – 0,68. Возраст – 50 лет. Класс бонитет – Ia. По имеющимся сведениям культуры были созданы в 1935 г. посадкой по схеме 1,5\*1,5 м (4300 шт./га) на южном склоне скальной гряды, перекрытой глинистыми и суглинистыми мореными отложениями. В 1984 г. общее количество живых деревьев сосны скрученной составило 497 шт. (331шт./га), что соответствует сохранности на уровне 7,6% от общего числа высаженных растений.

За 27-летний период (табл. 10) средние высота и диаметр сосны скрученной увеличились на 33,8 и 36,4%, соответственно. Средний прирост за указанный период составил 4,4 м<sup>3</sup>/га. Большое количество сухостойных деревьев со всей очевидностью свидетельствуют, что культуры экзота усыхают, а ель активно здесь возобновляется (густота подроста – 8850 шт./га) и выходит в первый ярус.

Таблица 10 – Таксационные показатели участка культур сосны скрученной

Показатели	1984 г.	2011 г.
Общая характеристика		

Состав и структура древостоя	7Сскр.2Б1Е+С.об.	6,1Сскр.2,7Е0,6Соб.0,6Б
Возраст, лет	50	77

Продолжение табл. 10

Запас, м <sup>3</sup> /га	213	329
Относительная полнота	0,7	0,8
Класс бонитета	Ia	Ia
Сосна скрученная		
Возраст, лет	50	77
Число стволов, шт/га	<u>331</u>	<u>212</u>
Запас, м <sup>3</sup> /га	138	200
Средняя высота, м	22,5	30,1
Средний диаметр, см	22,0	30,0
Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	0,388	0,944
Отпад (сухостой), число ствол., шт./запас, м <sup>3</sup> на 1 га	–	<u>101</u> 57
Сосна обыкновенная		
Возраст, лет	47	74
Число стволов, шт./га	<u>20</u>	<u>34</u>
Запас, м <sup>3</sup> /га	6	20,4
Средняя высота, м	21,0	25,0
Средний диаметр, см	20,0	25,7
Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	0,302	0,587
Отпад (сухостой), число ствол., шт./запас, м <sup>3</sup> на 1 га	–	<u>2</u> 1

Культуры сосны скрученной в 77-летнем возрасте имели следующие качественные показатели древесины: ширина годичного слоя – 2,15 мм, процент поздней древесины – 38%, базисная плотность – 467 кг/м<sup>3</sup>. Последняя величина на 7–13%, превышает базисную плотность характерную для сосняков таежной зоны Европейской части России (Полубояринов, 1976). Приведенные характеристики древесины свидетельствуют о высоком качестве древесного сырья и подтверждают перспективность выращивания культур сосны скрученной в среднетаежной подзоне.

## 11. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ *PINUS CONTORTA* DOUGL. EX LOUD. В КАРЕЛИИ

### 11.1. Ход роста происхождений сосны скрученной в смешанных сосновых культурах

Участок культур был создан сотрудниками лесной опытной станции ЛенНИИЛХа (Мордасем А.А., Раевским Б.В.) совместно с работниками Видлицкого лесничества весной 1988 г. в кв. 38, выд. 18, 22 Олонецкого лесхоза (61°22' с. ш., 32°20' в. д., 60 м над ур.м.). На опытной площади один гектар был заложен трехлетними перешколенными саженцами (1т+2), а остальная часть – однолетними тепличными сеянцами с открытой корневой системой. К 2012 г. на участке, заложенном саженцами, сформировалось смешанное насаждение, имеющее структуру древостоя 5,9С.об.4,1С.скр. по числу стволов и точно такую же структуру по запасу. На остальной площади (4,9 га) соотношение пород по числу стволов является практически равным 5,1С.скр.4,9С.об. Структура древостоя по запасу – 5,9С.скр.4,1С.об.

Сосна скрученная имела как местное «карельское» (Импilahти, Сортавала), так и непосредственно канадское (пров. Альберта) происхождение (рис. 15). Под местным «карельскими» происхождениями или вариантами сосны скрученной понимались образцы семян собранные в старых финских культурах в юго-западной части республики Карелия (см. главу 10).

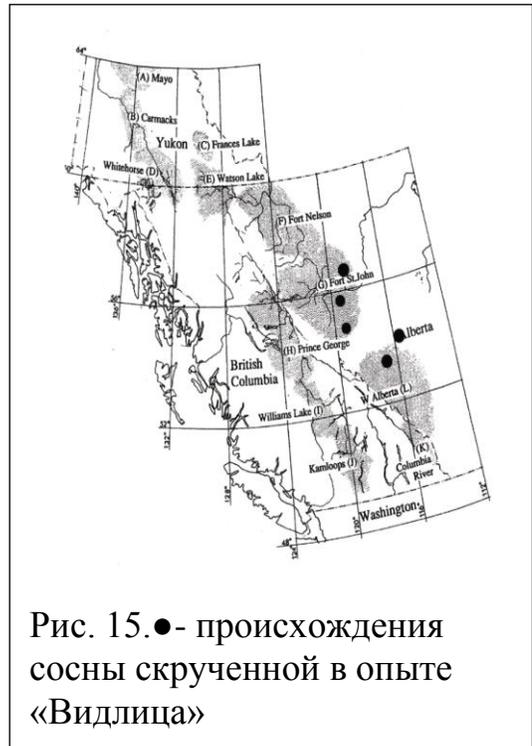


Рис. 15. ●- происхождения сосны скрученной в опыте «Видлица»

С первых лет жизни сосна скрученная росла быстрее сосны обыкновенной. Некоторое преимущество экзота по диаметру у корневой шейки и высоте отмечались уже на этапе однолетних тепличных сеянцев, а также на момент выкопки трехлетних саженцев из школьного отделения. Различия между видами на всех возрастных этапах были статистически достоверными, но не одинаковыми по величине. В культурах, заложенных сеянцами, сосна скрученная в 2006 г. статистически достоверно превосходила сосну обыкновенную по диаметру на 12,9%, высоте и среднему объему ствола на 10,9 и 31,7%, соответственно. В 2012 г. экзот сохранил свое превосходство над аборигенным видом практически в тех же пропорциях: по диаметру на 13,0%, высоте и среднему объему ствола на 10,5 и 38,0%, соответственно. За прошедшее 6-летие относительная полнота данного насаждения увеличилась в 1,2 раза, при двукратном увеличении запаса (табл. 11).

Таблица 11 – Таксационные показатели культур «Видлица» (ПП № 2 и № 3)

Показатели	Сосна скрученная		Сосна обыкновенная	
	2006	2012	2006	2012
Число ствол., шт./га	<u>592</u>	<u>516</u>	<u>547</u>	<u>491</u>

запас, м <sup>3</sup> /га	25,3	50,6	17,8	34,9
Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	0,043	0,098	0,032	0,071

Продолжение табл. 11

Средний диаметр, см	10,5	13,9	9,3	12,3
Средняя высота, м	7,92	11,6	7,14	10,5
Относительная полнота	0,24	0,29	0,20	0,23
Стройность, балл	1,22	1,29	1,28	1,24

Сопоставление ширины годовых слоев двух сравниваемых пород показывает четкое сходство колебаний их радиального прироста, что обусловлено идентичностью почвенно-климатических условий, в которых произрастали культуры. В первоначальный период развития (до 8 лет), сосна скрученная имела более быстрые темпы роста по диаметру, чем сосна обыкновенная. Так, на 6-й год разница в годовом приросте составляла 51%, а в среднем за 3 года (с 6-го по 8-й) – 26%. В течение последующих 8 лет ширина годовых слоев сравниваемых пород была практически равной, а начиная с 17-летнего возраста и до конца периода наблюдения (до 25 лет) сосна скрученная имела ежегодное преимущество в радиальном приросте от 7 до 21%. Средняя ширина годовых слоев сосны скрученной составляла  $3,7 \pm 0,26$  мм, а сосны обыкновенной –  $3,5 \pm 0,31$  мм.

В данном опыте древесина сосны скрученной обладала более высокой базисной плотностью, чем древесина аборигенной сосны. В целом, за 25-летний период среднее значение базисной плотности древесины скрученной составило  $395 \pm 6,3$  кг/м<sup>3</sup>, что на 7% выше, чем плотность древесины культур сосны обыкновенной ( $368 \pm 6,1$  кг/м<sup>3</sup>). Различия статистически достоверны ( $t_{\text{факт}}=3,08$ ;  $t_{\text{табл}}=1,99$  при  $P=0,05$ ).

## 11.2. Рост и развитие происхождений сосны скрученной в географических культурах

Географические культуры были созданы автором в кв. 90, выд. 10 (л/у 2008 г.) Кинелахтинского лесничества на свежей вырубке из-под двухъярусного березово-елового насаждения. Бывший тип леса – черничный, площадь опыта – 3,5 га. Посадка выполнена весной 1996 г. под меч Колесова однолетними тепличными сеянцами с открытой корневой системой. Схема опыта включала 15 происхождений интродуцента из естественного ареала (рис. 16), провинция Юкон (Канада).

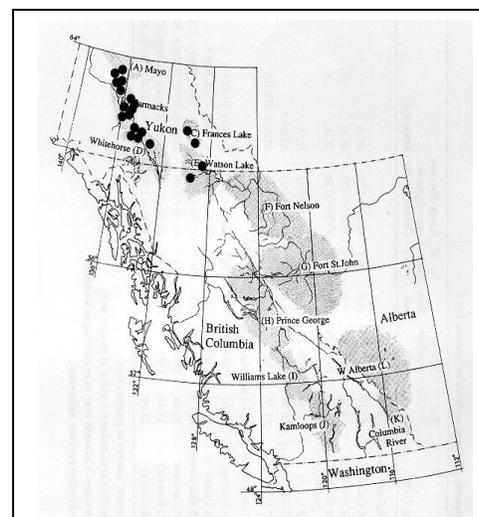


Рис. 16. ●- происхождения сосны скрученной в опыте «Кинелахта»

В 2005 г. в культурах была заложена постоянная пробная площадь площадью 0,35 га, данные по которой приводятся в таблице 12. На пробной площади сосна обыкновенная была представлена не отдельными рядами, а в качестве примеси в рядах сосны скрученной. На момент учета осенью 2013 г. сосна скрученная превосходила сосну обыкновенную по высоте и диаметру на 28,6% и 21,7% соответственно, а по объему ствола – на 43,4%. Из 15 испытанных происхождений экзота в настоящее время три статистически достоверно превосходят общие средние показатели сосны скрученной: по диаметру ствола на 9,5%, по высоте на 4,0%.

Таблица 12 – Таксационные показатели культур «Кинелахта»

Показатели	Сосна скрученная		Сосна обыкновенная	
	2005 г.	2013 г.	2005 г.	2013 г.
Число стволов, шт./га	1017	909	228	219
запас, м <sup>3</sup> /га	5,2	27,7	0,50	4,6
Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	0,0051	0,0304	0,0022	0,0212
Средний диаметр, см	4,5	8,4	3,0	6,9
Средняя высота, м	3,6	8,1	2,7	6,3
Относительная полнота	0,15	0,30	0,02	0,06
Отпад, м <sup>3</sup> /га	-	0,35	-	0,008
Прирост, м <sup>3</sup> /га	-	2,9	-	0,51

### 11.3. Рост и развитие происхождений сосны скрученной на лесосеменной плантации

Опытный участок корнесобственной ЛСП сосны скрученной площадью 6,4 га был создан сотрудниками лесной опытной станции ЛенНИИЛХа (Мордасем А.А., Раевским Б.В.) совместно с работниками Олонецкого лесничества весной 1991 г. на одном из полей производственной лесосеменной плантации (61°00' с.ш., 33°00' в.д.). Посадку осуществляли по схеме 5\*6 м, 3-летними перешколенными саженцами (1т+2) с рядовым рендомизированным размещением вариантов в блоке (100 растений в ряду). Повторность вариантов - двукратная. В опыте сосна скрученная была представлена девятью происхождениями, семена популяционного сбора из нормальных естественных насаждений канадских провинций Юкон и Британская Колумбия. Контролем являлись саженцы сосны обыкновенной, выращенные из образца семян общего сбора с Олонецкой ЛСП.

Наблюдения показали, что для сосны скрученной характерно одновременное появление женского и мужского цветения, более обильного и в более раннем возрасте чем у сосны обыкновенной (табл.13). Саженцы экзота вступили в генеративную стадию в 4-х летнем лесокультурном возрасте. Шишки у сосны скрученной даже раскрывшись не опадают, поэтому данные учета цветения сезона

1996 г., озими и старых шишек, позволили оценить динамику репродуктивных процессов за три года (1994-1996) и составить прогноз на 1997 г.

У сосны обыкновенной семенного происхождения первые макростробилы появились только на 6-й сезон роста на плантации. Мужского цветения не было совсем. Интенсивность репродуктивных процессов у сосны скрученной была гораздо выше, чем у сосны обыкновенной и, начиная с 1994г., она непрерывно нарастала. Фактически 1997 г. был урожайным для происхождений экзота.

У сосны скрученной наблюдается тесная положительная корреляция между широтой происхождения варианта и долей (%) деревьев с женским цветением ( $r=0,83$ ), а также числом макростробилов на одно дерево ( $r=0,88$ ). С увеличением широты происхождения увеличивается число цветущих растений и число макростробилов на них. Группа происхождений экзота из провинции Юкон двукратно превосходила группу из провинции Британская Колумбия по среднему числу макростробилов на одно дерево. В отличие от сосны обыкновенной, у экзота уже в 5-летнем возрасте наблюдалось довольно обильное мужское цветение, причем северные происхождения интродуцента имели на 10% больше деревьев с микростробилами, чем центральные. По остальным показателям, характеризующим мужское цветение, разница между ними была несущественной. Достоверной корреляции обилия микростробилов с широтой происхождения выявлено не было.

Таблица 13 – Мужское и женское цветение сосен скрученной и обыкновенной на ЛСП в 1996 г.

Северная широта, град.	Число макростробилов, шт.		Доля деревьев с макростробилами, %	Число микростробилов, шт.		Доля деревьев с микростробилами, %
	среднее	максимум		среднее	максимум	
Сосна скрученная (Юкон)						
61°00'-63°20'	15,0	74,4	77,0	4,5	39,2	37,2
Сосна скрученная (Британская Колумбия)						
55°30'-59°10'	7,0	29	55,3	3,4	35	27,3
Сосна обыкновенная						
61°00'	0,2	4	8,6	0,0	0	0,0

Раннее и обильное цветение и плодоношение сосны скрученной позволяет обойтись без процедуры прививки при создании лесосеменных плантаций, что дает возможность наметить путь корнесобственных семейственных ЛСП в качестве основного в семеноводстве данного интродуцента.

#### 11.4. Выводы и рекомендации

На основании многолетних исследований сохранности, роста и развития 31 происхождения сосны скрученной на лесосеменной плантации и в географических культурах в разделе сформулированы выводы и рекомендации по разведению сосны скрученной в Карелии.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Лесосеменное районирование сосны обыкновенной в Карелии следует совершенствовать путем создания системы лесосеменных зон, ориентированных в субширотном направлении. Южнокарельская зона (№1) должна располагаться между  $60^{\circ}40'$  и  $63^{\circ}$  с. ш., следующая (Центральнокарельская, №2) – между  $63^{\circ}$  и  $65^{\circ}$  с. ш., а самая северная (Северокарельская №3) – в районе  $65^{\circ}00'$ - $66^{\circ}40'$  с. ш. Происхождение семян для посева и посадки леса не должно отличаться более чем на  $1,3^{\circ}$  по широте от соответствующей координаты лесокультурной площади. Учет и отбор плюсовых деревьев сосны обыкновенной, группировку их вегетативных потомств (клонов) на лесосеменных плантациях, районирование и использование семян этих клонов в лесовосстановлении необходимо осуществлять на базе данного зонирования.

2. Единый генетико-селекционный комплекс Карелии характеризуется крайне непропорциональным развитием. Ряд таких его важных компонентов как испытательные культуры и архивы клонов, развиты недостаточно. В ближайшее десятилетие площадь плантаций, находящихся на пике своей семенной продуктивности, начнет катастрофически уменьшаться, что ограничит возможности по заготовке улучшенных семян сосны.

3. Все лесосеменные плантации Карелии заложены в Южнокарельском лесосеменном районе. В отношении местных клоновых потомств сосны выявлено, что в одинаковом возрасте различные клоновые наборы на разных плантациях сходны по своей габитуальной структуре и другим биометрическим параметрам. Данная закономерность позволяет рассчитать общую для них кривую роста. По сравнению с местными клоновыми потомствами клоны северного происхождения растут медленнее, а южного – быстрее. Параметры вегетативного роста сосны в значительной степени контролируются генотипом, что делает здесь эффективным клоновый отбор по прямым признакам. Ни один из признаков, характеризующий продуктивность древостоев, где велся отбор плюсовых деревьев, и ни один из параметров материнских ПД не имели статистически значимой корреляции с ростовыми характеристиками своих клонов. Поэтому, определить заранее ранговое положение клона по росту на ЛСП не представляется возможным. Тесная корреляция между высотой и величиной годичного прироста в высоту

клона уже в первые три – пять вегетационных сезонов после посадки с его средней высотой в старшем возрасте дает возможность ранней идентификации быстрорастущих клонов по прямому признаку.

4. Интенсивность мужского и женского цветения строго контролируются генотипом, при этом суммарное влияние генотипа клона и погодных условий отвечает не менее чем за 80% наблюдаемого статистического разнообразия по обилию макростробилов. Тесная положительная корреляция среднего количества макростробилов за первое пятилетие с момента появления женского цветения со среднемноголетним баллом цветения клона позволяет осуществлять селекционную оценку вегетативных потомств плюсовых деревьев по данному прямому признаку в течение первых десяти лет с момента посадки плантации. Изложенная в настоящей работе система прогноза и учета урожая шишек и семян на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной является дальнейшим развитием метеорологического метода, предложенного Д.Я. Гиргидовым в начале 60-х гг. XX века.

5. Анализ структурных характеристик урожая шишек клонов сосны обыкновенной выявил, что размеры шишки, ее форма, склонность образовывать повышенное или, наоборот, пониженное число полнозернистых семян, их крупность, в значительной мере контролируются генотипом. На индивидуальном уровне это очень устойчивые признаки, которые могут служить целям идентификации клоновых потомств. Независимо от своего клонового состава все ЛСП сосны, вступившие в стадию массового цветения и плодоношения, в возрастном промежутке от 10 до 30 лет включительно, имеют очень близкие средние параметры шишек и семян. Размерно-весовые параметры шишек и семян практически не имеют значимой корреляции с показателями вегетативного роста и особенностями габитуса клонов. Способность того или иного клона образовывать повышенное число полнозернистых семян в шишке определяется высокой степенью совпадения периода максимальной рецептивности его макростробилов с апогеем вылета пыльцы на данной плантации (поле). Гены, контролирующие габитус, обилие репродуктивных процессов, линейные размеры шишки, феноритмотип и массу семени, по всей видимости, находятся в разных группах сцепления, и эти признаки, соответственно, наследуются в значительной степени независимо друг от друга.

6. Выявлена достоверная положительная корреляция ( $r=0,51-0,72$ ) между основными биометрическими показателями варианта, прямо характеризующими размеры сеянцев, с количеством верхушечных почек и долей особей с трёхвойными пучками. Наблюдалась положительная связь между вышеуказанными признаками и средним приростом материнского клона в высоту ( $r=0,34; 0,46$ ). Расчёт коэффициента наследуемости в узком смысле ( $h^2=\sigma^2A/\sigma^2ph$ ) для набора исследуемых клонов по результатам 3-х лет роста их семенного потомства в испытательных культурах дал величину  $h^2=0,52$ . Всего по

показателям вегетативного роста, репродуктивной активности и росту семенного потомства было отобрано 7 лучших клонов, что составило примерно 10% от исходного числа всех исследованных.

7. Исследование сохранности, роста и развития 31 провениенции сосны скрученной в географических культурах позволили заключить, что интродуцируемая порода (экзот) успешно проходит процесс акклиматизации и натурализации в почвенно-климатических условиях подзоны средней тайги Карелии. При совместном выращивании с аборигенной сосной обыкновенной она успешно встраивается в систему связей формирующегося культурфитоценоза и становится его органической частью. В новых для себя условиях экзот сохраняет свою способность к быстрому росту на ювенильной и виргинильной стадиях развития, быстро переходит к генеративной стадии и образует всхожие семена.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Учитывая современное состояние ЕГСК Карелии необходимо немедленно возобновить работы по отбору плюсовых деревьев, выращиванию привитого посадочного материала и закладке лесосеменных плантаций.

2. Отбор ПД вести с учетом предлагаемого лесосеменного зонирования по сосне обыкновенной таким образом, чтобы обеспечить формирование в каждой зоне набора ПД численностью не менее 500-600 экземпляров.

3. При закладке новых ЛСП в пределах отдельного поля плантации или его части группировать высаживаемые клоны с учетом происхождения их материнских ПД по лесосеменным зонам.

4. Заготовку семян с ЛСП вести с учетом происхождения клонов. Посадочный материал, выращенный из этих семян, использовать для закладки культур в той же зоне, где произрастают(ли) материнские ПД соответствующих клонов.

5. С целью перехода с этапа создания ЛСП I,5 и II порядков приступить к селекционно-генетической оценке наборов клонов, представленных на существующих ЛСП I порядка, в соответствии с предложенной методикой.

6. Прогноз и количественный учет урожая шишек и семян сосны производить на ЛСП с использованием предлагаемой системы метеопрогноза.

7. Создание культур сосны скрученной подвид широкохвойная осуществлять на дренированных супесчаных и легкосуглинистых по механическому составу почвах Северо-Запада таежной зоны России в широтном диапазоне между 60°40' и 65°00' с. ш.

8. Выращивание посадочного материала (однолетних тепличных сеянцев с открытой и закрытой корневой системой, крупномерных перешколенных саженцев) и закладку культур производить с использованием агротехники и технологии, принятой для сосны обыкновенной.

9. В пределах лесосеменных зон №1 и 2 использовать семена сосны скрученной происхождения из естественного ареала в диапазоне 59° – 64°00'с.ш., главным образом с территории Юкона (Канада).

10. Постоянную лесосеменную базу сосны скрученной организовывать на базе корнесобственных семейственных лесосеменных плантаций, закладываемых по агротехнике и технологии, принятой для сосны обыкновенной.

## **ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в изданиях из перечня ВАК**

1. Раевский, Б.В. Всхожесть семян и рост сосны скрученной в Карелии / А.А. Мордась, Б.В. Раевский // Лесоведение. – 1992. – №1. – С.89-94.
2. Раевский, Б.В. Фенология и особенности развития сосны скрученной на ранних этапах онтогенеза / Б.В. Раевский // Лесной журнал. – 1992. – 2. – С.35-40.
3. Раевский, Б.В. Интродукция сосны скрученной в Южной Карелии / Б.В. Раевский, А.А. Мордась // Лесоведение. – 1998. – № 6. – С.80-85.
4. Раевский, Б.В. Рост и продуктивность испытательных культур сосны скрученной в Южной Карелии / Б.В. Раевский, А.А. Мордась // Лесной журнал. – 2000. – №5-6. С.74-81.
5. Раевский, Б.В. Ход роста культур сосны скрученной в подзоне средней тайги / Б.В. Раевский, А.А. Мордась // Лесной журнал. – 2005. – №1-2. С.22-32.
6. Раевский, Б.В. Изменчивость и взаимосвязь морфологических признаков и биометрических показателей сеянцев сосны обыкновенной / А.А. Мордась, Б.В. Раевский, Е.В. Данилова // Вестник Московского университета леса «Лесной вестник». – 2006. – №6 (48). – С26-33.
7. Раевский, Б.В. Изменчивость и взаимосвязь морфологических признаков и биометрических показателей сеянцев сосны и ели / Б.В. Раевский, Мордась А.А., Ильинов А.А. // Лесной журнал. – 2007. – №6. – С. 25-31.
8. Раевский, Б.В. Некоторые результаты интродукционных испытаний сосны скрученной в южной Карелии / Б.В. Раевский // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2009. – №7(101). – С 51-59.
9. Раевский, Б.В. Ход роста географических культур сосны обыкновенной в Карелии / Б.В. Раевский // Ученые записки ПетрГУ. – 2011. – №6(119). – С. 65-69.
10. Раевский, Б.В. Пространственное размещение плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии / Б.В. Раевский // Труды Карельского научного центра Российской Академии Наук . – 2012. – №1.– Серия Биogeография. – Выпуск 13. – С. 126-129.

11. Раевский, Б.В. Прогноз урожая шишек и семян на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной в Карелии / Б.В. Раевский // Хвойные бореальной зоны. – 2012. – Том XXX. – № 1-2. – С. 80-86.
12. Раевский, Б.В. Сохранение и использование лесных генетических ресурсов хвойных лесобразующих видов в Карелии / Б.В. Раевский, Щурова М.Л. // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2012. – №8 (129). – Т.1. С.61-64.
13. Раевский, Б.В. Особенности вегетативного роста клонов сосны обыкновенной в Карелии / Б.В. Раевский // Лесной журнал. – 2013. – №4. – С. 7-15.
14. Раевский, Б.В. Современное состояние и перспективы развития единого генетико-селекционного комплекса Карелии / Б.В. Раевский // Лесной журнал. – 2013. – №5. – С. 88-95.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ**

1. Раевский, Б.В. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной на Европейском Севере: методические рекомендации / А.А. Мордась, Б.В. Раевский. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. – 45 с.
2. Раевский, Б.В. Селекционно-генетическая оценка клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях 1 порядка : учебно-методическое пособие / Б.В. Раевский, А.А. Мордась. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. – 91 с.
3. Раевский, Б.В. Система прогноза и учета урожая шишек и семян на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной в Карелии: методические рекомендации / Б.В. Раевский. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. – 36 с.

### **СТАТЬИ В СБОРНИКАХ, ЖУРНАЛАХ, МАТЕРИАЛАХ КОНФЕРЕНЦИЙ, ГЛАВЫ В МОНОГРАФИЯХ**

1. Опыт создания культур сосны скрученной в Карелии / А.А. Мордась, Б.В. Раевский, Е.В. Стафеева // Удобрения и гербициды в лесных питомниках и культурах. Петрозаводск: КФАН СССР. – 1987. – С.140-151
2. Раевский, Б.В., Рост и продуктивность культур сосны Муррея / А.А. Мордась, Б.В. Раевский // Опыт выращивания лесных культур для восстановления лесосырьевых баз. М.: ВНИЭПИлеспром. – 1988. – Экспресс информ. – Вып. 3. – 25 с.
3. Раевский, Б.В. Динамика цветения и урожайность клонов сосны обыкновенной различных происхождений / А.А. Мордась, А.П. Богомаз, Б.В. Раевский, Е.В. Стафеева // Создание высокопродуктивных культур. Л.:ЛенНИИЛХ. – 1988. – С.105-112.
4. Раевский, Б.В. Повышение продуктивности и резистентности лесов методами селекции и интродукции / А.А. Мордась, Б.В. Раевский // Анатомия, физиология и экология лесных растений. Петрозаводск: КарНЦ РАН. – 1992. – С. 121-125.

5. Раевский, Б.В. Особенности развития сосны скрученной на ранних этапах онтогенеза / Б.В. Раевский // Селекция и лесное семеноводство в Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. – 1993. – С.130-139.
6. Раевский, Б.В. Рост и продуктивность сосны скрученной на ранних этапах онтогенеза / Б.В. Раевский // Лесное хозяйство. – 1997. – № 5. – С.45-47.
7. Раевский, Б.В. Рост и сохранность географических культур сосны обыкновенной в Карелии / Б.В. Раевский, Б.А. Чистяков // Научные основы селекции древесных растений. Петрозаводск: КарНЦ РАН. – 1998. – С.32-43
8. Раевский, Б.В. Рост, цветение и плодоношение сосны скрученной на ЛСП в Южной Карелии / А.А. Мордась, Б.В. Раевский // Научные основы селекции древесных растений. Петрозаводск. КарНЦ РАН. – 1998. – С.43-50.
9. Раевский, Б.В. Рост и развитие полусибсового потомства сосны обыкновенной на ранних этапах онтогенеза / А.А. Мордась, Б.В. Раевский, Е.В. Акимова // Научные основы селекции древесных растений. Петрозаводск: КарНЦ РАН. – 1998. С. 43-50.
10. Раевский, Б.В. Географические культуры сосны обыкновенной в Российской Карелии. Scots pine provenance trial in the Republic of Karelia / Б.В. Раевский // Лесовосстановление на Европейском Севере. Матер. финл.-росс. семинара. Proceedings of the Fnn.-Russ. Seminar “Forest regeneration in the Northern part of Europe”. Vantaa. – 1998. – С.105-111.
11. Раевский, Б.В. Внутривидовое разнообразие сосны и ели (Гл. 3.1.2) / А.А. Ильинов, Б.В. Раевский // Разнообразие биоты Карелии: Условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск. – 2003. – С.91-98.
12. Раевский, Б.В. Особенности роста и размножения сосны скрученной в Карелии / Б.В. Раевский, А.А. Мордась // Растительность и растительные ресурсы Европейского Севера России. Архангельск. – 2003. – С.235-239.
13. Раевский, Б.В. Внутривидовая изменчивость сосны обыкновенной в искусственных фитоценозах / Б.В. Раевский, А.А. Мордась // Растительность и растительные ресурсы Европейского Севера России. Архангельск. – 2003. – С.126-127.
14. Раевский, Б.В. Опыт интродукции сосны скрученной на Европейском Севере России. / Б.В. Раевский // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Апатиты. – 2004. – Ч.2. – С. 78-80.
15. Раевский, Б.В. Опыт интродукции сосны скрученной на Европейском Севере России. / Б.В. Раевский, А.А. Мордась // Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты. Петрозаводск. – 2004. – С. 307-310.
16. Раевский, Б.В. Продуктивность и устойчивость происхождений сосны скрученной на европейском севере России / Б.В. Раевский // Современные экологические проблемы Севера. Апатиты. – 2006. – Часть 1. – С.114-115.
17. Раевский, Б.В. Генетический и репродуктивный потенциал семенных

плантаций хвойных в Карелии / Б.В. Раевский, А.А. Мордась // Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика. Петрозаводск. – 2006. – С. 173-175.

18. Раевский, Б.В. Использование фактора географической изменчивости у сосны обыкновенной при искусственном восстановлении нарушенных лесных экосистем / Б.В. Раевский // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Апатиты. – 2008 г. – Часть 2. – С. 86-90.

19. Раевский, Б.В. Динамика вегетативного роста и репродуктивных процессов клонов сосны обыкновенной на семенных плантациях Карелии / Б.В. Раевский // Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе. Гомель. – 2009. – С. 121-124.

20. Раевский, Б.В. Актуальные проблемы лесного селекционного семеноводства в Карелии / Б.В. Раевский, М.Л. Щурова // Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления. Петрозаводск. – 2009. – С.137-138.

21. Раевский, Б.В. Ход роста смешанных культур сосны скрученной и сосны обыкновенной в южной Карелии / Б.В. Раевский // Известия Коми НЦ Уральского отделения РАН. –2010. – №1. – С. 31-38.

22. Раевский, Б.В. Современное состояние и перспективы селекционного семеноводства хвойных в Карелии / Б.В. Раевский, М.Л. Щурова // Леса России в XXI веке. СПб: СПбЛТА. – 2010. – С. 163-166.

23. Раевский, Б.В. Метеорологический метод прогноза обилия семеношения лесосеменных плантаций сосны обыкновенной / Б.В. Раевский // Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири. Красноярск. – 2011. – С121-122.

24. Раевский, Б.В. Система прогноза урожая шишек и семян на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной в Карелии / Б.В. Раевский // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. СПб: СПбНИИЛХ. – 2012. – Часть 1.. – С.133-138.

25. Раевский, Б.В. Анализ структурных характеристик набора плюсовых деревьев сосны в Карелии / Б.В. Раевский Б.В., М.Л. Щурова // Лесное хозяйство. –2013. – №2. – С. 24-26.

26. Раевский, Б.В. Перспективы выращивания сосны скрученной в южной Карелии / Б.В. Раевский, А.Н. Пеккоев // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. СПб: «СПбНИИЛХ». –2013. – Ч. 2. – С. 180-190.

12 работ опубликовано в сборниках тезисов российских и международных совещаний, конференций и симпозиумов.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим отправлять по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д.5, Лесотехнический университет, Ученому секретарю диссертационного совета.