

На правах рукописи

КОПТЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ  
ОСОБЕННОСТИ ТОВАРНОЙ СТРУКТУРЫ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ  
ЕЛЬНИКОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация  
06.03.01 – Лесные культуры, селекция, семеноводство

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

Архангельск – 2015

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

Научные консультанты: **Бабич Николай Алексеевич**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор;  
**Мелехов Владимир Иванович**,  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Черных Валерий Леонидович**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО “Поволжский государственный  
технологический университет”, профессор кафедры  
лесоводства и лесоустройства;  
**Смирнов Александр Петрович**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО “Санкт-Петербургский  
государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова”, профессор кафедры  
лесоводства;  
**Дружинин Федор Николаевич**,  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО “Вологодская государственная  
молочнохозяйственная академия имени  
Н.В. Верещагина”, профессор кафедры лесного  
хозяйства

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО “Уральский государственный  
лесотехнический университет”

Защита диссертации состоится 19 апреля 2016 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.008.03 на базе ФГАОУ ВПО “Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова” по адресу: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, главный корпус, ауд. 1220

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВПО “Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова” [www.narfu.ru](http://www.narfu.ru)

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

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Клевцов Денис Николаевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Важной задачей современной лесной науки является поиск путей организации рационального и комплексного использования лесных ресурсов. Еловые насаждения являются преобладающими в исследуемом районе. На Европейском Севере России отмечается перемещение лесозаготовок в менее продуктивные и доступные леса, где все еще сосредоточены значительные запасы древесины. Проблема повышения точности оценки ресурсного потенциала и товарности ельников путем поддержания актуальной информации о лесах, разработки и внедрения региональных нормативов таксации, оптимизации выработки сортиментов, полного использования древесины, повышения точности прогноза товарности насаждений является важной и актуальной для текущего и стратегического планирования развития лесной отрасли. Решение этой проблемы связано с выявлением основных факторов, закономерных влияний, определяющих товарность деревьев и насаждений, устойчивость отдельных деревьев и древостоев к различным негативным воздействиям. Большое теоретическое и практическое значение имеет разработка нормативов таксации, рекомендаций, прогнозов лесопользования для выборочных рубок, роль которых существенно возрастает при интенсификации ведения лесного хозяйства, а также таксационных нормативов для прогнозов товарности в массивах старовозрастных еловых насаждений с признаками массового усыхания, количество которых в районе исследования достаточно велико. Разработка нормативов таксации ресурсов древесины сучьев позволит решить проблему введения этого параметра в практику лесоинвентаризации и стратегического планирования дополнительного сырья.

Вопросами роста, особенностей формирования, фауности и товарности ельников Европейского Севера занимались П.В. Воропанов (1952), Н.И. Баранов (1955), И.С. Мелехов (1966), П.А. Анишин (1968, 1969, 1984), И.В. Волосевич (1978), В.Г. Чертовской (1978), В.Н. Валяев (1984), С.А. Дыренок (1984), И.И. Гусев (1962, 1971, 1978, 1989, 1999), А.Г. Мошкалев (1973, 1977, 1982), К.С. Бобкова (2001, 2006). Несмотря на это проблема точности оценки лесных ресурсов, комплексного и рационального их использования остается актуальной.

Большинство изучаемых в работе вопросов являются востребованными. Разработанные нами нормативы таксации и рекомендации применяются в лесоустроительной и лесохозяйственной практике, включены в компьютерные программы материально-денежной оценки лесосек, использованы в учебных пособиях для студентов лесохозяйственных специальностей.

**Цель и задачи исследований.** Целью работы является исследование закономерностей строения и формирования товарности северотаежных ельников для научно-обоснованного решения проблемы повышения точности оценки ресурсного потенциала ельников Европейского Севера России. Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- провести исследование комплекса закономерных связей и факторов формирования сортиментной и товарной структуры северотаежных ельников Европейского Севера России с учетом региональных особенностей;
- исследовать влияние выборочных рубок на устойчивость и товарность ельников;
- проанализировать особенности формирования товарной структуры и устойчивость старовозрастных ельников в процессе массового усыхания;
- изучить вопросы устойчивости отдельных деревьев и насаждений к воздействию дереворазрушающих грибов;
- на основе установленных закономерностей разработать и оценить новые региональные нормативы таксации сортиментной и товарной структуры ельников, таблицы прогноза товарности при выборочных рубках;
- провести экспертную оценку вопросов эффективности использования лесных ресурсов, их экономической доступности с разработкой моделей, классификацией факторов и перспективными прогнозами.
- разработать научно-практические рекомендации по повышению точности таксации товарной структуры ельников, выделению качественных категорий деревьев, признаков наличия внутренних гнилей древесных стволов, выделению классов товарности еловых древостоев, оценочные критерии для назначения лесохозяйственных мероприятий в низкотоварных насаждениях.

**Научная новизна исследований.** Полученные автором комплексные характеристики северотаежных ельников, нормативы таксации сортиментной и товарной структуры, практические рекомендации, критерии позволяют по-новому подойти к оценке их ресурсного, хозяйственного и экологического значения, отражают новые сведения в области таксации товарной структуры.

На основании проведенных исследований, экспертной оценки литературных данных о закономерностях формирования товарности насаждений для северотаежных ельников впервые:

- научно обоснованы комплексные характеристики и закономерности строения еловых древостоев по основным параметрам, определяющим товарность;
- определено влияние на товарность ельников и качество лесоматериалов различных пороков древесных стволов, степени их развития и вероятной встречаемости с разработкой рациональных подходов к эффективному использованию древесины;
- установлена сортиментная и товарная структура еловых древостоев с учетом региональных особенностей строения, фауности и разработан комплекс новых нормативов таксации, дополненных данными о ресурсах древесины сучьев, разработаны оригинальные многофакторные товарные таблицы;
- выявлены факторы и закономерности устойчивости ели к воздействию дереворазрушающих грибов в связи с биохимическими свойствами живицы;
- определен комплекс факторов влияния выборочного хозяйства на товарность ельников с разработкой прогнозных моделей и нормативов товарности;
- выявлено влияние процесса массового усыхания старовозрастных еловых древостоев на их товарность с разработкой прогнозных нормативов и

показателя изменения товарности для назначения лесохозяйственных мероприятий.

***Положения, выносимые на защиту:***

1. Закономерности строения северотаежных ельников по основным параметрам, определяющим товарность древостоев.
2. Фаутиность северотаежных ельников и факторы устойчивости к воздействию дереворазрушающих грибов.
3. Закономерности строения кроны ели, запасы древесины кроны.
4. Особенности формирования товарной структуры ельников выборочного хозяйства.
5. Влияние массового усыхания ельников на их товарность.
6. Комплекс научно-обоснованных лесотаксационных нормативов товарности, научно-практические рекомендации, критерии назначения лесохозяйственных мероприятий.

***Теоретическая и практическая значимость работы.*** На основании проведенных исследований предложены новые методические подходы к изучению факторов формирования товарности насаждений, их устойчивости, построению нормативов таксации сортиментной и товарной структуры. Для применения в северотаежных ельниках разработаны новые нормативы таксации:

- сортиментно-сортные таблицы по категориям крупности и сортам;
- сортиментные таблицы по наименованиям сортиментов;
- товарные таблицы по категориям крупности и сортам;
- товарные таблицы по наименованиям сортиментов;
- таблицы прогноза товарности для усыхающих старовозрастных ельников;
- таблицы прогноза товарности для выбираемой части насаждения при выборочных рубках;
- уточненные товарные таблицы для круговых реласкопических площадок с дополнительным входным параметром;
- дополнения к сортиментным и товарным таблицам в виде ресурсов древесины из кроны ели;
- многофакторные товарные таблицы.

Разработаны предложения и рекомендации:

- параметры для уточнения качественных категорий годности ели;
- параметры вероятного выделения классов товарности ельников;
- показатель изменения товарности для оценки товарности на различных уровнях деградации насаждений для назначения лесохозяйственных мероприятий;
- рекомендации по определению спелой части древостоя при выборочных рубках;
- рекомендации по рациональной выработке сортиментов из деревьев ели;
- ряды распределения числа дровяных деревьев по диаметру для уточнения товарной структуры низкотоварных ельников;

–редукционные числа для вычисления целевого диаметра древостоя при сплошнолесосечных рубках в ельниках вторичных генераций;

Нормативы таксации сортиментной и товарной структуры включены в “Лесотаксационный справочник по Северо-востоку европейской части Российской Федерации“ (подготовлен ФБУ “СевНИИЛХ” в 2012 г.). Результаты исследования используются в лесохозяйственной практике Архангельской области.

**Апробация результатов исследования и публикации.** Исследования проводились в течение 25 лет на различных объектах на территории Архангельской области и Республики Коми. Основные результаты исследований докладывались на ежегодных научно-технических конференциях САФУ (АЛТИ–АГТУ) по итогам научно-исследовательских работ (с 1988 по 2014). Результаты исследований опубликованы в профильных изданиях и материалах международных научных конференций (Сыктывкар, 1998, Пермь, 2010, Брянск, 2012, Архангельск, 2012, 2014, 2015), международных юбилейных научно-технических конференциях, посвященных 75, 80-летию АЛТИ–АГТУ. Основные результаты исследований по теме диссертации представлены в 90 публикациях (всего 121 публикация), в том числе в 4 монографиях, лесотаксационном справочнике, учебном пособии, 15 статьях в изданиях из перечня ВАК. Основные разработанные автором таксационные нормативы и рекомендации прошли испытание, размещены в справочнике. Экспериментальный материал и научные результаты, приведенные в диссертации, получены автором в период его непрерывной многолетней работы в АЛТИ–АГТУ–САФУ. Диссертация выполнена в развитие ряда научно-практических проектов, в которых автор являлся ответственным исполнителем:

- “Исследование товарности древостоев лесосырьевой базы Луковецкого ЛПХ” (1988–1990 гг.)
- “Исследование несплошных рубок в Архангельской области и Республике Коми” (1999 – 2001 гг.)
- “Ресурсно-экологическое районирование лесов Архангельской области” (2012 – 2014 гг.).
- “Оценка влияния лесохозяйственных мероприятий на цикл углерода и разработка сценариев адаптации системы ведения лесного хозяйства в управляемых лесах северной и средней тайги Европейско-Уральской части России в связи с ожидаемыми изменениями климата” (2014 – 2015 г.)

**Личный вклад.** Основная часть экспериментальных материалов получена лично автором или при его участии. Автор принимал непосредственное участие в составлении частной методики сбора и обработки материалов, провел обработку данных, выполнил анализ, разработал комплекс лесотаксационных нормативов, сделал научно обоснованные выводы и предложения, разработал практические рекомендации, критерии, специальные и прикладные компьютерные программы для обработки экспериментальных данных, провел внедрение результатов в производство. Все защищаемые положения данной работы, выводы, рекомендации разработаны лично автором.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 332 страницах машинописного текста и состоит из введения, 7 глав, выводов и рекомендаций, библиографического списка литературы, включающего 380 наименований. Текст иллюстрирован 66 рисунками и содержит 71 таблицу, 130 уравнений и моделей.

Автор выражает благодарность научным консультантам доктору сельскохозяйственных наук, профессору Н.А. Бабичу и доктору технических наук, профессору В.И. Мелехову за помощь методического и организационного характера, сотрудникам кафедры лесной таксации и лесоустройства ЛТИ САФУ, сотрудникам Северного НИИ лесного хозяйства, Архангельского филиала ФГБУ “Рослесинфорг” за оказание технической помощи и информационного обеспечения, а также студентам, магистрантам и аспирантам лесохозяйственного факультета и лесотехнического института, сделавших немалый вклад в сбор полевых материалов. Особая благодарность – первому научному руководителю, под руководством которого была начата эта работа, сформировалось научное мировоззрение, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Гусеву Ивану Ивановичу.

## **1. ВОПРОСЫ ТОВАРИЗАЦИИ ЕЛЬНИКОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА**

В организации лесного хозяйства и лесопользования на Европейском Севере отмечается наличие системных проблем (Шварц, 2004). Необходим пересмотр многих позиций, касающихся вопросов целевого районирования лесов, нормативов лесоуправления и таксации, традиционных подходов к лесопользованию и постепенный переход к модели интенсивного лесного хозяйства.

Формирование товарности насаждений связано с изменением размерных характеристик деревьев в процессе роста, количественной представленности деревьев разного качества, развитием фито- и энтомовредителей, стихийными природными влияниями, целевыми и нецелевыми антропогенными воздействиями.

Товарная структура лесов района исследований имеет давно сложившуюся диспропорцию со спросом на древесное сырьё. Из-за сравнительно большой доли мелкотоварной древесины, предложение сырья для производства балансов превышает спрос с одновременным ростом дефицита пиловочника. Проблема является многофакторной. Одним из путей ее решения является стратегический подход к лесному планированию, основанный на поддержании информации о лесах в актуальном состоянии, оптимизации использования древесных ресурсов, а также разработке нормативов таксации сортиментной и товарной структуры насаждений с учетом целевого районирования и региональных особенностей насаждений.

При лесоустройстве по 2–3 таксовым разрядам небольшие однородные участки леса объединяются с соседними участками. Получаемые укрупненные выделы часто имеют неоднородное строение по основным параметрам

(Мошкалева, 1964; Филиппов, 1973, 1975). Это приводит к изменению рядов распределения числа деревьев по ступеням толщины и товарной структуры по сравнению с однородными выделами. Для практической таксации важно знать закономерности распределения лесных участков по товарности, а также закономерные связи с таксационными характеристиками насаждений.

Сочетание неблагоприятных климатических факторов и последствий антропогенного воздействия привело к масштабному усыханию старовозрастных еловых насаждений на водоразделе рек Северной Двины и Пинеги. Товарность насаждений и свойства древесины при этом меняются в худшую сторону. Нормативы таксации, используемые для оценки и прогноза товарности насаждений с фоновыми значениями запаса сухостойной древесины, в данном случае, непригодны. Для практической таксации ельников с признаками массового усыхания необходима разработка новых нормативов и рекомендаций, учитывающих степень деградации насаждения.

В настоящее время около 65% древесины в регионе заготавливается с помощью многооперационных машин. При этом необходимы рекомендации операторам по влиянию различных пороков, протяженности гнилей различных стадий на выход сортиментов. Эти же рекомендации могут быть использованы при глазомерно-измерительной таксации устраиваемых лесоустроительных объектов.

Лесорастительное районирование относит леса региона к северо-таежным и средне-таежным (Двинско-Вычегодский таежный район) на основании различия в характере роста древостоев (Загребев, 1978). Для выявления естественной группировки районов применения таксационных нормативов следует использовать алгоритмы объективной классификации (Хлюстов, Лямеборшай, 2013).

Одним из основных факторов снижения товарности ельников на Европейском Севере являются напенные и стволовые гнили. Выявление естественных барьеров, которые могут противопоставить деревья распространению гнилей, является одной из важнейших лесоводственных задач. Данный вопрос может быть решен, в том числе, на стыке биологических и химических наук. Большинство исследований в этом направлении посвящено живице сосны, ее химическому составу, влиянию на патогенные дереворазрушающие грибы (Журавлев, 1962, 1966, 1974; Ключник, 1962; Федоров, 1970; Чудный, Крангауз, 1972). Химический состав живицы ели и его влияние на устойчивость деревьев к воздействию дереворазрушающих грибов остается недостаточно исследованным.

Решаемая в работе проблема связана с необходимостью создания научно-обоснованной системы взаимоувязанных лесотаксационных нормативов и рекомендаций для оценки и прогноза товарности северотаежных ельников Европейского Севера на основе однородности лесотипологических условий, строения древостоев по основным параметрам, фауны с использованием принципа оптимизации сортиментной структуры отдельных деревьев. Актуальным является выявление закономерностей формирования товарной



структуры, факторов устойчивости отдельных деревьев и насаждений к негативным внешним воздействиям.

## **2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследования проводили в Северо-восточном лесотаксационном районе европейской части России в пределах северотаежного района применения нормативов таксации сортиментной и товарной структуры в административных районах Архангельской области и Республики Коми. В соответствии с перечнем лесорастительных зон Российской Федерации и перечнем лесных районов, исследования проведены в пределах северо-таежного и средне-таежного (в настоящее время – Двинско-Вычегодский таежный район) подрайонов европейской части Российской Федерации.

Районирование специфично в зависимости от целей, для которых оно выполняется. На основе лесорастительного районирования производятся другие виды специализированного районирования, в том числе и определение района применения нормативов таксации товарной структуры насаждений. Лесорастительным районированием Европейского Севера занимались Ю.П. Юдин (1954), И.С. Мелехов, В.Г. Чертовской, Н.А. Моисеев (1966), П.Н. Львов (1969), С.Ф. Курнаев (1973). Решением проблем районирования лесных территорий на основе распределения объектов (лесничеств) по группам, в которых наблюдается их максимально возможная однородность по основным оценочным параметрам, занимался В.К. Хлюстов (2013). Для получения достоверной схемы ресурсно-экологического районирования лесов использовались методы многомерной классификации лесничеств по однородности (схожести) значений показателей, включённых в анализ.

В соответствии с районированием сортиментных и товарных таблиц, разработанным ЛенНИИЛХ (Мошкалев, 1973, 1977), леса Архангельской, Вологодской областей, Республики Коми, Республики Карелия вошли в два района – Северный и Северотаежный (объект исследований – северотаежные ельники). Для каждого из этих районов рекомендуется применение отдельных нормативов таксации сортиментной и товарной структуры.

Почвенные условия района исследований разнообразны и обусловлены особенностями рельефа, гидрологического режима. Вопросами районирования и систематизации почв на Европейском Севере занимались Е.Н. Иванова (1962), Ю.А. Орфанитский (1963), С.В. Зонн (1966), Г.А. Скляров, А.С. Шарова (1970), А.Л. Паршевников (1976) и др. Согласно почвенно-географическому районированию (Безносиков, 1989) район исследования относится к подзоне глееводзолистых почв северной тайги. Для этой подзоны характерны подзолы маломощные и сильноподзолистые почвы.

В исследуемом районе преобладают еловые леса. Насаждения с преобладанием ели среди хвойных пород занимают 67,4 %. В составе эксплуатационного фонда ель составляет более 60% и обеспечивает до 80%

расчетной лесосеки в отдельных районах. Площади еловых лесов имеют общую тенденцию к сокращению в результате смены пород на участках сплошных рубок.

В товарной структуре эксплуатационного фонда ельников до 40% составляют сортименты средних размеров. Средний выход деловой древесины является устойчивой величиной для всего района исследований. Разница в выходе деловой древесины в ельниках северной и средней подзон тайги при расчетах, проведенных нами по базам данных насаждений, оказалась незначительна ( $79,4 \pm 0,6$  и  $79,1 \pm 0,8$  соответственно).

Средние таксационные показатели еловых древостоев и их модальные значения по лесным районам были рассчитаны нами с использованием таксационных повидельных баз данных. Типы леса ельников имеют выраженную зональность. Например, ельник кисличный в северной подзоне тайги встречается на 0,1% от площади всех ельников, в средней подзоне тайги его доля составляет 2%. С продвижением на север снижаются размерные и качественные характеристики насаждений одноименных типов леса. Например, для ельника черничного свежего различия основных таксационных параметров древостоя (средний диаметр, средняя высота, полнота, запас) северной и средней подзон тайги составляют от 9 до 14%.

Лесопромышленная и лесохозяйственная деятельность в районах северной и средней тайги строится на удовлетворении потребностей региона в древесине, воспроизводстве и повышении продуктивности лесов, их водоохраных, защитных и климаторегулирующих свойств.

### **3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Программой исследований предусмотрено изучение процессов и закономерностей формирования товарности ельников, произрастающих в пределах северотаежного района применения нормативов таксации сортиментной и товарной структуры (северотаежные ельники). В работе использовались статистические методы исследования, анализа и обобщения, основанные на вероятностном подходе, определившем состав изучаемых объектов, размер выборочных совокупностей, единицы наблюдения, точность результатов. Для исследования выделены следующие уровни измерений: отдельное дерево, совокупность деревьев, древостой, совокупность древостоев (насаждение), совокупность насаждений (лесной массив), совокупность лесных массивов. Применяемые методы исследования и порядок решения проблемы соответствовали природе изучаемых объектов и явлений (рисунок 1).

Объектами исследования служили еловые насаждения, наиболее характерные по составу, полноте, и другим важным таксационным параметрам.

Исследования проводились в период с 1988 по 2015 гг. Объем основного собранного и исследованного материала: в насаждениях – 62 пробных площади в (в том числе 6 со сплошной рубкой деревьев) с анализом 2230 учетных и

модельных деревьев, 4 ленточные пробы в лесных массивах, 912 реласкопических круговых площадок; на вырубках – 25 проб на участках выборочных рубок, 14 – на свежих вырубках, 315 статистических учетных площадок. Выполнена обработка и экспертная оценка материалов 163 пробных площадей с перечетом деревьев, 30 пробных площадей с анализом 2098 учетных деревьев (в том числе 10 – со сплошной рубкой), заложенных в еловых



Рисунок 1. Порядок решения проблемы

древостоях под руководством И.И. Гусева, 344 пробных площадей ГИЛ (государственной инвентаризации лесов), 55 пробных площадей, заложенных Архангельским филиалом ФГБУ Рослесинфорг, а также материалы по выделительным базам данных всех еловых насаждений Архангельской области. У 417 деревьев ели проведен учет и обмер всех сучьев.

Пробные площади с рубкой учетных деревьев закладывали согласно методике, разработанной кафедрой лесной таксации и лесоустройства (АЛТИ/АГТУ/САФУ) с учетом рекомендаций А.Г. Мошкалева и др. (1964, 1977, 1982), П.В. Горского (1961, 1962) и др. и требований ОСТ-56-69-83 (1983) на пробные площади лесоустроительные. На каждой пробной площади срубали, обмеряли и раскряжевывали 25–30 учетных деревьев (для всех качественных категорий и ступеней толщины), выбранных по принципу типического пропорционального отбора. На пробных площадях со сплошной рубкой деревьев дополнительно проводили картирование расположения растущих деревьев и отпада.

Для исследования устойчивости отдельных деревьев и насаждений к гнилям на пробных площадях брали образцы живицы и хвои. Анализ химического состава проводили в Центре коллективного пользования САФУ с использованием современных методик, аналитических средств и приборов.

Экспериментальные материалы охватывают все разнообразие ельников северотаежного района применения сортиментных и товарных таблиц, северной и средней подзон тайги по типам лесорастительных условий.

При обработке опытных материалов были использованы методические и теоретические разработки, которые содержатся в трудах М.М. Орлова (1929), Н.В. Третьякова (1927, 1956), В.К. Захарова (1961), П.В. Горского (1962), А.Г. Мошкалева (1973, 1977, 1982), Н.П. Анучина (1959, 1969, 1970, 1971, 1981), И.И. Гусева (1962, 1971, 1977, 1978, 1989), Н.Н. Свалова (1979), математико-статистические методы (Никитин, Швиденко, 1978; Лакин, 1990; Кулаичев, 1998). Применялись алгоритмические разработки Н.П. Чупрова (1975, 1991), О. Sallnas (1990). Обработку проводили с использованием стандартных статистических компьютерных пакетов и программ, а также компьютерных программ авторской разработки.

Камеральную обработку данных измерений на пробных площадях проводили общепринятыми в лесной таксации способами с учетом специфики отдельных изучаемых явлений.

#### **4. КАЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ**

Качество спелых древостоев определяется как совокупность сырьевых, средообразующих, рекреационных, санитарно-гигиенических свойств и является производным показателем их продуктивности (Гортинский, 1973; Моисеев, 1980; Моисеев, Нахабцев, 1984). Можно выделить достаточно большое количество параметров, которые влияют на качество древостоя. В практической таксации используется ограниченное число свойств,

нормированных различными стандартами (ГОСТы на круглые лесоматериалы, пороки древесины). При существенном изменении технологий переработки древесины происходит изменение стандартов, как правило, в сторону снижения норм и требований к уровню качества древесины. Степень развития того или иного фактора (размерные и качественные характеристики гнилей, количество, размеры и степень распространения сучьев, кривизна и др.) может оказывать критическое, существенное или второстепенное влияние (Дмитриев, 1974).

С болезнями леса связаны большие качественные и количественные потери древесины. В течение последних десятилетий для многих стран мира характерен рост очагов болезней леса, отмечаются явления массового усыхания еловых лесов (Angelstam, 1994; Alakangas, 2007; Писаренко, 2012; Sorensen, 2013; Цветков, 2015).

Одним из важных вопросов лесной таксации является установление встречаемости пороков древесных стволов и особенно тех, которые влияют на выход сортиментов и их сортность, а также внешних признаков, позволяющих с достаточной степенью достоверности говорить о наличии или отсутствии внутренних пороков в комлевой или стволовой части древесного ствола. Исследованию распространенности пороков древесных стволов в ельниках Севера посвящены работы С.П. Ускова (1959, 1962), И.И. Гусева (1978), А.Г. Мошкалева (1982), В.Н. Евдокимова (1990), С.В. Коптева (1992, 1998), А.В. Лебедева (1991, 1995, 1998, 2001), В.Л. Черных (1982) и др.

В исследуемых насаждениях встречаются почти все группы пороков (по ГОСТ 2140–81). Основные из них – грибные поражения, сучки, пороки формы ствола, сухобочина, трещины. Встречаемость основных пороков, определяющих товарность ельников, увеличивается с улучшением лесорастительных условий (таблица 1).

Таблица 1 – Встречаемость основных пороков древесных стволов

Наименование пороков	Встречаемость пороков по типам леса, %		
	Е. черничный	Е. долгомошный	Е. сфагновый
Гнили	35,3	28,6	13,1
Рак смоляной	1,7	1,1	0,7
Кривизна ствола	2,1	8,1	3,9
Трещины	1,0	1,0	1,1
Сухобокость	0,5	0,5	0,3
Пасынок	2,6	2,1	0,4
Сучки	2,8	0,3	-
Многовершинность	5,5	7,5	13,1
Суховершинность	2,8	1,1	1,8

С увеличением возраста встречаемость всех пороков древесных стволов в ельниках также возрастает. Многие пороки присутствуют на отдельных деревьях одновременно. Искривлению ствола в 30–50% случаев сопутствует гниль, усыхание вершины свидетельствует о поражении корней или заболонной части ствола. Трещины и сухобочины всегда соседствуют с гнилями. Основным

пороком, определяющим сортиментную и товарную структуру еловых древостоев, являются гнили. Распространение гнилей в северотаежных ельниках имеет установленные закономерные связи с таксационными показателями древостоев, определенные размерные и качественные характеристики.

В целом фаутность северотаежных ельников можно охарактеризовать как среднюю, не нарушающую устоявшегося природного равновесия и не сказывающуюся на устойчивости еловых насаждений к воздействию природных факторов.

Корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref) является самой распространенной среди всех дереворазрушающих грибов, и ее доля остается практически постоянной (74 –76%) для древостоев различных разрядов высот (таблица 2).

Таблица 2 – Встречаемость основных видов дереворазрушающих грибов (в числителе – % от общего числа деревьев, в знаменателе – % от числа фаутных деревьев)

Разряд высот	Виды дереворазрушающих грибов, %					Всего
	корневая губка	трутовик Швейнитца	еловая губка	северный трутовик	опенок осенний	
III	29,1	4,9	1,4	1,2	1,9	38,5
	75,6	12,8	3,6	3,0	5,0	100
IV	26,5	5,2	0,9	0,7	2,0	35,3
	75,1	14,7	2,5	2,0	5,7	100
V	21,5	4,9	0,5	-	1,7	28,6
	75,2	17,1	1,7	-	5,9	100
VI	9,8	2,3	0,2	-	0,8	13,1
	74,8	17,6	1,5	-	6,1	100

Зараженность еловой губкой (*Phellinus chrysoloma*) не превышает 2%, но средний выход деловой древесины из пораженных стволов составляет в среднем 23%. Опенок осенний (*Armillaria mellea* Fr.) вызывает заболонную гниль, приводящую к быстрому усыханию деревьев, что объясняет по нашим данным одну из причин возрастания доли сухостоя в общем запасе с понижением разряда высот от  $5,8 \pm 0,5\%$  для еловых древостоев 4 разряда высот до  $10,9 \pm 1,9\%$  для древостоев 6 разряда. Другие виды дереворазрушающих грибов не оказывают отдельного закономерного влияния, и их действие проявляется совместно.

Нами получены модели вероятного распределения северотаежных ельников по встречаемости гнилей (рисунок 2).

Наибольшая вероятная встречаемость гнилей отмечается в древостоях высших разрядов высот, характерных для лучших условий произрастания. Для наиболее распространенных древостоев 4 и 5 разрядов высот среднее количество деревьев, пораженных разными видами дереворазрушающих грибов, составляет 27–35% от общего количества деревьев.

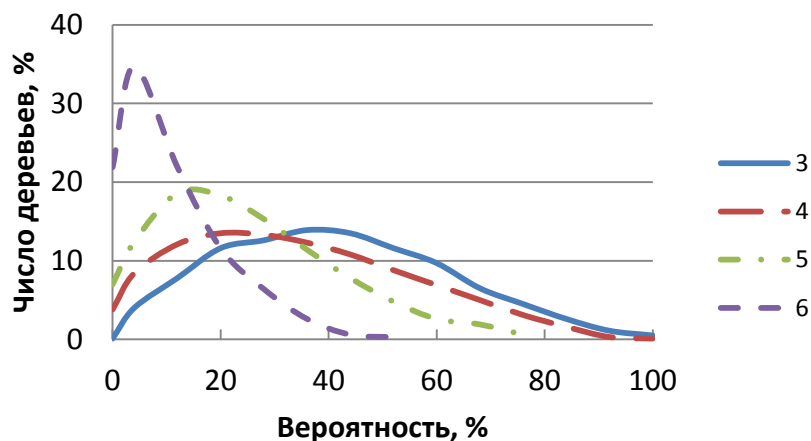


Рисунок 2 – Вероятное распределение северотаежных ельников по встречаемости гнилей (3, 4, 5, 6 – номера разрядов высот)

С повышением разряда высот древостоев количество больных деревьев по классам возраста увеличивается. Причем заметная разница между разрядами высот наблюдается до 10 – 11 классов возраста. Деревья ели IV класса возраста и младше практически не поражаются гнилями (0,1%). Средний возраст больных деревьев составил  $160 \pm 3$  года, здоровых деревьев  $144 \pm 3$  года.

Протяженность гнилей является важным параметром, определяющим товарность древесных стволов. Влияние возраста деревьев на протяженность гнилей является умеренным. Влияние разряда высот составляет от 40 до 70%, а таксационного диаметра от 0 до 60% от суммы влияния всех факторов.

Протяженность гнили (от шейки корня, м) определяется по уравнению:

$$L_c = 5,03 - 0,9276 \cdot R - 0,4377 \cdot D + 0,0037 \cdot A + 0,1254 \cdot d_r + 0,0892 \cdot S - 0,1524 \cdot P, \quad (1)$$

$$r^2 = 0,90$$

Где: R – разряд высот древостоя; D – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см (пределы – 8–48 см); A – возраст дерева, лет (80–350);  $d_r$  – диаметр гнили на пне, см (1–43); S – средняя стадия гнили на срезе пня (номер стадии от 1 до 4); P – процент прироста по высоте за последние 10 лет (0,15–1,50).

Средняя относительная протяженность гнилей увеличивается с повышением разряда высот древостоя от  $0,06 \pm 0,01$  до  $0,17 \pm 0,20$  для VI и III разряда высот соответственно. Относительная протяженность гнилей по стадиям составила: I стадия –  $0,33 \pm 0,03$ ; II стадия –  $0,27 \pm 0,02$ ; III стадия –  $0,22 \pm 0,02$ ; IV стадия –  $0,18 \pm 0,03$ . Различия стадий развития гнилей по разрядам высот не отмечено.

Диаметр гнили на пне имеет аналогичные закономерности, изменяясь в среднем от  $12,0 \pm 0,51$  см до  $6,5 \pm 0,25$  см для IV и VI разряда высот соответственно.

Размерные характеристики гнилей (диаметр гнили на пне, протяженность гнили) в значительной степени варьируют. Распределение числа деревьев по протяженности и диаметру гнилей на пне имеет положительную косоугольную до сильной по величине и характеризуется гамма-распределением.

Форма гнили, как одна из ее размерных характеристик, описывалась абсолютным видовым числом. Объемы гнилей рассчитывали интегрированием

их образующих, описанных полиномом третьей степени. Выявлена тенденция уменьшения абсолютных видовых чисел гнилей с увеличением диаметра гнили на пне, а также увеличения объемов гнилей с повышением разряда высот древостоев (рисунок 3).

Исследование прироста по диаметру (Pd) и высоте (Ph) больных и здоровых деревьев (по формуле Пресслера) показало существенное различие, достигающее 40–50%: здоровые деревья ( $Pd=1,13\pm 0,03$ ;  $Ph=0,97\pm 0,03$ ), больные деревья ( $Pd=0,67\pm 0,04$ ;  $Ph=0,46\pm 0,01$ ).

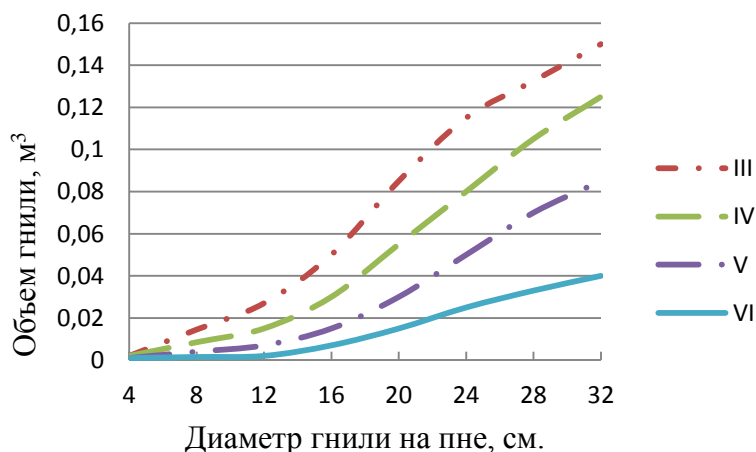


Рисунок 3 – Изменение объемов стволовых гнилей в зависимости от диаметра гнили на пне и разряда высот

Наибольшая разница в приросте больных и здоровых деревьев наблюдается в возрасте 80–140 лет, а затем выравнивается вследствие естественного снижения прироста.

Для выявления визуальных признаков наличия напенных гнилей было проведено исследование комлевого сбega более 450 стволов ели. Поскольку напенная гниль развивается преимущественно в нижней части ствола, в комле появляется заметное утолщение. Исследование чисел сбega стволов на относительной высоте 0,0Н показало, что у больных и здоровых деревьев они существенно различаются. С использованием нормированного отклонения установлена граница больных и здоровых деревьев, которая составила 160% и более (при средней величине относительного сбega для больных деревьев  $142\pm 0,8$ ).

Факторный анализ основных таксационных параметров деревьев для определения их совместного влияния на товарность древесных стволов показал, что наибольший вклад в общую дисперсию вносят 3 основных фактора: диаметр гнили на пне, ее протяженность и длина дровяных отрезков. Стадия гнилей имеет низкие показатели корреляции вследствие изменения своей величины по высоте ствола.

Исследование соотношения числа растущих и отпавших деревьев в исследуемых древостоях составило 19,0 (при минимальном значении 7,2 и максимальном 31,8). По данным И.А. Алексеева (1969) для обычного (фонового) отпада эта величина должна быть больше 5–8. Это говорит о



длительном развитии гнилей в северотаежных ельниках и отсутствии связи отпада деревьев с пораженностью гнилями.

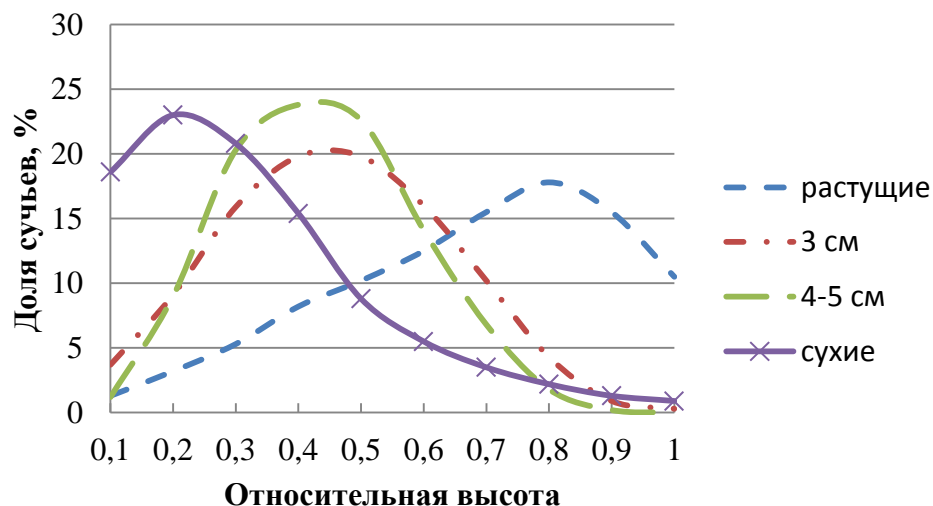
Отрезы в дрова и сырье для технологической переработки требуются у 16 % больных деревьев в древостоях IV разряда высот, 14% – V разряда, 10% – VI разряда. Выработка сортиментов по границе максимально допустимых размеров гнилей повышает выход деловой древесины в среднем на 5%, но снижает сортность лесоматериалов, получаемых из частей ствола, граничащих с отрезами. Доля дровяной древесины в результате отреза нижней части ствола, пораженной гнилью, по границе максимально допустимых пороков в среднем колеблется от 17 до 80 процентов для древостоев разных разрядов высот и диаметра деревьев на высоте 1,3 м. У большей части деревьев, отнесенных к дровяным на основании наличия напелных и стволовых гнилей, остается часть деловой древесины. Это означает, что для категории дровяных деревьев следует выделять в таксационных нормативах часть деловой древесины, технологического сырья и, соответственно, отходов. Для текущего (фонового) сухостоя доля деловых деревьев составила 35%, что также говорит о необходимости его дифференцированного учета.

Степень разложения древесины гнилями характеризуется стадией (1–4) или коэффициентом, показывающим отношение плотности древесины, пораженной гнилью, к плотности здоровой древесины, взятой из одного и того же участка ствола. Связь степени декомпозиции древесины с возрастом деревьев отсутствует. Это говорит о том, что в разновозрастных древостоях гнили могут развиваться с разной степенью интенсивности. Для всех видов дереворазрушающих грибов характерно преобладание средней степени декомпозиции древесины. Модальное значение стадии гнили (на пне) приближается к 3,3 (дупло – 4,0). В последней стадии развития болезни обычно участвуют различные виды дереворазрушающих грибов.

С целью исследования разрушающей деятельности основных представителей грибов, вызывающих деструктивный и коррозионный типы гниения, и определения границы “явной” гнили (т.е. не допустимой в тех или иных сортиментах), нами были исследованы на содержание целлюлозы образцы гнилей корневой губки (коррозионная гниль) и трутовика Швейнитца (деструктивная гниль) разных стадий (от 1 до 3) с использованием метода Кюршнера (Оболенская, 1965). Деструктивные гнили по содержанию целлюлозы получились явными, начиная с первой стадии при содержании целлюлозы – 31%, в коррозионных гнилях – 42% для первой стадии, 32% – для второй, 19% – для третьей. Таким образом, при наличии в стволе гнили от корневой губки первой стадии отрезы в дрова при размерах гнили, не допустимых ГОСТ 9463–88 на круглые лесоматериалы, можно не проводить, что может повлиять на схемы раскряжевки для разных сортиментов и позволит повысить выход деловой древесины в среднем до 5%, а при индивидуальном подходе – до 15%.

Сучья являются одним из основных сортообразующих пороков древесных стволов и получаемых из них лесоматериалов. В соответствии с

рекомендациями (Яновский, Охлопков, 1981; Гриднев, 1990) расчеты проводили на относительных длинах стволов. Исследования показали, что средний процент числа сучьев всех учетных диаметров (от 0,5 и более) и качественного состояния (растущие, сухие) на относительных длинах стволов практически не зависят от толщины деревьев. Исходя из этого, были составлены общие средние ряды распределения числа сучьев разной толщины (3 см, 4–5 см) и качественного состояния (растущие – средний диаметр, сухие – средний диаметр) по относительным длинам стволов ели (рисунок 4).



Сучья диаметром 3 см встречаются на деревьях с таксационным диаметром 16 см и более, 4–5 см – 32 см и более. Поэтому общие средние ряды распределения сучьев данных учетных диаметров по относительным длинам ствола справедливы для соответствующих градаций толщины. Наибольший диаметр сучьев составил  $1,48 \pm 0,04$  от среднего на разных относительных высотах деревьев. Средние диаметры сухих сучьев составляют 0,60 от диаметров растущих.

Анализ интегрального числа сучьев на концах двухметровых отрезков ствола позволил получить данные о количественных и размерных показателях сучьев на погонном метре в той или иной части древесного ствола. Общее количество сучьев с увеличением толщины деревьев возрастает. Преобладающего усыхания сучьев у крупномерных деревьев не наблюдается. Среднее количество сучьев на погонный метр является устойчивой величиной и составляет 5–8 шт. для сучьев всех диаметров.

Учет и прогноз ресурсов древесины сучьев пока не введен в практику лесной инвентаризации. Это во многом связано с отсутствием нормативов для точного учета (в виде дополнений к сортиментным таблицам) и прогнозов (в виде дополнений к товарным таблицам), а также практикой утилизации древесины сучьев непосредственно на делянке в соответствии с лесозаготовительными технологиями и лесоводственными требованиями к очистке мест рубок.

Закономерные связи размерных характеристик сучьев древесных стволов ели с основными таксационными параметрами древостоев позволили установить объем древесины сучьев на отдельном дереве и рассчитать дополнения к сортиментным таблицам:

$$V_c = \frac{0,001058 + 0,005001 \cdot \text{LN}(D_{1,3}) - 0,00788 \cdot \text{LN}(R)}{(1 - 0,24557 \cdot \text{LN}(D_{1,3}) + 0,005422 \cdot \text{LN}(R))} , r^2=0,95; m_y=0,001 \quad (2)$$

где:  $V_c$  – объем сучьев первого порядка на древесном стволе, м<sup>3</sup>;  $D_{1,3}$  – диаметр ствола на высоте 1,3 м., см;  $R$  – номер разряда высот древостоя по сортиментным таблицам (3 – 6),  $r^2$  – коэффициент детерминации,  $m_y$  – основная ошибка уравнения.

Дополнения к товарным таблицам построили на основе моделей рядов распределения числа деревьев по толщине в зависимости от среднего диаметра и средней высоты древостоя:

$$V_c = -30,6789 + \frac{105,245}{D_{cp}} + 4,64696 \cdot H_{cp} - 0,23321 \cdot H_{cp}^2 + 0,004143 \cdot H_{cp}^3 , \quad (3)$$

$$r^2=0,87; m_y=1,31$$

где:  $V_c$  – запас сучьев, % от общего запаса древостоя;  $D_{cp}$  – средний диаметр древостоя, см;  $H_{cp}$  – средняя высота древостоя, м.

Объем сучьев достигает 5–8% от общего запаса древостоя и от 6 до 15 м<sup>3</sup>/га для древостоев разных разрядов высот.

Заражение деревьев ели корневыми гнилями происходит преимущественно за счет контактов корней больных и здоровых деревьев. Среди факторов защитной устойчивости ели, действующих на механическом, тканевом и клеточном уровнях, важными являются ее биохимические защитные механизмы. Терпены и смолы, входящие в состав живицы, играют роль защитных веществ, предохраняют механически поврежденные ткани от высыхания и внедрения грибов. Защитные функции живицы определяются составом терпенов и их специфическими свойствами. По данным П.А. Положенцева и Л.А. Золотова (1970) пониженное содержание  $\Delta^3$  – карена в больных деревьях нарушает синергизм действия терпенов, что делает живицу малотоксичной для мицелия дереворазрушающих грибов. Hanover (1971), Федоров (1984), Чернодубов (1984), Стороженко (1989) отмечают высокую наследуемость состава терпенов, стабильность для древесной породы данного вида с возрастом и при произрастании в разных экологических условиях.

Для исследования влияния химического состава живицы ели на ее устойчивость к корневым гнилям были проанализированы методами жидкостной и электронной хроматографии образцы живицы и хвои больных и здоровых деревьев. Из полученных результатов были сделаны выводы о том, что химический состав живицы ели оказывает влияние на поражаемость ее корневыми гнилями. С понижением содержания  $\alpha$  – пинена и повышением

содержания  $\Delta^3$  – карена отмечается уменьшение поражаемости деревьев ( $R=0,72$ ). Содержание  $\beta$  – пинена и  $\Delta^3$  – карена в значительной степени варьирует. Содержание монотерпенов в живице и хвое ели различно. Наиболее существенное различие отмечается в отношении  $\Delta^3$  – карена. Высокая наследуемость состава терпенов и существенная зависимость поражаемости ели гнилями от содержания отдельных монотерпенов говорит о перспективной возможности искусственного формирования популяций ели, устойчивых к корневой губке, систематическим отбором семенного материала.

## **5. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОРТИМЕНТНОЙ И ТОВАРНОЙ СТРУКТУРЫ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ**

Для рационального использования вовлекаемых в эксплуатацию лесов важно правильно установить сортиментную и товарную структуру древостоев, характеризующуюся выходом древесины различных категорий и целевой направленности. Вопросами сортиментации и товаризации ельников Европейского Севера занимались Н.В. Третьяков (1934, 1952), П.В. Горский (1962), А.Г. Мошкалев (1974, 1982), И.И. Гусев (1978), В.Л. Черных (1982), И.И. Гусев, С.В. Коптев (1991, 1999).

Так как рост и строение насаждений внутри ареала той или иной древесной породы может существенно различаться, особое внимание следует уделять разработке региональных таксационных нормативов (Загреев, 1978). О преимуществах применения региональных нормативов говорят в своих работах П.В. Горский (1962), П.В. Воропанов (1970), В.М. Павлов (1971), И.И. Гусев (1978), В.В. Пироговский, Н.В. Павлов (1990). Таксация лесов с использованием региональных нормативов, учитывающих особенности строения древостоев, образовавшихся естественным путем, оправдана и дает более точные результаты.

Для определения района использования нормативов таксации сортиментной и товарной структуры необходимо целевое районирование. При выделении лесотаксационного района П.В. Воропанов (1970) предлагал использовать соотношение среднего диаметра и средней высоты древостоев. Различие этого соотношения внутри одного района не должно превышать 0,05 или 3% (Мошкалев, Крестьяшин, 1971).

Наши расчеты этого соотношения с учетом последних изменений в структуре северотаежных ельников показали: для ельников северной подзоны тайги  $1,24 \pm 0,03$ , для средней подзоны тайги  $1,14 \pm 0,03$  с разницей в 8%, что говорит о необходимости более дробного районирования. Район действия нормативов таксации сортиментной и товарной структуры шире, чем границы лесорастительных подзон и во многом обусловливается областью применения таблиц объема и сбega. Поэтому для сортиментных и товарных таблиц разработана специальная система районирования, учитывающая систематическое изменение выхода деловой древесины (6% для разных районов), относительной полноты (0,2 единицы), класса бонитета (2 класса).

Наши исследования показали значительно меньшие различия показателей для северной и средней подзон тайги (от 20 до 40%).

Достоверная схема комплексного ресурсно-экологического лесного районирования Архангельской области получена с использованием методов многомерной классификации (факторный, кластерный, дискриминантный анализ) лесничеств по однородности значений влияющих факторов (Шейнгауз, 1980; Хлюстов, Лямеборшай, 2013). На основе ресурсно-экологического районирования, разработанного для Архангельской области (Отчет ФБУ СевНИИЛХ..., 2012), нами составлены многофакторные товарные таблицы для северотаежных ельников.

При изучении закономерностей строения ельников Севера Европейской части России большинство исследователей (Воропанов, 1950, 1963; Баранов, Григорьев, 1955; Валяев, 1963; Комин, 1963; Мелехов, 1966, 1989; Анучин, 1969; Гусев, 1962, 1964, 1970; Дыренков, 1984) отмечали их сложную возрастную структуру. Практика лесоустройства не предусматривает определения типа возрастной структуры древостоев. Таксационные материалы включают сведения о среднем возрасте насаждения или поколения (при выраженных возрастных поколениях). Для практической таксации рекомендуется ограничиться выделением одновозрастных древостоев, условно-разновозрастных и разновозрастных, представленных двумя и более поколениями (Тараканов, 2004). Практическая таксация разновозрастных и условно-разновозрастных древостоев по возрастным поколениям усложняется отнесением деревьев к тому или иному поколению.

В северотаежных ельниках встречаются все варианты возрастной структуры, но в различном соотношении по площади. В наших опытных материалах одновозрастные древостои отсутствуют. На всех объектах исследования древостои имеют ту или иную разновозрастность. На 9% объектов возрастной диапазон деревьев составил до 100 лет, на 77% – от 101 до 200 лет, на 14% – более 200 лет (рисунок 5).

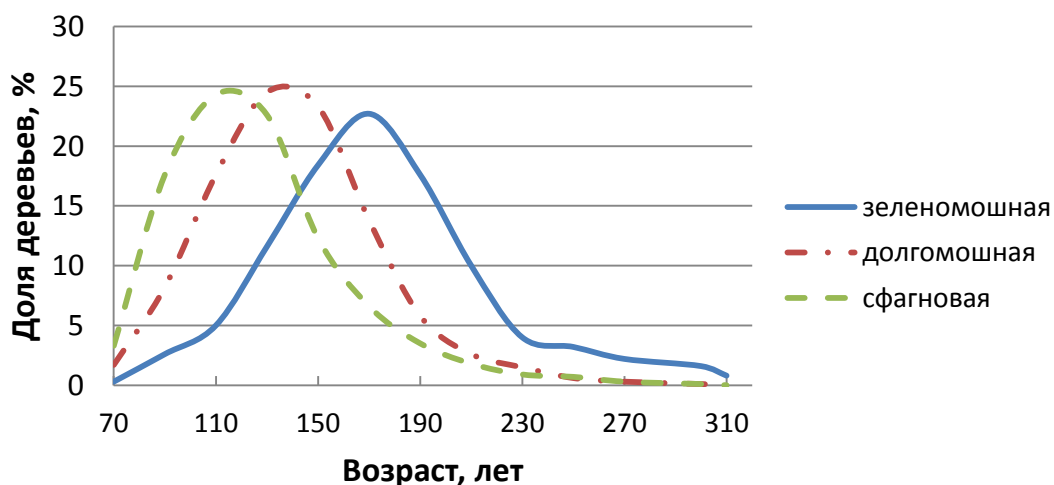


Рисунок 5 – Возрастная структура северотаежных ельников для различных групп типов леса

Возможность построения для разновозрастных древостоев единой кривой высот отмечали в своих работах Н.И. Баранов, К.И. Григорьев (1955), Н.В. Третьяков (1956), И.И. Гусев (1971), П.А. Анишин (1972).

Для сопоставления кривых высот в едином масштабе, независимо от разряда высот, оценку разрядных шкал проводили по относительным высотам. Предварительная группировка опытных материалов по разрядам высот не показала достоверного различия в относительных высотах. Сравнение среднего ряда относительных высот опытных материалов с рядами одновозрастных и разновозрастных древостоев (Гусев, 1978) показало, что для ельников исследуемого района следует использовать шкалу разрядов высот разновозрастных древостоев с некоторым допустимым расхождением (до 0,4 м в тонкомерной части).

С увеличением диаметра деревьев различие в соотношении их объемов и высот для характеристики разной возрастной структуры увеличивается. При одной и той же высоте деревья толстомерных ступеней разновозрастных и одновозрастных древостоев различаются в объемах на 0,01 – 0,03 м<sup>3</sup>. Опытные данные больше соответствуют объемам стволов разновозрастных древостоев (Гусев, 1978). С увеличением толщины деревьев степень совпадения увеличивается. Расхождение опытных данных с разновозрастными ельниками не превышает ±5%. Средняя квадратичная ошибка таблиц объемных таблиц составила ±3,9%.

Объемы стволов по ступеням толщины и разрядам высот выражаются уравнением:

$$V = 0,000229 \cdot R^{-0,5436} \cdot D^{2,58289}, \quad r^2=0,94 \quad m=0,002 \quad (4)$$

где  $V$  – объем ствола, м<sup>3</sup>;  $R$  – номер разряда высот древостоев (пределы от 3 до 6);  $D$  – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см.

Сортиментные таблицы составляли для деловых и дровяных стволов в трех вариантах представления информации на основании среднего выхода сортиментов по ступеням толщины и разрядам высот. Доля деловой древесины для полуделовых деревьев диаметром 16–28 см. составила от 60 до 62%, а для тонкомерных ступеней около 50%. Эти уточнения важны для низкотоварных древостоев (2–3 класса товарности), где количество полуделовых деревьев по нашим данным составляет в среднем 13,1±0,8% для второго и 23,0±0,9% для третьего класса товарности. Исследование распределения совокупности деловых и полуделовых деревьев по проценту выхода дровяной древесины и сырья для технологической переработки показало, что для 65–72% деревьев выход дровяной древесины составляет 1–6%. С помощью нормированного отклонения установлено, что деревья, у которых доля дровяной древесины или сырья для технологической переработки составляет более 26–28%, нарушают однородность совокупности и их следует включать в другую категорию. В перспективе предполагаем выделение при таксации до 3 категорий деловых деревьев и 1–дровяных с соответствующей доработкой нормативов (4-й вариант сортиментных таблиц).

С повышением разряда высот наблюдается возрастание выхода дровяной древесины в толстомерных ступенях. Заметное повышение выхода дровяной древесины вследствие влияния гнили наблюдается у деревьев ступени толщины 28 см и более.

На всех пробных площадях доля отдельных сортиментов была вычислена по фактическим данным и разработанным сортиментным таблицам. Систематическая ошибка колеблется от -1,1% до +2,4%, а средняя квадратичная не превышает  $\pm 3,8\%$ , то есть находится в пределах требуемой точности.

На основе анализа массового материала глазомерной таксации и рядов распределения нами установлено, что деревья диаметром более 40 см встречаются почти на 20% таксационных участков. Поэтому максимальный диаметр деревьев (ступень толщины) в региональных сортиментных таблицах должен составлять не менее 48–52 см.

Товаризация запасов крупных лесных массивов методами таксации отдельных древостоев требует значительных затрат времени и средств. Необходимость прогнозных расчетов и крупномасштабного моделирования оставляет товарные таблицы одним из важнейших нормативов таксации товарной структуры. Использование новых региональных многофакторных товарных таблиц позволяет более быстро, просто, а, в случаях низкой культуры производства и более точно определить наиболее вероятную товарную структуру насаждений. При использовании товарных таблиц, учитывающих все многообразие основных факторов, определяющих товарность древостоя, возможен частичный отказ от перечислительной таксации.

Строение древостоев по диаметру имеет важное значение, так как этот показатель в наибольшей степени определяет товарную структуру древостоя, тесно связан с другими таксационными характеристиками насаждения (Верхунов, 1975; Логашин, 1975; Сеннов, 1975; Войнов, 1985; Романюк, 1989; Манов, 2008). Для определения характера распределения изучили зависимость коэффициента изменчивости диаметра от среднего диаметра древостоя. С увеличением среднего диаметра древостоя происходит увеличение коэффициента изменчивости диаметров:

$$C_d = 18,3 + 1,55 \cdot D - 0,029 \cdot D^2, \quad m_c = \pm 0,07 \quad (5)$$

где:  $C_d$  – коэффициент изменчивости диаметров, %;  $D$  – средний диаметр древостоя, см.

Максимальное значение  $C_d$  составляет 47% (ельники черничные свежие), минимальное – 25%. (ельники сфагновые). Сравнение коэффициента изменчивости стволов по диаметру в исследуемых ельниках с условно-разновозрастными и разновозрастными древостоями показало возможность использования рядов распределения числа деревьев по ступеням толщины условно-разновозрастных ельников И.И. Гусева (1977) для составления региональных товарных таблиц и таблиц товарности для выборочных рубок.

Влияние разряда высот на распределения числа дровяных деревьев по ступеням толщины не выявлено как для отдельных, так и для групп разрядов высот. Распределение числа дровяных деревьев для древостоев со средним

диаметром от 12 до 16 см выравняли по функции Пирсона–1 типа, для древостоев со средним диаметром 18–28 см – по функции Шарлье. Отмечается смещение моды рядов распределения числа дровяных деревьев относительно рядов распределения общего числа деревьев в сторону тонкомерных ступеней примерно на одну 4-см ступень толщины (рисунок 6).

Часто возникает необходимость корректировки классов товарности древостоев. В работах многих исследователей (Мошкалев, 1964, Плотников, 1968, Филиппов, 1973, 1975) отмечается неоднородность укрупненных выделов, что ставит вопрос о корректности применения товарных таблиц для прогноза товарной структуры насаждений.

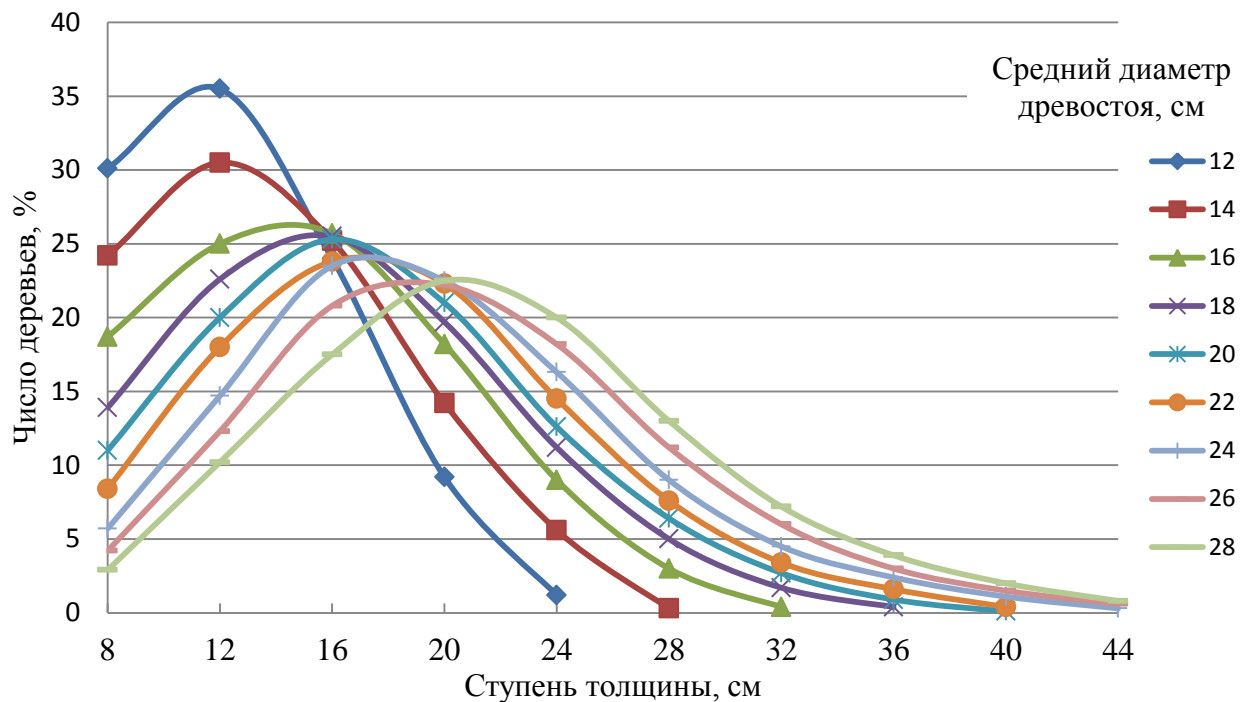


Рисунок 6 – Ряды распределения числа дровяных деревьев по ступеням толщины в северотаежных ельниках для различных средних диаметров древостоя, %

Исследование товарности укрупненных таксационных выделов показало, что в пределах таких выделов встречаются разные типы леса и древостои всех трех классов товарности. Несмотря на общее закономерное распределение в соседних древостоях наблюдаются значительные колебания запасов по причине неравномерного группового размещения деревьев. Для прогнозных расчетов товарности насаждений укрупненных выделов подобраны регрессионные модели связи вероятного числа лесных участков с запасом древесины той или иной категории. При таксации таких выделов по первому классу товарности получим систематическое завышение выхода деловой древесины на 2–3%, по второму классу – занижение на 6–8%. Это еще раз подтверждает необходимость натурального уточнения преобладающего класса товарности, камерального, основанного на вероятном распределении таксационных



участков по классам товарности, а также введения промежуточных классов товарности с соответствующей интерполяцией нормативов. На основе опытных материалов нами получено вероятное распределение таксационных участков еловых древостоев по проценту деловой древесины. Для северотаежных ельников в среднем 52,6 % насаждений относятся к 1 классу товарности, 45,7% – ко второму, 1,7% – к третьему. По мере понижения разряда высот наблюдается закономерное уменьшение процента деловых деревьев. Пониженную товарность древостоев можно ожидать в ельниках более низких разрядов высот, менее продуктивных типах леса, более высоком возрасте древостоев и низкой полноте.

Товарные таблицы составляли на основе авторских сортиментных таблиц с использованием рядов распределения относительного числа деловых и дровяных деревьев по ступеням толщины. Зависимость процента деловой древесины от числа деловых деревьев древостоя линейная и выражается уравнением:

$$Y = 0,903 \cdot X - 2,42, \quad r=0,9 \quad m_y=\pm 1,72 \quad (6)$$

$X$  – число деловых деревьев, %.

Математическое выравнивание выхода сортиментов в зависимости от среднего диаметра и высоты древостоя осуществлено по категориям крупности отдельно для первого, второго и третьего классов товарности. В качестве основной модели использована трехмерная дробно-рациональная функция ( $z=a+b/D+c/D^2+d \cdot H+e \cdot H^2$ ) с входными параметрами: средний диаметр ( $D$ ) и высота древостоя ( $H$ ). Оценку составленных товарных таблиц проводили по доле сортиментов в общем запасе древостоя на основе опытных материалов. При правильном определении исходных данных и, в том числе, класса товарности древостоя, ошибка определения выхода сортиментов по товарным таблицам находится в пределах требуемой точности.

Ельники вторичных генераций Европейского Севера представляют, в основном, смешанные елово-березовые древостои 3–5 классов возраста со средним составом насаждений 6,8Е 2,2Б 1,0С. Преобладающая их часть (около 85%) находится в эксплуатационных лесах при средней удаленности 40–50 км.

Для ельников вторичных генераций нами разработана новая шкала разрядов высот. Данная шкала имеет отличия от естественных коренных еловых древостоев для деревьев тонкомерных и толстомерных ступеней толщины на 5-8%. Соотношение средних диаметров и высот ельников вторичных генераций северной подзоны тайги соответствует 4 разряду высот ( $D/H=1,13-1,39$ ), средней подзоны – 3 разряду ( $D/H=1,0-1,25$ ). Этот показатель выше, чем в коренных древостоях в среднем на один разряд высот. Ряды распределения числа полуделовых и дровяных деревьев по диаметру имеют левостороннюю асимметрию и положительный эксцесс. Распределение числа деловых деревьев практически симметрично (величина асимметрии равна 0,19) и имеет малый отрицательный эксцесс. В расчете на более высокую товарность древесных стволов, обусловленную пониженными значениями фаутности, по сравнению с фоновыми значениями для коренных древостоев, новую

разрядную шкалу, смещенные ряды распределения необходима корректировка региональных сортиментных и товарных таблиц.

Таксация лесосек приносит соответствующие применяемым методам результаты в случае, когда культура производства достаточно высока. При этом важно точное определение площади перечета, размерных характеристик деревьев. Правильное выделение качественных категорий деревьев не всегда возможно даже при наличии опыта, так как внутренние пороки – гнили часто визуально не определяются. Основным таксационным параметрам древостоев соответствуют определенные показатели товарности. Чем более полно и точно учтены входные факторы, формирующие товарность насаждения, тем более точно будет определен выход сортиментов с использованием товарных таблиц. Нами предлагаются районированные многофакторные товарные таблицы и их многомерные модели для древостоев с входными параметрами: индекс типа леса (1–черничный, 2–долгомошный, 3–сфагновый); доля ели в составе; относительная полнота древостоя; класс товарности (1–3); средний диаметр и средняя высота древостоя. Входные параметры для модели выбраны по результатам факторного анализа на основе факторных нагрузок. Оценка таблиц по данным пробных площадей показала отсутствие систематической ошибки и среднюю квадратичную ошибку в пределах 5–7%.

Строение и рост лесных культур отличается от естественных насаждений (Корчагов, 2009). Нами изучена товарность искусственных насаждений в возрасте спелости на примере лесных культур С.В. Алексеева. Выход сортиментов в культурах имеет меньшее варьирование, чем в естественных древостоях, что объясняется меньшей изменчивостью основных размерных характеристик (Попов, Успенский, 1973). Установлено, что дровяные деревья в насаждениях естественного формирования и лесных культурах представлены по-разному, но распределяются по диаметру с одинаковой закономерностью, для деловых деревьев в культурах отмечается правостороннее смещение кривой распределения на две естественных ступени толщины. Различие в товарности естественных и искусственных насаждений наблюдается при диаметрах деревьев от 12 до 24 см. Выход крупномерных сортиментов из наиболее представленных численностями деревьев ступеней толщины на 5–10% выше, чем в естественных древостоях.

## **6. ОПТИМИЗАЦИЯ И ПРОГНОЗ ТОВАРНОСТИ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ**

Выбор вида рубок определяется, с одной стороны, лесоводственными требованиями по успешности лесовосстановления (Грязькин, Мельников, 1995; Дружинин, 2013) и, с другой стороны, экономическими соображениями, исходящими из рыночной ситуации. В разновозрастных древостоях сплошные рубки нецелесообразны ни с технологической, ни с экономической точки зрения (Воронков, 1976; Волосевич, 1978; Гусев, 1996, 1999; Кузнецова, 1986; Сеннов, 1991; Сеницын, 1987). Выборочные рубки с точки зрения снижения

интенсивности антропогенного воздействия на лесную экосистему и снижения трудозатрат за полный цикл воспроизводства являются наиболее эффективными (Грязькин, 2001, 2007; Тараканов, 2004; Чибисов, 2010). Влияние выборочных рубок на еловые древостои Европейского Севера изучали С.В. Алексеев, А.А. Молчанов (1964), П.В. Воропанов (1952), В.Н. Валяев (1984), И.В. Волосевич (1978), И.И. Гусев (1997, 1999), Г.А. Чибисов (1975, 2010).

Определение возраста спелости в разновозрастном насаждении возможно только в отношении спелой части древостоя. В зависимости от среднего возраста запас спелой и перестойной части древостоя в северотаежных ельниках составляет от 35 до 80% от общего запаса.

Результаты моделирования товарности выбираемой части еловых насаждений при проведении выборочных рубок приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Средние характеристики товарности еловых насаждений при выборочных рубках

Процент выборки	Отпускной диаметр, см	Деловая древесина, %			Дрова, %	Отходы
		крупная	средняя	мелкая		
Северная подзона тайги						
17,5	26,2	14,4	41,6	21,9	11,8	10,2
Средняя подзона тайги						
24,5	25,6	17,1	40,7	21,3	12,2	8,8

Многомерные линейные модели товарности приведены в таблице 4. Процент выборки в наибольшей степени определяется типом леса ( $R=0,96$ ), запасом древостоя ( $R=0,80$ ), средним диаметром и высотой ( $R=0,65 - 0,72$ ). Отпад деревьев среди оставшейся части древостоя на ближайшую перспективу (5 – 7 лет) определяется процентом выборки ( $R=0,96$ ), типом леса ( $R=0,94$ ).

Таблица 4. Модели прогноза товарности насаждений при проведении выборочных рубок

Параметр модели	Деловая древесина по категориям крупности, %			Дровяная древесина, %
	крупная	средняя	мелкая	
a	-22,4265	8,626852	93,26291	12,61468
P	-42,9102	64,57152	-18,3183	-5,59285
M	0,169365	-0,21626	0,041856	-0,00094
KLT	-0,06617	-6,90724	-3,51238	11,18033
D	1,657598	1,027799	-0,755	-0,60769
H	-1,37102	1,224646	-0,96567	0,733054
До	1,075619	-0,13381	-1,24626	-0,46499
R=	0,98	0,67	0,96	0,96
$m_y=$	3,7	8,3	3,7	1,5
Номер модели	(7)	(8)	(9)	(10)

Где: a – уровень регрессии; P – относительная полнота древостоя; M – запас древостоя, м<sup>3</sup>/г; KLT – класс товарности (1, 2, 3); D – средний диаметр

древостоя, см;  $H$  – средняя высота древостоя, м;  $D_0$  – отпускной диаметр, см;  $R$  – множественный коэффициент корреляции;  $m_y$  – основная ошибка уравнения, %.

Для 75% насаждений рекомендуется процент выборки в пределах 10–30%, для 9% насаждений, имеющих высокие полноту, запас, товарность – до 40%. Большое положительное влияние на устойчивость ели имеет примесь березы. При проведении очередных приемов выборочных рубок рекомендуем сохранять примесь березы до двух единиц в составе древостоя, характерную для модальных северотаежных ельников.

Нами установлено, что для восстановления дорубочных характеристик древостоя требуется примерно столько лет, какова была интенсивность выборки в процентах. Применение спектрального анализа показало, что наибольшее влияние на цикличность процесса оказывает 30-летняя область изменения прироста.

Для прогноза товарной структуры выбираемой части древостоя разработаны специальные таблицы товарности с входами: класс товарности, средний диаметр, средняя высота, отпускной диаметр. Оценка таблиц товарности выбираемой части древостоя по данным пробных площадей показала допустимые расхождения.

Товарность еловых насаждений с проявлением массового усыхания формируется под влиянием ряда факторов и резко снижается. Полный учет сухостоя и ликвидного валежа при материальной оценке лесосек, снижает общий выход деловой древесины до 50 – 55%. Применение для усыхающих ельников лесотаксационных нормативов, разработанных для насаждений с фоновыми значениями размеров усыхания деревьев, будет некорректным. При усыхании старовозрастной части насаждения нарушается естественное распределение числа деревьев по ступеням толщины. Ряды распределения аналогичны тем, которые получились бы в результате проведения неконтролируемой выборочной рубки средней или высокой интенсивности. На основе данного подхода и разработанных рядов распределения предложены нормативы прогноза товарности в ельниках с проявлением массового усыхания (таблица 5).

Таблица 5 – Фрагмент таблицы прогноза товарности северотаежных ельников в результате усыхания части древостоя (для среднего диаметра 26 см)

Средний диаметр, см.	Средняя высота, м.	Минимальный диаметр усохших деревьев, см.	Деловая древесина усохших / растущих деревьев, %			
			крупная	средняя	мелкая	итого деловой
26	22	20	32/0	43/46	6/22	81/68
		24	35/0	41/57	5/15	81/72
		28	42/7	35/56	5/11	82/74
		32	52/17	26/49	4/9	82/75

Для оценки изменения товарности усыхающих насаждений вводим понятие “показатель изменения товарности” (ПИТ):

$$ПИТ = \frac{Nd \cdot Sg}{Nd \cdot Sg \cdot Pd + Npd \cdot Sg \cdot Ppd + Ndr \cdot Sg \cdot Pdr}, \quad (11)$$

где:

ПИТ – показатель изменения товарности насаждения, %; Sg – сумма площадей сечений древостоя, м<sup>2</sup>/га; Nd – число деловых деревьев, шт.; Npd – число полуделовых деревьев, шт.; Ndr – число дровяных деревьев, шт.; Pd – средний выход деловой древесины из деловых деревьев, %; Ppd – средний выход деловой древесины из полуделовых деревьев, %; Pdr – средний выход деловой древесины (сырья для технологической переработки) из дровяных деревьев, %.

Средняя доля деловой древесины из деловых деревьев определяется по региональным сортиментным таблицам, полуделовых и дровяных деревьев по формулам:

$$Ppd = -5.1 + 5.09 \cdot D - 0.1268 \cdot D^2 + 0.001 \cdot D^3, \quad m=0.73, \quad r=0.997 \quad (12)$$

$$Pdr = -21.8 + 3.18 \cdot D - 0.049 \cdot D^2 + 0.0005 \cdot D^3, \quad m=0.92, \quad r=0.994 \quad (13)$$

где: D – таксационный диаметр, см.

Для оценки товарности на различных уровнях деградации насаждений выделяем 6 степеней изменения: 1. изменения товарности не отмечено (до 5%); 2. слабое (от 6 до 10% от фонового состояния); 3. среднее (от 11 до 25%); 4. сильное (26 – 50%); 5. очень сильное (51 – 80%); 6. полная потеря товарности (81% и более). Величина вероятного отпада оставшихся деревьев ели через 5–7 лет в зависимости от доли сухостоя может составлять до 35% от запаса древостоя.

Средняя продолжительность стояния на корню усохших деревьев ели составляет 5–6 лет (Огибин и др., 2009; Цветков, 2004; Sorensen и др., 2013) и их товарность может быть рассмотрена с разных позиций, в зависимости от технологических возможностей лесозаготовительных и перерабатывающих предприятий. На деловые сортименты еловой сухостой пригоден в течение 2–4 лет.

Размер неуклонно уменьшающегося лесопользования, рассчитанный для северотаежных ельников на территории Архангельской области с использованием многовариантной модели в перспективе на 100 лет (лесосека по обороту рубки) с учетом хозяйственного воздействия на интенсивность смены пород составил от 7,9 до 8,7 млн. м<sup>3</sup>/год при ежегодном возрастании возможного размера лесопользования на 5–10 тыс. м<sup>3</sup>. При реализации сценария без хозяйственного воздействия динамика размера пользования в северотаежных ельниках будет отрицательной. Расчеты, проведенные нами для ельников Архангельской области с использованием матричных моделей EFISCEN (European Forest Information SCENario model), которые основываются на сгруппированных таксационных по выделным данным, моделях прироста и

различных сценариях лесопользования (Sallnas, 1990; Трубин и др., 2000; Paivinen, 2010;) показали, что при полном использовании прироста (интенсивная модель) размер пользования может быть увеличен (до 10 млн. м<sup>3</sup>/год) при сохранении средней товарности. Прогноз лесопользования по действующей в лесоустроительной практике модели оптимизации изменяется от 11,3 до 6,8 млн. м<sup>3</sup>/год. При этом доля крупномерных сортиментов будет возрастать.

## **7. ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВА В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ВЫСОКОЙ ТОВАРНОСТИ**

Сбалансированный спрос на определенные сортименты должен стать одним из результатов реализации модели интенсификации лесного хозяйства. В настоящее время в регионе сложился устойчивый спрос на еловую древесину, используемую в качестве сырья для производства целлюлозы и пиломатериалов. Рубки ухода являются эффективным мероприятием, способным повлиять на качество будущих древостоев, сформировать целевую товарную структуру (Сеннов, 1991; Демина, Наквасина, 2013).

При проведении сплошных рубок в ельниках вторичных генераций спелость древостоя рекомендуется определять по целевому диаметру древостоя. Для разновозрастных и условно-разновозрастных ельников этот показатель не имеет практического значения, так как изменения средних параметров насаждения с возрастом не происходит (Столяров, Кузнецова, 1979; Дыренок, 1974) и они являются спелыми. Для одновозрастных ельников вторичных генераций в качестве целевого (Дц) рекомендуем использовать средний диаметр, полученный из максимального диаметра деревьев (Dmax) для данного древостоя:

$$D_{ц} = -47,953 + 18,943 \cdot \ln(D_{\max}), \quad r^2 = 0,98 \quad (14)$$

Максимальный диаметр деревьев древостоя, достигшего технической спелости на пиловочник (с выходом от 49 до 56% от запаса древостоя для разных разрядов высот) составляет 30–32 см.

Переход на абсолютные полноты при таксации древостоев решает проблему частого несоответствия нормативов полноты для нормальных насаждений, рассчитанных на основании вероятности, природе сложных насаждений, какими являются ельники. Для сформировавшихся насаждений относительная полнота остается важным параметром, который с достаточной точностью определяется при глазомерно-измерительной таксации и может быть использован для получения абсолютных полнот. Для определения абсолютной полноты в соответствии с изменением относительной полноты предложена формула:

$$P_a = -1,218 + 4,716 \cdot P + 0,1492 \cdot H + 0,4082 \cdot P^2 - 0,0036 \cdot H^2 + 1,538 \cdot P \cdot H, \quad (15)$$

$$r=0,99 \quad m_y=0,05$$

где:  $P$  – относительная полнота (0,5–1,0);  $H$  – средняя высота, м.

Использование многооперационных лесных машин значительно повышает производительность труда, повышает его безопасность, технологичность и культуру производства (Герасимов, 2009). Затраты на применение сортиментных технологий в среднем выше на 8–33%, чем хлыстовых (Фетищева, 2003). Необходимо наличие квалифицированного персонала и соответствующего уровня организации труда. Для северотаежных ельников минимальный размер расчетной лесосеки составляет не менее 40 тыс. м<sup>3</sup>/год на один комплекс машин с учетом времени на сервисные и ремонтные работы, а также перерыв на межсезонье. Доля лесных участков, доступных в летний период, должна составлять 35–50% от размера расчетной лесосеки (Герасимов и др., 2008). “Летняя доступность” составляет от 10 до 25% для различных лесничеств северной подзоны тайги, и от 25 до 60% для различных лесничеств средней подзоны тайги.

Важно установление оптимальной производительности комплекса многооперационных лесных машин для конкретных лесных участков. Если не учитывать организацию времени оператора (производственное время, ремонты и простои – 15%, перемещения – 5%, отвлечения – 5%), его опыт, профессиональную подготовку, возраст, что в конечном итоге определяет до половины общей производительности (Коптев и др., 2006), то модель производительности харвестера будет связана, в основном, с эксплуатационными характеристиками лесных участков: запас насаждения и его составляющие параметры (средний диаметр и высота, класс товарности, породный состав, средний возраст древостоя); средний объем деревьев на лесном участке и вырубаемых деревьев при несплошных рубках; доля вырубаемых деревьев от запаса древостоя; площадь лесных участков, поступающих в рубку; расстояние трелевки и вывозки к месту потребления. Во времени технологического цикла (наведение, захват, срезание ствола, подтаскивание, срезание сучьев, раскряжевка, смена рабочей стоянки) могут быть задержки на принятие решения об откомлевке при наличии напенной гнили, выборе дерева при выборочных рубках. Это особенно актуально при ведении заготовки в старовозрастных ельниках. Производительность в северотаежных ельниках для среднеразмерного харвестера в среднем составляет от 12 до 17 м<sup>3</sup>/в час для выборочных и сплошных рубок, соответственно, в зависимости от объема ствола и вида рубки. Производительность харвестера с увеличением среднего объема ствола растет в соответствии с логарифмической кривой. Получена многомерная модель производительности харвестера в зависимости от основных влияющих факторов: средние диаметр, высота, возраст древостоя; относительная полнота; запас древостоя; площадь выдела; коэффициенты учета высоты подроста, расстояния трелевки, возрастных изменений фауности насаждений. Наибольшими факторными нагрузками в данной модели обладают параметры,

характеризующие структуру древостоя. Производительность, получаемая по модели, соответствует высокому уровню подготовки оператора.

Комплексная переработка древесины возможна только на крупных и средних комплексных многопрофильных предприятиях. Учет факторов повышения товарности продукции возможен на любом лесопромышленном предприятии. Пути повышения выхода товарной продукции группируются по двум комплексным факторам: 1–внутренние (выработка сортиментов оптимальных размеров; выработка сортиментов с учетом фаутности и строения кроны; выработка сортиментов с учетом степени деструкции древесины; использование ресурсов маломерной древесины); 2–внешние (изменение технологий переработки древесины, пересортировка лесоматериалов, технологии переработки маломерной древесины, оптимизация продольной распиловки).

Транспортная составляющая в себестоимости лесной продукции при этом может достигать 50% (Воронков, 1976; Фетищева и др., 2003). Обоснованность затрат на транспортировку древесины от лесных участков определяется также ее размерными и качественными характеристиками. Крупная деловая древесина ели в северотаежном регионе экономически доступна на 100% лесных участков во всех лесотаксовых разрядах, средняя – в 1–3 разрядах. Экономическая доступность мелких сортиментов и дров близка к нулю при их транспортировке более 25 км. Распределение количества лесных выделов еловых насаждений по разрядам такс в регионе близко к симметричному с преобладанием 4 разряда.

Факторы экономической доступности северотаежных ельников могут быть сгруппированы по принципу внешнего и внутреннего характера их проявления относительно головной проблемы. Все группируемые факторы включают множество параметров, поэтому описываются как качественные:

- внутренние (количественные характеристики лесов; качественные характеристики лесов; устойчивость насаждений; доля вторичных насаждений; компактность лесных массивов; вид рубки, технологические ограничения).
- внешние (спрос на сортименты определенного качества и назначения; временной фактор; новые потребности населения; транспортная составляющая; рыночные цены).

Экономическая доступность участков выборочных рубок ограничена теми же факторами, что и для сплошных рубок. Дополнительно влияет процент выборки (сила его влияния – 0,85). При снижении товарности еловых насаждений (2-й класс товарности и ниже) экономическая доступность выборочных рубок резко снижается, так как выборка обеспечивается только за счет фаутных и поврежденных деревьев.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В результате проведения комплексных исследований установлены закономерности строения и региональные особенности формирования товарной структуры северотаежных ельников Европейского Севера России. Научно



обосновано решение проблемы повышения точности оценки ресурсного потенциала и товарности северотаежных ельников с разработкой комплекса таксационных нормативов, практических и методических рекомендаций таксации традиционных и дополнительно выявленных древесных ресурсов.

2. Установлено, что фаутоность северотаежных ельников не нарушает устоявшегося природного равновесия, является средней по степени проявления, имеет длительное развитие (средняя величина соотношения числа растущих и отпавших деревьев – 19), не является причиной распада древостоев, закономерно связана с таксационными параметрами. С улучшением лесорастительных условий, увеличением возраста насаждения доля основных пороков древесных стволов, ограничивающих выход сортиментов, возрастает. Среднее количество деревьев, пораженных разными видами дереворазрушающих грибов, для древостоев основных разрядов высот составляет 27–35% от общего количества деревьев. Потери деловой древесины от наличия пороков древесных стволов составляют в среднем 7–10% для древостоев различных разрядов высот.

3. Распространение гнилей в стволах деревьев еловых древостоев, их размерные и качественные характеристики имеют устойчивые закономерные связи с таксационными показателями древостоев. Объемы стволовых гнилей имеют общую тенденцию увеличения с повышением разряда высот и размерных характеристик гнили на пне. Абсолютные видовые числа гнилей уменьшаются с увеличением размеров гнили на пне (от 0,611 до 0,257). С понижением разряда высот происходит уменьшение абсолютных видовых чисел гнили. Средняя стадия гнилей составляет 2,2 – 3,0 для разных видов дереворазрушающих грибов. Деструктивные гнили древесины ели по содержанию целлюлозы являются “явными”, что приводит к существенному изменению физических и химических свойств древесины в первой стадии – 31% целлюлозы, коррозионные во второй стадии – 32% целлюлозы.

4. Количество сучьев, размерные характеристики, расположение по стволу, качественное состояние, форма и объемы имеют установленные нами закономерные связи с таксационными параметрами отдельных деревьев и древостоев. Определены объемы сучьев по ступеням толщины и разрядам высот как дополнение к сортиментным таблицам, а для древостоев в зависимости от среднего диаметра и высоты – как дополнение к товарным таблицам. Запас древесины в сучьях составляет до 8% от запаса древостоя и 6 – 15 м<sup>3</sup>/га для древостоев разных разрядов высот.

5. Относительный сбег стволов ели в комлевой части при величине более 160% следует рассматривать как доказательный признак наличия развитых внутренних гнилей.

6. Установлено, что защитная устойчивость ели к корневым гнилям – многофакторное явление, одним из которых является соотношение терпенов  $\alpha$  – пинена,  $\beta$  – пинена и  $\Delta_3$  – карена в химическом составе живицы. Наименьшую изменчивость имеет содержание  $\alpha$ –пинена (8,7%), наибольшую –  $\Delta^3$  карена (более 50%). Установлена высокая связь поражаемости гнилями с содержанием

$\alpha$ -пинена ( $r=0,72$ ). Высокая наследуемость состава терпенов свидетельствует о возможности искусственного формирования в северотаежных ельниках популяций ели, устойчивых к воздействию корневых гнилей систематическим отбором семенного материала.

7. Критериальное различие между северным и северотаежным районами применения нормативов таксации сортиментной и товарной структуры следует установить в пределах 3–4 % в среднем выходе деловой древесины.

8. Для 65–72% деловых деревьев выход дровяной древесины составляет 1–6%. Деревья с выходом дровяной древесины более 26–28% нарушают однородность совокупности и должны быть отнесены к другой категории. По мере понижения разряда высот наблюдается закономерное уменьшение доли деловых деревьев. При диаметре 16 см и более 60–65% полуделовых деревьев относятся к деловым.

9. Ряды распределения числа дровяных деревьев для разных средних диаметров древостоев по ступеням толщины в отличие от распределения общего числа деревьев имеют левостороннее смещение моды на 4 см.

10. Ельники вторичных генераций отличаются от коренных насаждений соотношением диаметров и высот на 5–8% в крайних ступенях толщины, левосторонним смещением рядов распределения числа дровяных деревьев на 2 ступени толщины, соотношением и алгоритмом выделения качественных категорий.

11. Выявлена неоднородность строения и товарной структуры укрупненных выделов, формируемых при низких разрядах лесоустройства, закономерные связи, характерные для лесных массивов.

12. Точность прогноза товарной структуры ельников может быть повышена применением разработанных нами многофакторных товарных таблиц, которые не имеют систематического отклонения от результатов перечислительной таксации, среднеквадратическая ошибка при определении выхода основных сортиментов составляет до 5–7%.

13. Различие товарности лесных культур и естественных насаждений определяется правосторонним смещением рядов распределения числа деревьев в культурах на 2 естественных ступени толщины, высокой полнодревесностью стволов и меньшей фаутностью. Выход крупномерных сортиментов из наиболее представленных численностями деревьев ступеней толщины на 5–10% выше, чем в естественных древостоях.

14. Оптимальную интенсивность выборки, целевой диаметр, прогнозы формирования товарности ельников выборочного хозяйства рекомендуем определять и проводить с использованием установленных закономерных связей с таксационными параметрами древостоев и лесоводственных рекомендаций. Для оценки товарности вырубленной части древостоя разработаны таблицы прогноза товарности. Расхождение результатов вычислений по таблицам с фактическими данными для разных сортиментов не превышает 3,5%.

15. Усыхание ельников – многофакторное природное явление и наблюдается в разновозрастных древостоях с явно выраженным перестойным

поколением. Установлено, что при усыхании разновозрастных древостоев число деревьев по ступеням толщины распределяется по типу сформированного в результате выборочной рубки средней и высокой интенсивности. Степень усыхания древостоя закономерно влияет на последующий отпад оставшейся ели ( $r^2=0,98$ ).

16. Для назначения лесохозяйственных мероприятий в усыхающих и низкотоварных еловых насаждениях предложен показатель изменения товарности (ПИТ) и 6 его степеней. В насаждениях 4–6 степени показателя изменения товарности рекомендуется назначать сплошные санитарные рубки и уборку валежа, 2–3-й степени – выборочные санитарные рубки.

17. Для ельников вторичных генераций в качестве критерия технической спелости предлагается использовать целевой диаметр древостоя (Дц), определяемый из наибольшего диаметра. Максимум среднего прироста запаса пиловочника приходится на Дц=20 см для III разряда высот, Дц=16 см для V разряда высот.

## **Основные публикации по теме диссертации.**

### **Монографии и учебные пособия**

1. Трубин Д.В. Динамика и перспективы лесопользования в Архангельской области / Д.В. Трубин, С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.В. Любимов, Р. Пайвинен, А. Пуссинен. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2000. – 96 с.
2. Любимов А.В. Географические информационные системы в отраслях лесного комплекса, сельском хозяйстве и охране природы (оцифровка изображений) /А.В. Любимов, В.К. Хлюстов, С.В. Коптев, Ю.Е. Колесников, С.В. Третьяков. – СПб.: ЛТА, 2000. – 117 с.
3. Третьяков С.В. Рекомендации по отводу и таксации лесосек в насаждениях Архангельской области / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.А. Бахтин, Н.Н. Соколов и др. – Архангельск, САФУ им. М.В. Ломоносова, 2014. – 100 с.
4. Богданов А.П. Лиственничные древостои Архангельской области / А.П. Богданов, С.В. Третьяков, С.В. Коптев. – Saarbrücken, Deutschland, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 67 с.

### **Публикации в изданиях по перечню ВАК РФ**

5. Гусев И.И. Сортиментная структура северотаежных ельников / И.И. Гусев, С.В. Коптев / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1991. – №4. – С. 3–11.

6. Гусев И.И. Товарные таблицы северотаежных ельников / И.И. Гусев, С.В. Коптев / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1992. – №1. – С. 9–15.
7. Коптев С.В. Фаутность северотаежных ельников / С.В. Коптев / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1992. – №2. – С. 20–27.
8. Гусев И.И. Сортиментная структура среднетаежных ельников / И.И. Гусев, С.В. Коптев / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1995. – №4–5. – С. 8–20.
9. Гусев И.И. Товарность среднетаежных ельников / И.И. Гусев, С.В. Коптев / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1998. – №5. – С. 7.
10. Коптев С.В. Товарность фаутных деревьев сосны / С.В. Коптев, О.Н. Ежов / Лесоведение, №3, 2005. – С.76 – 80.
11. Ершов Р.В. Товарность фаутных деревьев осины / Р.В. Ершов, С.В. Коптев, О.Н. Ежов, Р.В. Ершов / Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2007. – №5. – С. 36–39.
12. Коптев С. В. Модель улучшения образовательной системы в лесном секторе на региональном уровне [Текст] / С. В. Коптев, С. В. Терещенко, М. В. Данилова / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2008. – N 1. – С. 43–50.
13. Коптев С.В. Опыт сотрудничества Архангельского государственного технического университета с университетским колледжем в северном Тронделаге в области лесного образования и науки: материал технической информации / А. А. Бахтин, С. В. Коптев, С. В. Третьякой, О. Я. Соренсен // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2008. - N 1. – С. 39–43.
14. Коптев С.В. Сортиментные таблицы для лиственничных древостоев Европейского Севера / С.В. Коптев, С.В. Третьяков, А.П. Богданов / Вестник САФУ, Серия: Естественные науки. Архангельск, 2013, №3 – С. 59–65.
15. Коптев С.В. Товарные таблицы для таксации лиственничных древостоев Европейского Севера / С.В. Коптев, С.В. Третьяков, А.П. Богданов / Вестник САФУ, Серия: Естественные науки. Выпуск 4. – Архангельск, 2013. – С. 55–63.
16. Третьяков С.В. Сохранение и устойчивое управление агрокультурными ландшафтами в Каргопольском секторе Кенозерского Национального Парка / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, Н.А. Неверов, Н.С. Ильина / Вестник САФУ, Серия: Естественные науки. №3. – С. 40–47.
17. Коптев С.В. Закономерности формирования товарной структуры в усыхающих ельниках / С.В. Коптев / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – №5. – С. 42–48.

18. Коптев С.В. Товарная структура лесного массива северотаежных ельников и оценка классов товарности [Текст] / С.В. Коптев / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2015. – №2. – С. 90–98.
19. Коптев С.В. Товарные таблицы для таксации лиственничных древостоев Архангельской области методом круговых реласкопических площадок [Текст] / С.В. Коптев., С.В. Третьяков, А.П. Богданов / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2015. – №3. – С. 137–141.

### **Публикации в других изданиях**

20. Гусев И.И. Математическое моделирование интенсивности рубки в ельниках выборочного хозяйства: сб. науч. тр. / И.И. Гусев, С.В. Коптев, С.В. Третьяков // Проблемы лесовыращивания на Европейском Севере: сб. науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 1999. – С. 25–35.
21. Гусев И.И. Нормативы товаризации северотаежных ельников выборочного хозяйства / И.И. Гусев, С.В. Коптев // Экологические проблемы Севера : межвуз. сб. науч. тр. / Арханг. гос. техн. ун-т. – Архангельск, 2001. – Вып. 4. – С. 6–13.
22. Гусев И.И. Нормативы товаризации среднетаежных ельников выборочного хозяйства / И.И. Гусев, С.В. Коптев // Экологические проблемы Севера : межвуз. сб. науч. тр. / Арханг. гос. техн. ун-т. – Архангельск, 2000. – Вып. 3. – С. 5–11.
23. Гусев И.И. Состояние еловых насаждений выборочного хозяйства в Республике Коми / И.И. Гусев, С.В. Коптев, С.В. Третьяков // Экология таежных лесов: тез. докл. Междунар. конф., 14–18 сентября 1998 г., Сыктывкар, – Сыктывкар, 1998. – С. 234 – 235.
24. Гусев И.И. Товарность северотаежных ельников: сб./ И.И. Гусев, С.В. Коптев // Повышение продуктивности северотаежных ельников / АИЛиЛХ. - Архангельск, 1992. – С. 56–66.
25. Ипатов Л.Ф. Рост старейших культур в Обозерском лесхозе / Л.Ф. Ипатов, С. В. Коптев // Проблемы лесовыращивания на Европейском Севере: сб. науч. тр. / Арханг. гос. техн. ун-т. – Архангельск, 1999. – С. 49–53.
26. Коптев, С.В. Закономерности распространения гнилей в северо-таежных ельниках / С.В. Коптев // Научно-техническая конференция молодых специалистов, аспирантов и преподавателей «Вопросы рационального использования природных, сырьевых и энергетического ресурсов Европейского Севера, 25 июня 1991 г.»: тез. докл. - Архангельск, 1991. – С. 18.

27. Коптев С. В. Влияние химического состава живицы ели на поражаемость ее корневыми гнилями / С.В. Коптев // Проблемы экологии на Европейском Севере: сб. науч. тр. / Арханг. лесотехн. ин-т. – Архангельск, 1992. – С. 30–32.
28. Коптев С. В. Программа рекомендации интенсивности рубки в ельниках выборочного хозяйства: Информ. листок о науч.-техн. достижении № 199 – 97 / Арханг. центр. науч.-техн. информации / С.В. Коптев. – [б. м.] : ЦНТИ, 1997. – 3 с.
29. Коптев С. В. Перспективы несплошных рубок на Европейском Севере России / С.В. Коптев, Ежи Лесински // Труды XI съезда русского географического общества Санкт-Петербурга: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – СПб, 2000. – Т. 8: Лесоводство Севера на рубеже столетий (II Мелеховские чтения). – С. 226–227.
30. Коптев, С. В. Закономерности распространения гнилей деревьев сосны в таежных сосняках / С.В. Коптев, О.Н. Ежов, Р.В. Ершов // Вопросы ведения лесного хозяйства на Европейском Севере : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Арханг. гос. техн. ун-т, Лесохоз. фак. ; [отв. ред. канд. с.-х. наук А. А. Бахтин]. – Архангельск, 2004. – С. 23–27.
31. Коптев, С.В. Имитация естественной динамики лесных экосистем при проведении сплошных рубок в среднетаежных лесах Урала (Пермский край) / С.В. Коптев, А.С. Половинкин // Материалы всероссийской студенческой конференции. – Сыктывкар, 2008. – С. 68.
32. Коптев, С.В. Закономерности формирования ельников выборочного хозяйства и их товарной структуры [Текст] / С.В. Коптев, С.В. Третьяков, С.В. Ярославцев // Современная наука и образование в решении проблем экономики Севера: материалы Междунар. Науч.-техн. конф. Посвящ. 80-летию АЛТИ–АГТУ. – Архангельск, 2009. – С. 34–36.
33. Коптев, С. В. Закономерности формирования товарности ельников в зоне проявления массового усыхания / С.В. Коптев // Наука – северному региону: сб. материалов науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных, инженерно-технических работников и аспирантов по итогам работ за 2010 год / Сев. (Аркт.) федер. ун-т. – Архангельск, 2011. – С. 47.
34. Коптев С.В. Факторы формирования товарности ельников Севера / С.В. Коптев // Современные проблемы притундровых лесов: материалы Всерос. конф. с международным участием : 4–9 сентября 2012 г. / [отв. ред.: д-р с.-х. наук, проф. Е. Н. Наквасина] ; [Федер. гос. автоном. образов. учреждение высш. проф. образования «Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова» и др.]. – Архангельск, 2012. – С. 240–242.

35. Коптев С.В. Товарные таблицы северотаежных ельников для таксации лесосек методом круговых реласкопических площадок /С.В. Коптев/ Межвузовский сборник научных трудов “Экологические проблемы Арктики и северных территорий”. Выпуск 15. – 2012. – С. 87–89.
36. Коптев С. В. Ретроспективный анализ и прогнозы лесопользования в Архангельской области / С.В. Коптев, С.В. Третьяков, С.А. Демиденко // Экологические проблемы Арктики и северных территорий : Межвуз. сб. науч. тр. / Сев. (Аркт.) федер. ун-т ; отв. ред. П. А. Феклистов. – 2014. – Вып. 17. – С. 141 – 144.
37. Коптев С.В. Применение методов многомерной классификации при лесном районировании/ Коптев С.В., Третьяков С.В./ Сборник материалов международной конференции “ Теоретические и прикладные аспекты математики, информатики и образования”, САФУ – 2014. – С. 160–162.
38. Коптев С.В. Показатели и нормативы продуктивности кроны ели северной тайги /С.В. Коптев/ Eastern European Scientific Journal (ISSN 2199-7977), (Gesellschaftswissenschaften): Dusseldorf (Germany): Auris Verlag, №2, 2015, P. 12–16.
39. Коптев С.В. Особенности формирования товарности ельников вторичных поколений /С.В. Коптев, Р.А. Ершов / Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск. – САФУ. – 2015. – С. 57–59.
40. Коптев С.В. Прогнозы использования и товарность северотаежных ельников / С.В. Коптев, С.В. Третьяков/ Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск. – САФУ. – 2015. – С. 60–62.
41. Коптев С.В. Влияние химического состава монотерпенов ели на устойчивость к корневым гнилям / С.В. Коптев, М.В. Богданов / Межвузовский сборник научных трудов. VI Международная конференция “Физикохимия растительных полимеров“, Архангельск, 2015. – С. 142–145.
42. Лесоводственно-экологические аспекты оставления на корню лиственных деревьев при проведении сплошных рубок в среднетаежных смешанных насаждениях с подростом хвойных пород / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, А. А. Бахтин [и др.] // Современные проблемы притундровых лесов: материалы Всерос. конф. с международным участием: 4–9 сентября 2012 г. / [отв. ред.: д-р с.-х. наук, проф. Е.Н. Наквасина]; [Федер. гос. автоном. образов. учреждение высш. проф. образования «Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова» и др.]. – Архангельск, 2012. – С. 323–327.
43. Любимов А. В. Моделирование динамики лесного фонда Ленинградской и Архангельской области на 100 летнюю перспективу / А. В. Любимов, С.В.

- Коптев, С.В. Третьяков // Новости Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленности. – 1999. – № 2. – С. 11–12.
44. Моделирование лесопользования с использованием матричных моделей EFISCEN (на примере Каргопольского лесхоза Архангельской области) / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, А.В. Любимов [и др.] // Наука – северному региону : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Арханг. гос. техн. ун-т; [науч. ред. проф., д-р техн. наук Э.Н. Сабуров]. – Архангельск, 2004. – Вып. LX. – С. 337–345.
45. Перспективные сценарии развития лесов Ленинградской и Архангельской областей / Ари Пруссинен, Герт Ян Набуурс, А. В. Любимов, С.В. Коптев, С.В. Третьяков // Лес и природа на Северо - Западе России. – 2000. – с. 9–10.
46. Нормативы таксации насаждений ольхи серой на Европейском Севере / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.П. Богданов, С.А. Демиденко [и др.] // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвуз. сб. науч. тр. / Сев. (Аркт.) федер. ун-т; отв. ред. П. А. Феклистов. – Архангельск, 2014. – Вып. 17. – С. 177–181.
47. Совершенствование лесотаксационных нормативов в целях устойчивого лесопользования / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, А. П. Богданов, С. А. Демиденко // Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения: материалы Междунар. конф., посвящ. 180-летию науч. издания «Лесной журнал». – Архангельск, 2014. – С. 248–251.
48. Тетюхин, С. В. Динамика таксационных показателей смешанных древостоев и их хозяйственное значение в Лисинском учебно-опытном лесхозе Ленинградской области / С. В. Тетюхин, Л. П. Богомоллова, С. В. Коптев // Лесная таксация и лесостроительство: межвуз. сб. науч. тр. - Красноярск, 1999. – С. 28–32.
49. Третьяков, С. В. Естественные леса Архангельской области и перспективы лесопользования / С.В. Третьяков, С. В. Коптев // Коренные леса таежной зоны европы: современное состояние и проблемы сохранения : материалы Междунар. научно-практ. конф. Петрозаводск: СДВ-ОПТИМА. – 1999.– С. 53–54.
50. Третьяков С.В. Крупномасштабное долгосрочное моделирование лесопользования в Архангельской области / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, Д.В. Трубин [и др.]; Ин-т эколог. проблем Севера Урал. отд-ния РАН, Лаб. химии растительных биополимеров // Поморье в Баренц-регионе: экономика, экология, культура: материалы междунар. конф., Архангельск, 20–24 июня 2000 г. – Архангельск, 2000. – С. 234.
51. Третьяков С.В. Использование ГИС-технологий в лесном планировании / С.В. Третьяков, С.В. Коптев // Перспективы и направления развития



- информационных технологий при освоении лесов: материалы Всерос. науч. конф. – Архангельск– Соловки, 2009. – С. 199–202.
52. Третьяков, С. В. Выборочные рубки в смешанных древостоях / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, С. В. Ярославцев // Наука – северному региону : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Арханг. гос. техн. ун-т; [науч. ред. Э. Н. Сабуров, отв. за вып. А. В. Гурьев]. – Архангельск, 2010. – Вып. 83. – С. 23–26.
53. Третьяков, С. В. Ведение выборочного хозяйства в смешанных сосняках и ельниках северной и средней подзоны тайги Европейского Севера России / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, С. В. Ярославцев // Материалы международной научно-практической конференции, 22 – 23 марта 2011 года. – Санкт-Петербург: ФГУ СПБНИИЛХ, 2011. – Вып. 1 (24), Ч. 1. – С. 21–26.
54. Третьяков, С. В. Особенности формирования ельников после проведения выборочных рубок в смешанных высокопродуктивных насаждениях Обозерского лесничества / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, С. В. Ярославцев // Наука – северному региону : сб. материалов науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, науч., инженерно-техн.х работников и аспирантов по итогам работ за 2010 год / Сев. (Аркт.) федер. ун-т. – Архангельск, 2011. – С. 99 – 102.
55. Третьяков, С. В. Текущий прирост в ельниках выборочного хозяйства / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, С. В. Ярославцев // Сборник трудов ФГУ «СевНИИЛХ» по итогам научно-исследовательских работ за 2005–2009 / Федер. гос. учреждение «Сев. научно-исслед. ин-т лесн. хоз-ва», Сев. Аркт. Федер. ун-т им. М. В. Ломоносова; [отв. за вып. Н. А. Демидова и др.]. – Архангельск, 2011. – С. 140–144.
56. Третьяков С.В. Оставление на корню части исходного древостоя при проведении сплошных рубок для имитации естественной динамики смешанных древостоев / Третьяков С.В., Коптев С.В., Бахтин А.А./ Лесоуправление, лесоустройство и защита – настоящее, будущее. Материалы научно-практической конференции. Брянск, 2012. С. 4 – 7.
57. Третьяков С.В. Лесоводственно-экологические аспекты оставления на корню лиственных деревьев при проведении сплошных рубок в северотаежных смешанных насаждениях с подростом хвойных пород./ Третьяков С.В., Коптев С.В., Бахтин А.А., Демиденко С.А., Горбунов А.А., Сунгуров Р.В./ Современные проблемы притундровых лесов. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Архангельск, 2012. – С. 323 – 327.
58. Третьяков С.В. Нормативы для таксации лиственных древостоев, произрастающих на границе ареала их естественного распространения (Архангельская обл.) / Третьяков С.В., Коптев С.В, Богданов А.П., Дубинин

- А.С., Бахтин А.А./ Матер. 3-й Междунар. научно-практич. конф.; Новосибирск, 29 ноября-1 декабря 2012 г. – М.: ФГУП «Рослесинфорг» “Государственный лесной реестр, государственная инвентаризация лесов и лесоустройство”. – 2013. – С. 233–236.
59. Ярославцев, С. В. Нормативная база для инвентаризации притундровых ельников Европейского Севера России / С. В. Ярославцев, С. В. Коптев // Современные проблемы притундровых лесов: материалы Всероссийской конференции с международным участием: 4-9 сентября 2012 г. / [отв. ред.: д-р с.-х. наук, проф. Е. Н. Наквасина]; [Федер. гос. автоном. образов. учреждение высш. проф. образования «Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова» и др.]. – Архангельск, 2012. – С. 288–291.
60. Ярославцев, С. В. Сортиментная и товарная структура ельников Крайнего Севера / С. В. Ярославцев, С. В. Коптев // Современные проблемы притундровых лесов: материалы Всерос. конф. с международным участием : 4-9 сентября 2012 г. / [отв. ред.: д-р с.-х. наук, проф. Е. Н. Наквасина] ; [Федер. гос. автоном. образов. учреждение высш. проф. образования «Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова» и др.]. – Архангельск, 2012. – С. 291–297.