

**На правах рукописи**

**ШАНЬГИНА Надежда Павловна**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ  
ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ  
ПОД ПОЛОГОМ ЕЛЬНИКОВ  
ЧЕРНИЧНЫХ**

**06.03.02. – «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство  
и лесная таксация»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Архангельск – 2011**

Работа выполнена в ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Феклистов Павел Александрович

Официальные оппоненты: Петрик Виталий Васильевич – доктор с.-х. наук,  
профессор

Дрожжин Дмитрий Петрович – канд. с.-х. наук

Ведущая организация: ФГОУ ВПО  
Вологодская государственная  
молочнохозяйственная академия имени  
Н.В. Верещагина

Защита состоится 15 декабря 2011 г. в 11 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 212.008.03 при ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет», по адресу: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, главный корпус, 1228 ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет»

Автореферат разослан «\_\_\_» ноября 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Клевцов Д.Н.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность проблемы.

Хвойные леса занимают обширную территорию Архангельской области. Их доля от общего лесного фонда оставляет 58,3%. Из них наиболее распространёнными являются ельники черничники – 58% от общего числа хвойных лесов (Гусев и др., 1996; Андреев, 1998). Еловые леса играют важную средообразующую роль и являются источником ценной древесины. Наряду с этим площадь этих лесов неуклонно сокращается в результате хозяйственной деятельности человека. На месте еловых насаждений после рубок появляются лиственные леса, так как под пологом исходных древостоев не было, или было недостаточное количество елового подроста. Площадь лиственных лесов постоянно растёт (Ермакова, 1986; Сизоненко, 2004; Шабаева и др., 2009). Таким образом, происходит нежелательная смена пород. Почему под пологом ельников мало или нет подроста не совсем ясно. Нет достаточных данных, от каких факторов зависит естественное возобновление ели под пологом леса. О том, какие факторы определяют возобновление ели под пологом леса публикаций крайне мало (Злобин, 1962; Бобкова, 2006; Газизуллин, 2009; Давыдычев, 2009).

**Цель и задачи работы.** Целью исследований является изучение естественного возобновления ели под пологом в ельниках черничных и влияние на него экологических факторов. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить количество и качество подроста под пологом ельников черничных;
- выявить влияние на естественное возобновление следующих факторов: освещённости, влажности и температуры воздуха, толщины лесной подстилки, живого напочвенного покрова;
- оценить запас семян древесных пород в почве и подстилке;
- определить состояние морфометрических показателей елового подроста.

**Научная новизна.** В работе впервые изучено влияние совокупности экологических факторов на естественное возобновление под пологом ельников черничных. Получены данные о морфометрических показателях елового подроста и его хвои и впервые эти данные рассмотрены применительно для разных категорий крупности елового подроста. Определен индекс листовой поверхности елового подроста по категориям крупности и получены данные о почвенном банке семян древесных пород в ельниках черничных.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационных исследований отражены в докладах, представленных на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных, инженерно-технических работников и аспирантов АГТУ в 2009, 2010, 2011 гг. (Архангельск); Ломоносовских чтениях в 2010, 2011 гг. (Архангельск);

международной конференции «Проблемы экологии в современном мире в свете учения В.И. Вернадского» (Тамбов, 2010); II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной столетию ПГСГА «Эколого-географические проблемы регионов России» (Самара, 2011); XVIII Всероссийская молодёжная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, 2011).

**Практическая значимость результатов исследования.** Полученные данные могут быть использованы для разработки лесохозяйственных мероприятий по содействию процессу естественного возобновления хвойных лесов северной подзоны тайги, т.к. результаты исследования позволяют комплексно оценить влияние экологических факторов и их последствия на процесс естественного возобновления леса, прогнозировать семенное возобновление и по состоянию подростка оценивать успешность лесовозобновления. Материалы исследований могут быть использованы в учебном процессе в высших учебных заведениях при изучении курсов «Экология», «Лесоведение» и «Лесоводство».

**Личный вклад автора** заключается в обосновании темы, определении цели и задач исследований, выборе участков исследования, разработке и уточнении методики исследований, в проведении полевых работ, анализе, обобщении и интерпретации представленных в диссертации материалов.

**Обоснованность и достоверность результатов исследования** подтверждается большим по объёму и разнообразию экспериментальным материалом, применением научно-обоснованных методик, использованием современных методов обработки, анализа и оценки достоверности данных.

**Публикации.** По материалам исследований опубликовано 8 печатных работ, из них 2 работы в рецензируемых журналах ВАКа.

#### **Структура и объём диссертации.**

Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и приложения. Список литературы включает 210 наименований, в том числе 13 на иностранных языках. Работа изложена на 136 страницах, иллюстрирована 27 рисунками, содержит 17 таблиц и 4 приложения.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Обзор литературы**

Исследования влияния экологических факторов на процесс возобновления леса носят фрагментарный характер и изучены далеко недостаточно (Kozłowski, 1963; Смирнов, 1964; Острошенко, 1982; Бобкова и др., 1989; Schweingruber, 1993; Орлов, 1996 Кищенко, Вантенкова, 2007). Чаще всего, изучению подвергался какой-либо один фактор, а не их комплекс. Влияние температуры воздуха на возобновление изучали М.Е. Ткаченко (1952), И.Т. Кищенко, И.В. Вантенкова (2007), влажности воздуха – Г.Ф. Морозов

(1949), М.Е. Ткаченко (1952), А.А. Молчанов (1961), освещённости – В.А. Алексеев (1975), В.Д. Луганская (1978), Н.А. Луганский (1996), К.С. Бобкова, Э.П. Галенко (2006). Толщина лесной подстилки как фактор возобновления рассматривался следующими авторами: Г.Ф. Хильми (1957), В.Н. Сукачевым (1964), Г.Б. Гортинским и др. (1973), Л.О. Карпаческим (1977, 1981), В.С. Шумаковым (1983), Н.В. Дылисом (1983, 1985), В.В. Никоновым (1986), Л.Г. Богатырёвым (1990). Изучению влияния на подрост живого напочвенного покрова посвящены работы исследователей уже с позапрошлого века: В.Д. Огиевского (1898), В.Н. Любименко (1902), Д. Петрова (1905), А.П. Тольского (1922), Ф.Б. Орлова (1949), Ю.А. Злобин (1960), Е. М. Рунова, В.А. Савченкова (2008). Нередко результаты этих исследований бывают противоречивыми. Кроме этого сам процесс возобновление леса чаще рассматривают с точки зрения количества подроста, когда же его качество играет не менее важную роль.

## **Глава 2. Природные условия района исследований**

Район исследований находится на северо-западе европейской части Российской Федерации, в северной части Архангельской области (Приморский район). Климат района умеренно-континентальный, с продолжительной суровой многоснежной зимой, короткой весной с неустойчивой температурой, относительно коротким умеренно теплым увлажненным летом, продолжительной и сырой осенью.

Средняя годовая температура воздуха  $+0,8$ , продолжительность вегетационного периода 125 дней. Средняя продолжительность безморозного периода 118 дней. Зима длится 165-175 дней. Средняя температура января составляет  $-12^{\circ}\text{C}$ , а самого тёплого месяца (июля)  $+15^{\circ}\text{C}$ . Примерно 75-105 дней длится морозный период с температурой ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . Снежный покров держится 170-180 дней, его средняя высота составляет 45 см. Среднегодовая температура поверхности почвы составляет  $+1^{\circ}\text{C}$ . Наиболее вероятные направления ветра в течение года – юго-западное, юго-восточное, северное и восточное. Средняя годовая относительная влажность варьирует от 78 до 84 % (Агроклиматический справочник по Архангельской области, 1961).

Согласно геоботаническому районированию территория Приморского района входит в европейскую таёжную область, североевропейскую таёжную провинцию (Растительность европейской части СССР, 1980). Согласно лесотаксационному районированию леса Архангельской области относятся к Северо-восточному району европейской части России северо-таёжному подрайону (Лесотаксационный справочник..., 1986). Леса региона представляют собой формации хвойных пород бореальной структуры (Бабич и др., 1999).

### Глава 3. Характеристика объектов и методика исследований

Объекты исследований – ельники черничники. Исследования проводились в средне- и высокополнотных, спелых, приспевающих и перестойных ельниках черничных IV класса бонитета, в составе которых в разных количествах присутствуют сосна, берёза, лиственница, осина. В зависимости от состава древостоя немногочисленный подлесок представлен можжевельником обыкновенным, рябиной обыкновенной, шиповником иглистым, красной смородиной. В исследованных ельниках черничных преобладают подзолистые почвы. В основном это среднеподзолистые иллювиально-железистые почвы на моренном тяжёлом суглинке.

Для исследований использовалась сеть временных пробных площадей, заложенных на территории Архангельского лесничества, подбор и закладка которых осуществлялась с учетом требований ГОСТ 16128-70, ОСТ 56-69-83 и подробно описанных методик (Сукачёв, Зонн, 1961; Юнатов, 1964). Типологическую оценку пробных площадей производилось согласно методическим указаниям В.Н. Сукачёва и С.В. Зонна (1961).

При определении таксационных характеристик древостоев применялись общепринятые в таксации методы (Анучин, 1982; Гусев, 2000).

Анализ естественного лесовозобновления проводился на всех пробных площадях на основе методики Побединского (Побединский, 1993).

Для анализа характера напочвенного покрова закладывались учётные площадок (размером 1 м x 1 м) на каждой пробной площади. На них описывался напочвенный покров по ярусам, при этом выделялось два яруса напочвенного покрова: мохово-лишайниковый и травяно-кустарничковый. Определение проективного покрытия производилось с помощью деревянной рамки размером 1×1 м, разбитой на ячейки 0,1×0,1 м (Раменский, 1971).

Почвенные исследования проводились с учетом ОСТ 56-81-84 и рекомендаций И.Ф. Гаркуши (1961, 1975), Л.Н. Александровой (1976), Е.Н. Наквасиной, Е.В. Шавриной (1998), Е.Н. Наквасиной и др. (2007).

Измерение освещённости проводился днём, когда световая активность максимальная, люксметром Ю-116. Измерения проводили на открытом от леса участке (контроль) на 20 точках и под пологом леса в местах, где есть подрост

Измерения температуры и влажности воздуха при помощи метеометра МЭС-200.

Подрост подразделяли на мелкий – высотой до 0,5 м; средний – 0,5-1,5 м; крупный – более 1,5 м (Полевой справочник таксатора, 1971). Категория состояния по шкале И.С. Мелехова (1999). При измерениях пользовались рекомендациями С.Н. Сеннова, А.В. Грязькина (2006).

Динамику роста подростка ели рассчитывали по формуле, предложенной А.Ю. Кулагиным и др. (2006).

Анализ состояния хвои проводили у 30 деревьев подростка каждой категории крупности на 8 пробных площадях.

В целях изучения влияния живого напочвенного покрова на естественное лесовозобновление проводили оценку проективного покрытия растений рядом с деревцами подроста.

Влияние толщины лесной подстилки на процесс естественного лесовозобновления определяли с помощью измерения её мощности линейкой с точностью до 0,5 см (Воробейчик, 1997).

Образцы подстилки и почвы для определения запаса семян брали металлической призмой со сторонами 5 см. Методом ручного перебора в лаборатории отбирались семена (Работнов, 1958; Сидорова, 2009). Видовую принадлежность семян определяли с помощью определителей (Андронов и др., 1940; Чепик, 1985), а жизнеспособность еловых и семян лиственницы - методом флотации.

В результате проведенных исследований было заложено 20 пробных площадей. На пробных площадях была проведена полная таксация древостоя. Были измерены диаметры и высоты у 800 деревьев. Для определения возраста взято 700 кернов. С целью изучения проективного покрытия растений живого напочвенного покрова для определения типа леса было заложено 200 учетных площадок. Для изучения естественного лесовозобновления было заложено 600 площадок. Для изучения влияния экологических факторов на естественное возобновление было исследовано 523 штуки подроста: проведено по 6276 замеров освещенности и влажности, 4184 замера температуры и 10460 замеров толщины лесной подстилки. Почвенный запас семян определялся по 160-ти образцам почвы и подстилки. Морфометрические показатели подроста были проведены у 480 деревьев, хвои – 840, всего 7000 штук хвоинок.

#### **Глава 4. Естественное возобновление в ельниках черничных**

В данной главе представлены результаты изучения естественного возобновления по количественному и качественному состоянию подроста под пологом. Возобновление в исследуемых ельниках представлено только елью. Подрост распределён по площади неравномерно. Его расположение носит групповой характер (куртинный). Также было отмечено, что наибольшее количество подроста ели было сосредоточено на разлагающемся валежнике, покрытом мхами, на пнях или около них, около стволов крупных деревьев и на более открытых участках леса.

Благонадёжный подрост ели на всех пробных площадях численно превосходит подрост других категорий состояния и составляет от 1667 до 3834 шт. /га (Рис.1).

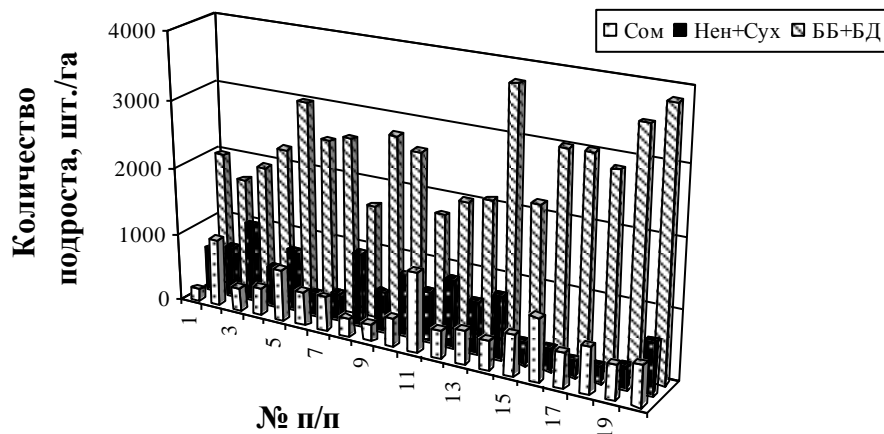


Рис. 1. Общее количество подроста

На втором месте по количеству - «неблагонадёжный» подрост. Это та категория подроста, которая уже точно не будет играть никакой роли в возобновительном процессе. Она состоит, в основном, из среднего и крупного по высоте подроста и составляет 332 – 1167 шт./га. «Сомнительного» подроста ели на пробных площадях меньше всего от 166 до 1166 шт./га.

Количественно преобладает средний и мелкий подрост ели категории «ББ». Количество «безукоризненно благонадёжного» мелкого подроста колеблется от 167 до 1334 шт./га, среднего – от 83 до 1000 шт./га. Крупный подрост данной категории практически отсутствует и составляет 0 – 83 шт./га. Такое малое количество благонадёжного крупного подроста ели можно объяснить тем, что на возобновление влияет целый ряд факторов, которые с течением времени не позволяют (или становятся неблагоприятными) крупному подросту продолжить своё развитие и подрост, не достигнув стадии тонкомера, начинает отмирать.

В категории «БД» численно преобладает средний подрост. Его количество составляет от 167 до 1417 шт./га. Мелкого подроста той же категории существенно меньше – 83 – 917 шт./га. Ну а крупного подроста ели категории «БД» тоже мало, как и предыдущей категории (0 – 583 шт./га).

Еловый подрост сомнительной категории чаще встречается у крупного и среднего по высоте подроста. Так же очень мало мелкого подроста категории «Нен» – разница существенна (от 0 до 167 шт./га). А вот сухой подрост встречается в равном количестве у всех категорий крупности. Это можно объяснить негативным влиянием факторов окружающей среды или внутренними причинами на протяжении всего развития растений. Причем на каждой стадии формирования подроста причины отмирания могут быть различными.

Количество еловых семян от 100 до 760 шт./м<sup>2</sup>. Однако процент жизнеспособных семян очень низок или их нет вообще. Основная часть семян в ельниках сосредоточена в верхних слоях подстилки. Там же и находится большая масса жизнеспособных семян. Это можно объяснить очень толстой подстилкой (5,02 -7,31 см), которая препятствует проникновению семян вглубь и прорастанию жизнеспособных семян. При отборе семян выяснилось и то,

что свободных семян ели в почве и подстилке практически нет, т.е. наибольшее количество семян присутствуют вместе с шишками.

Зависимость количества благонадёжного подроста от количества семян выражается логарифмической функцией (Рис.2).

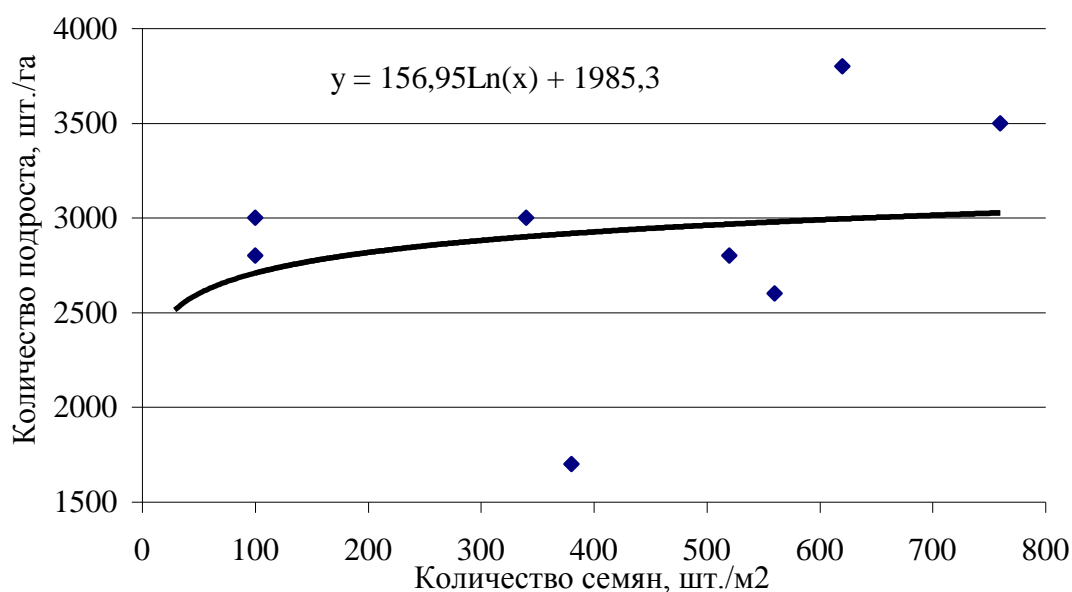


Рис. 2. Зависимость количества благонадёжного подростка ели от количества семян почве.

Корреляционный анализ, проведённый между показателями количество благонадёжного подростка и количество семян в почве, показал, что зависимость между этими параметрами тесная, график функции криволинейный, так как корреляционное отношение составляет  $0,71 \pm 0,10$  (достоверность 7,0). То есть, при увеличении количества семян ели в почве еловых древостоев, увеличивается количество благонадёжного подростка ели. Для успешного возобновления необходимо не менее  $500 \text{ шт./м}^2$  семян.

## Глава 5. Влияние экологических факторов на естественное возобновление ельников

Максимальное количество благонадёжного подростка по всем пробным площадям находится при относительной к открытому месту освещённости в пределах от 15 до 60 % (Рис. 3). Это примерно в пределах от 800 – 3500 Lx (при среднем значении освещённости открытого пространства 5566 Lx).



Рис.3. Изменение количества подроста в зависимости от освещённости

Корреляционный анализ влияния освещённости на количество благонадёжного подроста показал, что связь между этими показателями значительная и криволинейная, так как корреляционное отношение намного больше коэффициента корреляции и показатели эти достоверны. Корреляционное отношение на 1,5,6 пробных площадях составляет 0,61. На пробных площадях 2,3,4 – 0,50, что так же свидетельствует о значительной связи между этими показателями.

Влажность воздуха, при которой было обнаружено наибольшее количество подроста ели – 73-83%. Влажность воздуха открытого пространства в момент исследований составляла 50-60%. По результатам корреляционного анализа связь между количеством подроста и влажностью криволинейная. Корреляционное отношение на 3,5,6 пробных площадях составляет 0,87, на 1,2,4 – 0,56.

Влажность воздуха над поверхностью почвы (под деревцем подроста) сильно отличается от влажности воздуха измеренной над вершиной елового подроста. Разница во влажности воздуха в зависимости от положения достигает 7-11%. Наиболее высокую влажность воздуха в приземистом слое можно объяснить тем, что напочвенный покров, который в ельниках представлен в основном мхами, способен задерживать достаточное большое количество влаги.

Что касается температуры, оптимальной для возобновления, то определённой зависимости по отношению к количеству благонадёжного подроста не было выявлено. Значения коэффициента корреляции и корреляционного отношения низки, что свидетельствует о незначительной связи между этими показателями. Но было установлено, что температура воздуха в ельниках черничных различна в зависимости от места положения измерительного прибора относительно подроста. Эта разница в зависимости от места положения измерительного прибора, может достигать 1 градуса. В целом можно сказать, что температура над поверхностью почвы выше, чем на

некотором удалении от неё. Это говорит о том, что ельники способствуют не только нагреванию почвы (которая отдаёт тепло в приземистый слой воздуха), но и сохранению тепла в течение дня.

Толщина подстилки является препятствием для возобновления во всех исследуемых ельниках. Ограничивает возобновление в ряде ельников толщина 3,5-4,5 см, а в других 5,5 см и толще. Интересно, что для половины пробных площадей справедлива первая цифра, а для другой половины вторая. Это позволяет предположить, что существуют и другие ограничивающие факторы предварительного возобновления. И, тем не менее, из результатов следует, что при увеличении толщины подстилки количество появившегося подроста резко падает, но, в то же время, при тонкой подстилке (меньше 0,5 см) количество подроста также очень мало (Рис.4.).

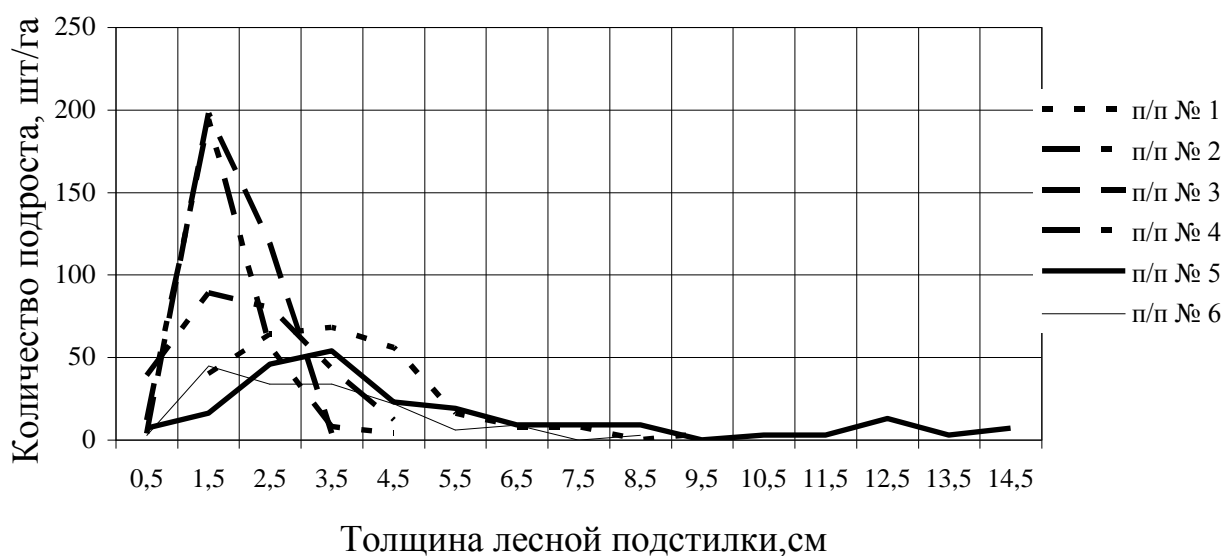


Рис. 4. Зависимость количества благонадёжного подроста от толщины лесной подстилки

Корреляционный анализ влияния толщины подстилки на количество подроста под пологом ельников показывает, что связь между этими признаками весьма тесная и криволинейная. Корреляционное отношение достоверно, существенно выше коэффициента корреляции, показатель криволинейности достаточно высок. Корреляционное отношение на пробных площадях 1,5,6 составляет 0,79, а на пробных площадях 2,3,4 - 0,88, что свидетельствует о тесной связи.

Живой напочвенный покров в районе исследований образован двумя ярусами: травяно-кустарничковым и мохово-лишайниковым. При проективном покрытии растений травяно-кустарничкового яруса 70-90% наблюдается наименьшее количество подроста на всех пробных площадях (рис. 5).

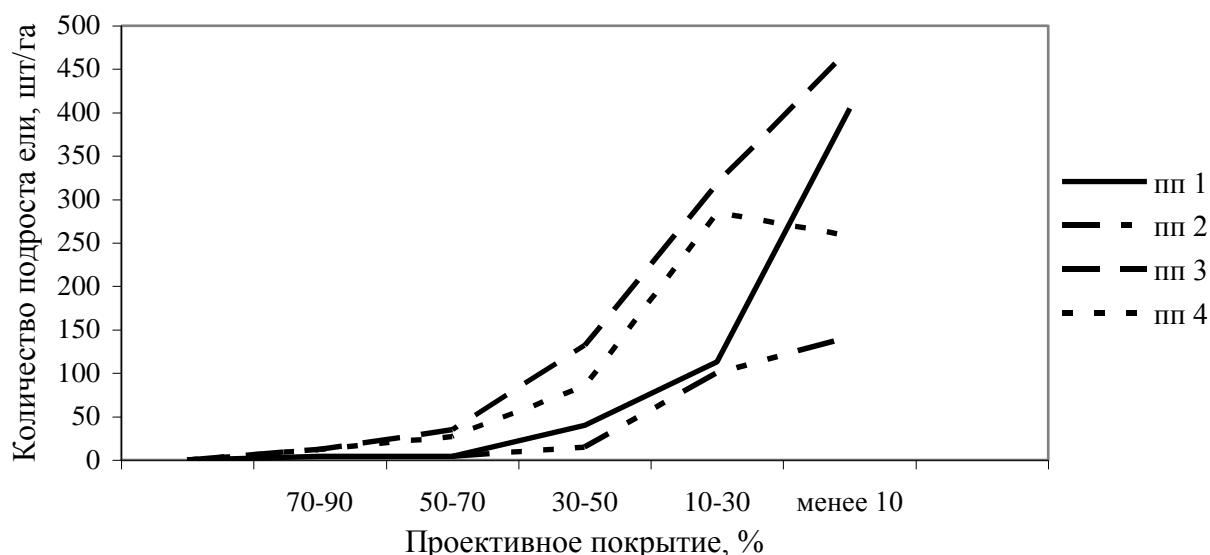


Рис. 5. Зависимость количества подроста от проективного покрытия растений травяно-кустарничкового яруса

Количество благонадёжного подроста ели увеличивается при уменьшении проективного покрытия растений травяно-кустарничкового яруса до 30-50%.

Зависимость количества подроста ели от проективного покрытия мохово-лишайникового яруса не так ярко выражено (рис. 6), но тем не менее, количество подроста ели на п/п № 1,3, 4 увеличивается при снижении проективного покрытия до 50-70%. На п/п № 2 – при проективном покрытии 30-50%.

Наибольшее количество благонадёжного подроста ели наблюдается при преобладании в травяно-кустарничковом ярусе черники (*Vaccinium myrtillus L.*) и кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella L.*), а в мохово-лишайниковом – птилиума гребенчатого (*Ptilium crista-castrensis Hedw.*) и ритидиладельфуса трёхгранного (*Rhytidiadelphus triquetrus Hedw.*). Ритидиладельфус трёхгранный не самый типичный вид для данных типов ельников (его количество в составе напочвенного покрова невелико), но мы судили о его количестве исходя из учётных площадок размером 25x25см у каждого дерева подроста ели. В непосредственной близости от подроста данный вид растений показал достаточно высокое обилие.

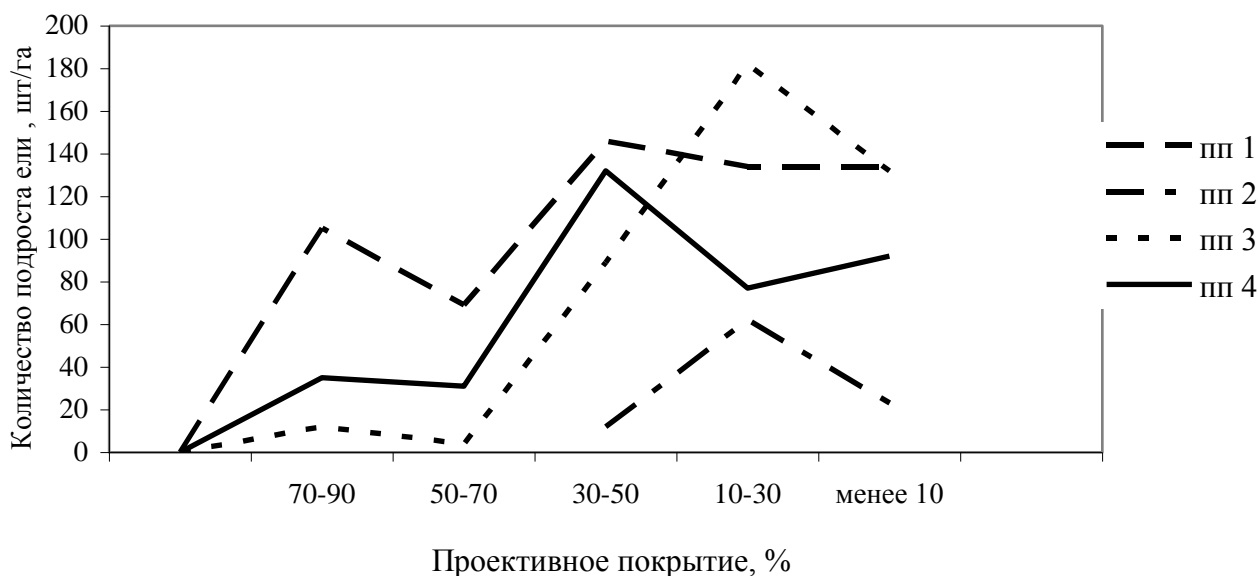


Рис. 6. Зависимость количества подроста ели от проективного покрытия растений мохово-лишайникового яруса

## Глава 6. Морфометрические показатели подроста ели

Средний возраст хвои на ветке по всем пробным площадям составляет: у мелкого подроста - 3 года, у среднего - 5 лет, у крупного подроста - 7 лет (Рис.7.). У мелкого подроста чаще встречается хвоя 3-х - и 4-х - летняя, что соответствует 35% и 31% от общего числа растений. У среднего: 4-х-летняя - 24% и 7-ми-летняя (24% и 20%). А у крупного подроста наибольший процент (31%) приходится на 7-ми-летнюю и 19% на 6-ти-летнюю хвою.

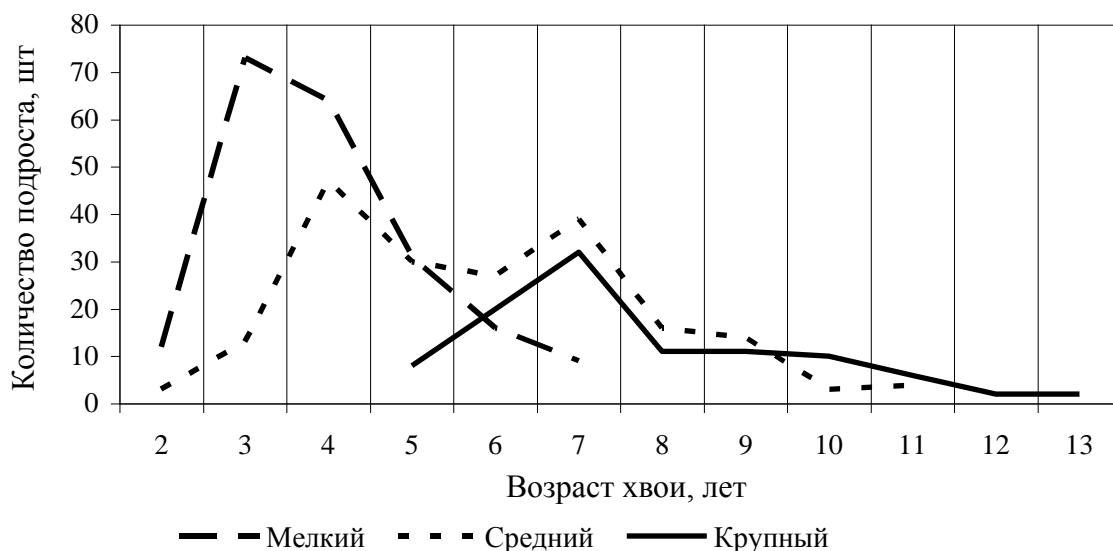


Рис. 7. Количество подроста с хвоей разной продолжительности жизни

Придельная продолжительность жизни хвои на дереве составляет: у мелкого - 7 лет, у среднего - 11 лет, у крупного - 13 лет, но это единичные экземпляры. Можно сказать, что основу ассимиляционного аппарата елового

подроста составляет 3-7-летняя хвоя. Также было установлено, что у среднего по крупности елового подроста возраст хвои имеет наибольший диапазон по возрасту от 2 до 11 лет. У крупного подроста график распределения смещён вправо, то есть возраст хвои выше. У мелкого подроста наоборот – хвоя имеет более молодой возраст.

Средняя охвоённость побега несколько различается по категориям крупности. Так у мелкого и среднего по высоте подроста она составляет 11 шт./см, а у крупного – 13 шт./см. Так же было установлено, что количество хвои на ветке различается по годам. Так наибольшей охвоённостью обладают побеги 2009 и 2008 года формирования. У мелкого подроста охвоённость побегов данных годов составляет 12 и 11 шт./см; у среднего по высоте подроста – 11 и 10 шт./см; у крупного 15 и 14 шт./см. Если говорить в общем, то побеги крупного подроста обладают большей охвоённостью, чем мелкий и средний, а так же наблюдается снижение охвоённости побегов у всех категорий крупности с течением времени. Это связано, скорее всего, с естественным отмиранием старой хвои.

Средняя длина хвоинки елового подроста различается у деревьев разных категорий крупности и составляет у мелкого 9-10 мм; у среднего 10-11 мм; у крупного – 12 мм. Ширина хвоинок тоже увеличивается с увеличением высоты подроста – разница между категориями составляет в среднем 0,10 мм. Средняя ширина хвоинки у мелкого подроста 0,80 мм, у среднего – 0,90 мм, у крупного – 1,00 мм. Средняя толщина хвоинки мелкого подроста - 0,40 мм, среднего - 0,50 мм, крупного - 0,6. В целом можно сказать, что все параметры хвои елового подроста возрастают с увеличением размера подроста – чем крупнее подрост, тем крупнее хвоя.

В результате исследований было так же установлено, что масса 100 хвоинок зависит от длины хвои и от высоты подроста (рис.8; 9.). Чем больше длина хвоинки, тем больше масса хвои. Так же с увеличением высоты подроста, увеличивается масса хвои.

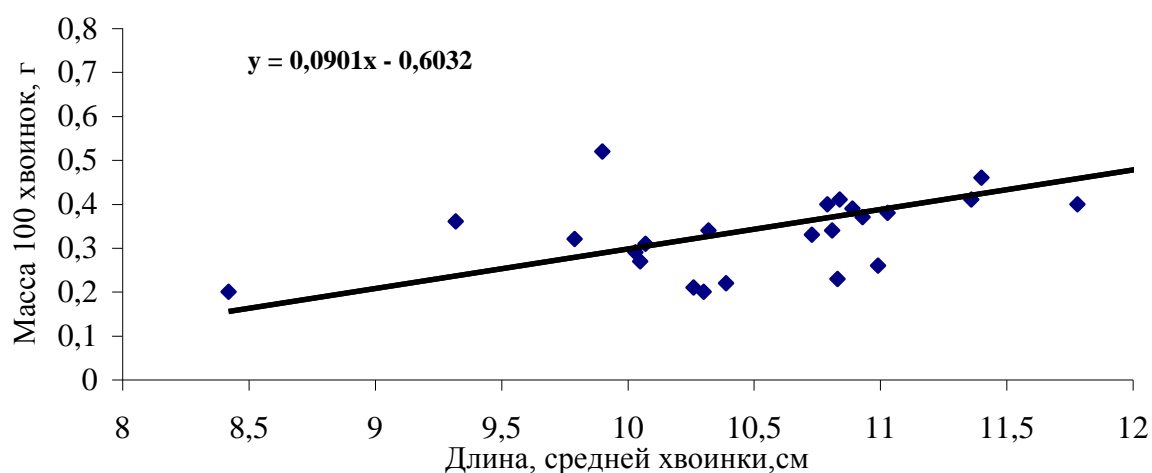


Рис. 8. Зависимость массы 100 хвоинок от её длины

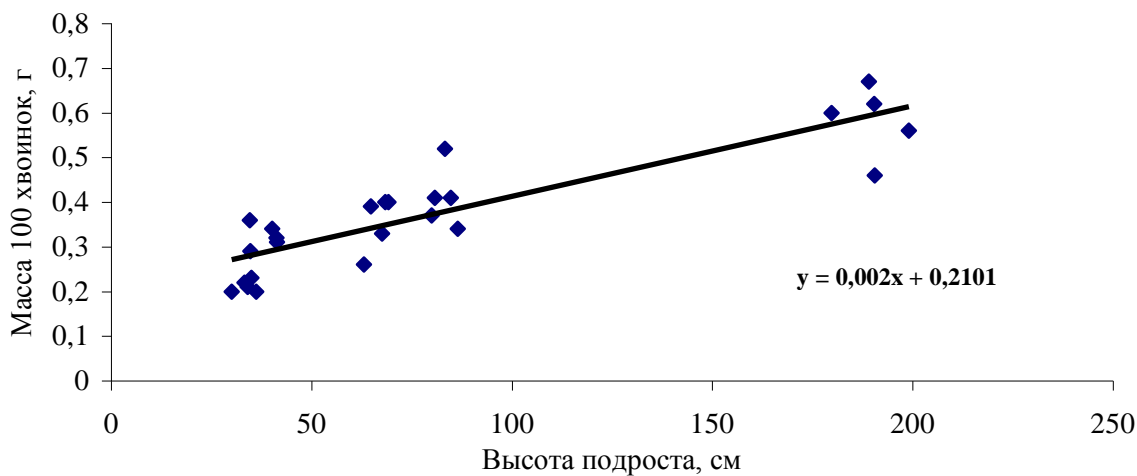
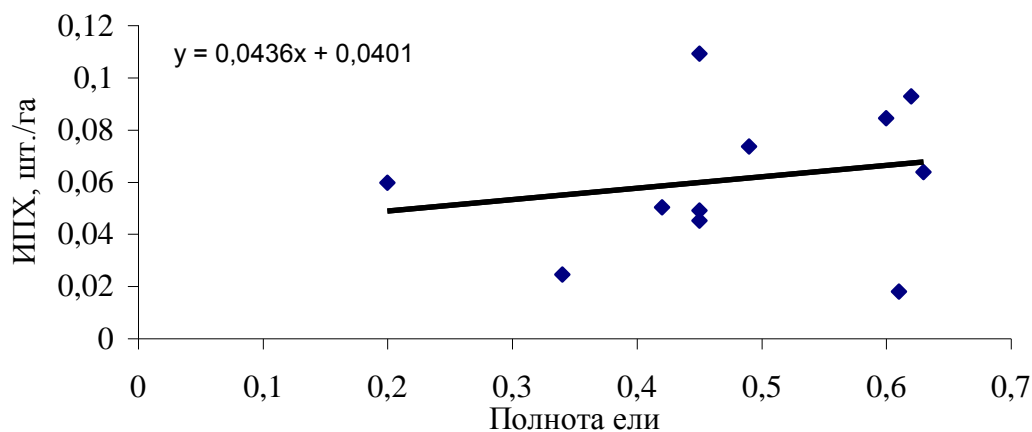


Рис. 9. Зависимость массы 100 хвоинок от высоты подроста

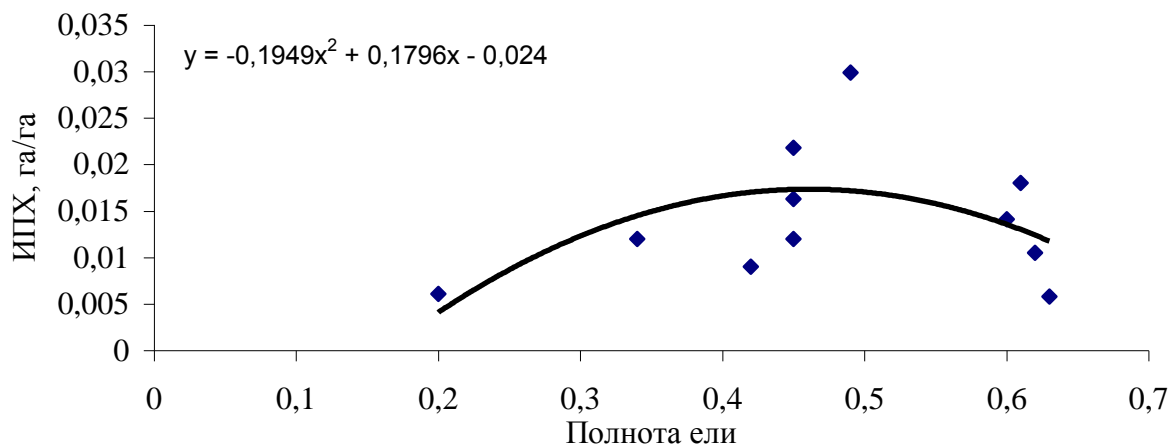
Индекс листовой поверхности подроста ели (индекс поверхности хвои применительно к хвойным породам - ИПХ) для северной тайги ранее не был изучен. Нами было установлено, что площадь поверхности хвои среднего дерева отличается у различного по высоте подроста. Так у мелкого подроста площадь поверхности хвои одного дерева находится в пределах от 0,0897 до 0,2114 м<sup>2</sup>. У среднего по высоте подроста ели она составляет 0,3281- 0,6548 м<sup>2</sup>. У крупного – 1,5440-2,4811 м<sup>2</sup>. Получается, чем крупнее подрост, тем больше поверхность хвои. Это можно объяснить большим количеством хвои на дереве крупного подроста и более крупной по размерам хвоей.

Для всех категорий высоты подроста ели наблюдается увеличение ИПХ при увеличении густоты подроста. Так у мелкого подроста при густоте 501 шт./га ИПХ равен 0,0061 га/га, а при густоте 1584 шт./га – 0,0218 га/га. У среднего подроста при минимальной густоте 750 шт./га ИПХ составляет 0,0246, а при густоте 1917 шт./га– 0,0817га/га. Та же тенденция наблюдается и у крупного подроста ели: при густоте 167 шт./га ИПХ равен 0,0414 га/га, а при максимальной густоте 500 шт./га составляет 0,1368 га/га. Индекс поверхности хвои увеличился по сравнению с минимальным более чем в 3 раза для всех категорий крупности подроста.

Материнский полог древостоя тоже влияет на индекс поверхности хвои подроста, точнее его полнота (рис.10.). Но существенное влияние проявилось лишь для мелкого и среднего по размерам подроста, для ИПХ крупного подроста полнота материнского полога видимой роли не играет. Так для мелкого подроста (рис.10, а.) ИПХ увеличивается до определённых значений полноты, а затем снижается. Оптимальное же значение ИПХ при полноте древостоя от 0,4 до 0,5. Для среднего по высоте подроста (рис.10,б) также оптимальной оказалась полнота 0,4-0,5, но в этом диапазоне данных ИПХ продолжает увеличиваться.



**а**



**б**

Рис. 10. Индекс поверхности хвои в зависимости от полноты ели:  
а - для мелкого подроста, б – для крупного подроста

Проведя корреляционный анализ, установили, что связь между полнотой материнского полога (ели) и индексом поверхности хвои подроста очень высокая и криволинейная. Корреляционное отношение составляет: для мелкого подроста –  $0,84 \pm 0,07$ , для среднего –  $0,66 \pm 0,12$ . Для крупного подроста такой зависимости не было выявлено, видимо, для роста и развития крупного подроста необходимы несколько другие условия среды и есть другие наиболее важные факторы, чем для мелкого и среднего подроста.

Средний возраст мелкого подроста составляет 13-16 лет, среднего – 22-29 лет, крупного – 42-48 лет. Если рассматривать распределение благонадёжного подроста ели по группам возраста (рис. 11.), то можно видеть следующие максимальные значения. Численно мелкий подрост преобладает 15-16-летнего возраста, а также много 21-22-летнего подроста. Среднего подроста наибольшее количество 27-28 – летнего, крупного 41-42- и 43-44-летнего.

Установлена тесная корреляционная зависимость между показателями возраста дерева и возраста хвои. Коэффициент корреляции в данном случае очень высок и равен  $0,79 \pm 0,07$  (достоверность 11,99). Увеличение возраста хвои происходит непосредственно с увеличением возраста подроста. Чем старше подрост, тем более старшего возраста хвою можно обнаружить на дереве. Так в возрасте 5 лет на подросте преобладает хвоя 4-6-летнего возраста, 8-ми-летняя хвоя присутствует на подросте 20-30-летнего возраста, а в 50 лет еловый подрост имеет хвою, которая держится на дереве 11-12 лет. Продолжительность жизни хвои на дереве у мелкого подроста ели 4-5 лет, у среднего 6-8 лет, хвоя крупного подроста держится на дереве 10-11 лет. Можно сказать, что хвоя остаётся на дереве достаточно продолжительное время. Были обнаружены экземпляры, у которых отмечалась хвоя 12-14 лет, но это единичные случаи. Однако было отмечено, охвоённость побегов у крупного подроста несколько ниже (в среднем 10 шт./см), чем у мелкого и среднего по высоте подроста (11 и 13 шт./см соответственно).

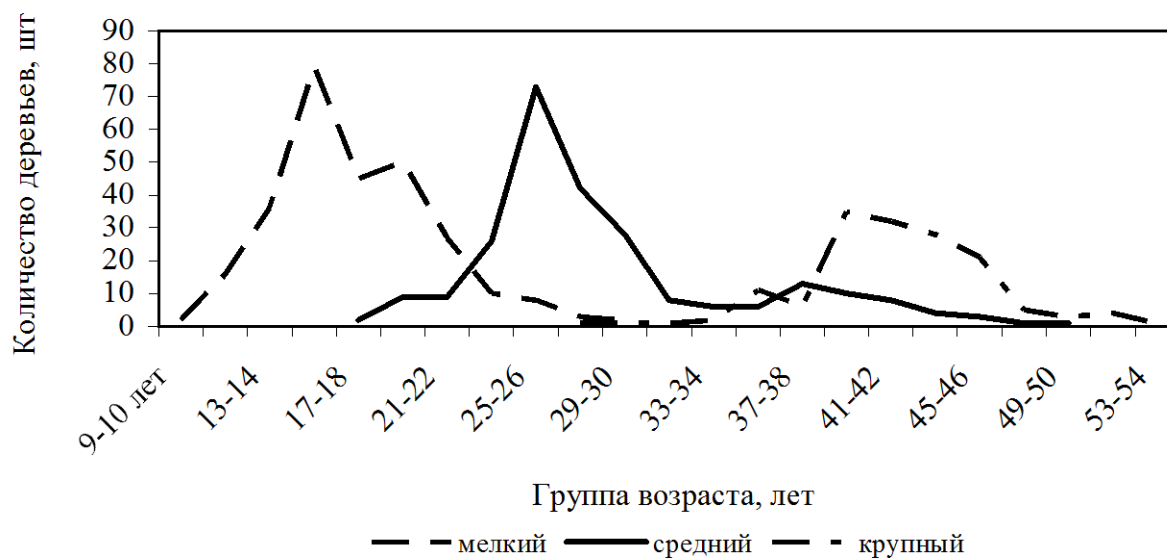


Рис. 11. Распределение благонадёжного подростка по группам возраста

Среднегодовой прирост побега составляет у мелкого подростка 2,15 см, у среднего – 2,55 см, у крупного – 3,15 см в год. Крупный подрост растёт быстрее, так как даёт наибольший прирост за год терминального побега.

### Выводы:

1. Естественное возобновление под пологом представлено только еловым подростом, который распределён на пробных площадях неравномерно. Его расположение носит групповой (куртинный) характер.
2. Общее количество благонадёжного подростка недостаточно для успешного возобновления, так как его количество всего лишь на пяти пробных площадях достигает густоты 3000 шт./га. Благонадёжный подрост численно преобладает в

категориях крупности мелкий и средний, крупного благонадёжного подроста на всех пробных площадях мало или нет совсем.

**3.** Запас еловых семян в почве и подстилке ельников черничных являлся бы достаточным для формирования необходимого для возобновления количества елового подроста (100-760 шт./ м<sup>2</sup>), если бы не низкий процент жизнеспособных семян - 0-20%.

**4.** Наибольшее количество семян сосредоточены в верхней части подстилки. В минеральных горизонтах почвы коренных ельниках черничных семян очень мало или их нет вообще.

**5.** Выявлена прямая, тесная зависимость между количеством еловых семян и количеством благонадёжного подроста ели (корреляционное отношение составляет  $0,71 \pm 0,10$ ). С увеличением запаса семян ели в почве и подстилке увеличивается количество благонадёжного подроста.

**6.** Относительная освещённость 15-60% от открытого места является благоприятной для развития и формирования подроста ели. Влажность воздуха, при которой было обнаружено наибольшее количество подроста ели – 73-83%. Температура воздуха не оказывает видимого влияния на процесс возобновления леса.

**7.** Установлена зависимость количества подроста ели в ельниках от толщины лесной подстилки. Количество подроста тем меньше, чем больше толщина лесной подстилки. Оптимальная для возобновления толщина подстилки составляет 0,5 – 5 см.

**8.** Количество благонадёжного подроста ели снижается при увеличении проективного покрытия растений напочвенного покрова как травяно-кустарничкового, так и мохово-лишайникового, то есть напочвенный покров с высоким проективным покрытием препятствует возобновлению ели под пологом. Оптимальное для возобновления проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 10-50%. Мохово-лишайникового – 10-70%.

**9.** Средняя продолжительность жизни хвои составляет: у мелкого подроста - 3 года, у среднего – 5 лет, у крупного подроста – 7 лет. Придельная продолжительность жизни хвои на дереве составляет: у мелкого – 7 лет, у среднего – 11 лет, у крупного – 13 лет.

**10.** Средняя охвоённость побега различается по категориям крупности: у мелкого и среднего по высоте подроста она составляет 11 шт./см, а у крупного – 13 шт./см.

**11.** Все параметры хвои елового подроста (длина, толщина и ширина) возрастают с увеличением размера подроста – чем крупнее подрост, тем крупнее хвоя. Чем длиннее хвоя и больше высота подроста, тем больше масса хвои.

**12.** Установлена тесная корреляционная зависимость между показателями возраста дерева и возраста хвои. Коэффициент корреляции очень высок и равен  $0,79 \pm 0,07$  (достоверность 11,99).

**13.** Чем крупнее подрост, тем больше площадь поверхности хвои: у мелкого подроста площадь поверхности хвои одного дерева находится в пределах от

0,0897 до 0,2114 м<sup>2</sup>; у среднего составляет 0,3281- 0,6548 м<sup>2</sup>; у крупного – 1,5440-2,4811 м<sup>2</sup>;

**14.** Индекс поверхности хвои подроста ели зависит от полноты материнского полога ели только для мелкого и среднего по размерам подроста. Оптимальная полнота составляет 0,4-0,5.

**15.** Выявлена высокая корреляционная зависимость ИПХ от полноты ели только для мелкого и среднего подроста. Корреляционное отношение составляет: 0,84±0,07 и 0,66±0,12

**16.** Среднегодовой прирост побега составляет у мелкого подроста 2,15 см, у среднего – 2,55 см, у крупного – 3,15 см в год.

### Список публикаций по теме диссертации

В изданиях по перечню ВАК:

**1.Шаньгина Н.П.** Запас семян в почвах коренных еловых лесов, как фактор успешного естественного возобновления / Н.П.Шаньгина, П.А. Феклистов // Вестник Поморского университета.– Архангельск: ПГУ. – 2011. – № 1. – С.96-101.

**2.Феклистов, П.А.** Естественное лесовозобновление в сосняках черничных, пройденных проходными рубками ухода / П.А. Феклистов, **Н.П. Шаньгина**, Д.Н. Торбик // Лесной вестник. – Москва: – МГУЛ. – 2010. – №3. – С.150-153.

Прочие:

**3.Шаньгина Н.П.** Возобновление ели под пологом ельников в зависимости от напочвенного покрова/ Н.П. Шаньгина, П.А. Феклистов, А.А. Кузнецова // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 13. – Архангельск, 2010. – С.27-30.

**4.Шаньгина Н.П.** Толщина лесной подстилки как фактор, влияющий на естественное возобновление еловых древостоев / Н.П. Шаньгина, П.А. Феклистов // Наука – северному региону: сб. научных трудов. Вып. 83. – Архангельск, 2010. – С.26-28.

**5.Шаньгина Н.П.** Возобновление коренных ельников и влияние экологических факторов на формирование подроста ели под пологом древостоев / Н.П. Шаньгина, П.А. Феклистов // Проблемы экологии в современном мире в свете учения В.И. Вернадского: материалы международной конференции. Том 2. – Тамбов: ТГУ, 2010. – С.118-122.

**6.Шаньгина Н.П.** Оценка естественного лесовозобновления в спелых и приспевающих ельниках черничных Архангельской области / Н.П. Шаньгина, П.А. Феклистов // Эколого-географические проблемы регионов России: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной столетию ПГСГА / ПГСГА. – Самара, 2011. – С.69-73.

**7.Шаньгина Н.П.** Индекс поверхности хвои подроста ели под материнским пологом / Н.П. Шаньгина, П.А. Феклистов // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 14. – Архангельск, 2011. – С.33-37.

**8.Шаньгина Н.П.** Запас семян в почвах ельников черничных / Н.П. Шаньгина, П.А. Феклистов // Арктика и Север. № 2. – Архангельск, 2011. – С.189-193.