

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 630×232:630×5 (043.3)

КОЦАН
Владимир Васильевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ
ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ
В ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

по специальности 06.03.02 – лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация

Минск 2016

Работа выполнена на кафедре лесоустройства в учреждении образования
«Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель

СЕВКО Оксана Александровна,
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, декан факультета доуниверситетской
подготовки учреждения образования
«Белорусский государственный
технологический университет»

Официальные оппоненты:

БАГИНСКИЙ Владимир Феликсович,
член-корреспондент НАН Беларуси, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры лесохозяйственных дисциплин
Гомельского государственного университета
им. Франциска Скорины

БУЙ Андрей Александрович,
кандидат сельскохозяйственных наук,
начальник отдела лесного хозяйства
Гродненского ГПЛХО

Оппонирующая организация ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»

Защита состоится 7 июня 2016 г. в 10⁰⁰ часов на заседании совета по защите
диссертаций К 02.08.01 при УО «Белорусский государственный технологический
университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Тел.: +375 (17) 327-74-52, факс +375 (17) 3276217, e-mail: kovalevsky@belstu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский
государственный технологический университет».

Автореферат разослан 5 мая 2016 года

Ученый секретарь совета

по защите диссертаций,

кандидат сельскохозяйственных наук



С. В. Ковалевский

ВВЕДЕНИЕ

Повышение продуктивности лесных насаждений – одна из важнейших задач лесного хозяйства. В «Стратегическом плане развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 год» отмечается необходимость формирования высокопродуктивных насаждений путем проведения рубок ухода за лесом. Реализация указанного приоритетного мероприятия, направленного на повышение продуктивности древостоев, увеличение запасов спелой древесины хозяйственно ценных пород, а также улучшение их товарной структуры, рациональное использование прироста и регулирование отпада, возможна, в том числе при оптимизации пространственной структуры древостоя.

Рубки ухода за лесом – актуальный, необходимый и в то же время сложный комплекс лесохозяйственных мероприятий. От правильности и своевременности их проведения зависят пространственное размещение деревьев и продуктивность древостоя. Изменение пространственной структуры древостоя происходит как при проведении рубок ухода, так и под влиянием конкурентных взаимодействий между деревьями. Недостаточное количество научной информации в отечественной и зарубежной литературе по повышению продуктивности древостоев посредством изменения пространственной структуры обуславливает актуальность диссертационного исследования.

По состоянию на 01.01.2015 сосновые насаждения занимают 50,3 % лесного фонда Республики Беларусь, 35,2 % от их общей площади составляют сосняки мшистые. Таким образом, практическая необходимость исследований продиктована потребностью в разработке новых подходов к проведению рубок ухода, позволяющим избежать потерь прироста по запасу. Все изложенное и определило необходимость проведения исследований по избранной теме.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами), темами. Диссертационная работа выполнялась в 2011–2015 гг. и явилась составной частью научно-исследовательских тем кафедры лесоустройства:

1) ГБ 4–11 «Совершенствование системы лесоинвентаризации на основе использования современных методов таксации и лесотаксационного оборудования, информационных технологий, материалов дистанционного зондирования лесов, систем спутниковой навигации, имитационного моделирования и методов оптимизации лесохозяйственных процессов» (2011–2015 гг.);

2) ХД 12–464 «Разработка пространственной электронной модели и базы данных дендропарка ГЛХУ «Скидельский лесхоз» (2012 г.);

3) ГБ 13–038 «Определение зависимости таксационных показателей от пространственной структуры в сосняках мшистых искусственного происхождения» (2013 г., № гос. регистрации 20130439).

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь,

отраженным в п. 10.7 и 10.10 постановления Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является изучение взаимосвязей таксационных показателей чистых сосняков мшистых с их пространственной структурой и разработка лесотаксационных моделей для совершенствования методов отбора деревьев в рубки ухода, оптимизации пространственной структуры и повышения продуктивности древостоев.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

- разработать методику создания пространственных электронных моделей древостоев в геоинформационных системах для вычисления пространственно-конкурентных показателей;
- исследовать зависимость диаметра, высоты и объема ствола деревьев в чистых сосняках мшистых от их пространственной структуры;
- разработать методику классификации деревьев в чистых сосновых древостоях на основании их пространственно-конкурентных показателей;
- оценить продуктивность сосняков мшистых в зависимости от пространственного размещения деревьев и составить таблицы динамики их таксационных и пространственных показателей;
- определить экономическую эффективность проведения рубок ухода в сосновых древостоях на основании их пространственной структуры.

Объектом исследования являются чистые сосняки мшистые в лесном фонде Республики Беларусь.

Предмет исследования – пространственная структура и продуктивность древостоев.

Научная новизна. Автором впервые в Республике Беларусь выявлены взаимосвязи между таксационными показателями деревьев и критериями их пространственного размещения с использованием ГИС-технологий в чистых сосняках мшистых. С помощью пространственно-временного моделирования получены новые данные о продуктивности насаждений в зависимости от их пространственной структуры. Основываясь на выявленных взаимосвязях, проведено построение таблиц динамики таксационных и пространственных показателей чистых сосняков мшистых. Разработана классификация деревьев на основании пространственно-конкурентных показателей и предложено ее использование при отборе деревьев в рубки ухода.

Положения, выносимые на защиту.

1. В чистых сосняках мшистых на основании их пространственной структуры выделены классы конкуренции деревьев (доминирующие, средние, угнетенные) и установлены различия между их таксационными показателями. Объем ствола доминирующих деревьев больше, чем у деревьев среднего класса конкуренции на 37,5–52,1 %, средние диаметр и высота – на 11,6–15,4 % и 4,6–11,8 % соответственно. Угнетенные деревья имеют таксационные показатели ниже, чем деревья среднего класса конкуренции: по объему ствола на 4,2–30,8 %, диаметру – на 4,7–11,9 %, высоте – на 5,1–11,8 %.

2. Прирост деревьев по диаметру, высоте и объему ствола в чистых сосняках мшистых зависит от их пространственного размещения. Формирование древостоев с учетом рассчитанных минимально допустимых расстояний между деревьями различных классов конкуренции (в 30 лет для доминирующих деревьев оно составляет 2,0 м, средних – 1,5 м, угнетенных – 1,0 м, в 50 лет для доминирующих деревьев – 3,0 м, средних – 2,5 м и угнетенных – 2,0 м) позволит увеличить их продуктивность на 3,8 %.

3. Проведение рубок ухода в чистых сосняках мшистых с использованием разработанных таблиц динамики таксационных и пространственных показателей и методики отбора деревьев в рубки ухода с учетом классов конкуренции позволит увеличить их рентабельность на 2,7–5,7 % в зависимости от возраста.

Личный вклад соискателя ученой степени. Диссертация является завершенной квалификационной научной работой, выполненной соискателем самостоятельно. Автором было заложено 19 пробных площадей в тринадцати лесхозах республики. В исследованиях использовалась таксационная и пространственная характеристика 3 786 деревьев с измеренными лично автором восьмью радиусами крон у каждого из них. Автором самостоятельно определены цели и задачи исследований, проведен анализ опытного материала и выполнена его статистическая обработка, написан текст диссертации, сформулированы выводы и защищаемые положения, осуществлено внедрение результатов в производство. В научных публикациях [2–4, 6, 11, 17, 18, 21, 22] диссертантом разработана методика создания пространственных электронных моделей с помощью ГИС-технологий. В статьях [1, 5, 7–10, 12–16, 19, 20] проанализированы зависимости таксационных и пространственных показателей чистых сосняков мшистых, разработана методика классификации деревьев в древостоях на основании их пространственно-конкурентных показателей, показана возможность ее использования в практике лесного хозяйства, обобщены результаты исследования.

Автор благодарит научного руководителя, к. с.-х. н., доцента О. А. Севко, к. с.-х. н., доцента В. П. Машковского, к. с.-х. н., старшего преподавателя Н. П. Демида, а также всех сотрудников кафедры лесоустройства БГТУ за рекомендации, консультации и всестороннюю помощь при подготовке диссертации.

Апробация результатов диссертации. Основные методические положения и результаты исследования докладывались на ежегодных студенческих научно-технических конференциях БГТУ (Минск, 2008–2009), на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов БГТУ (Минск, 2009–2015), на международной научно-практической конференции «Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование» (Минск, 2010), на Республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС–2010» (Минск, 2011), на конкурсе ГИС-проектов студентов и аспирантов вузов Республики Беларусь в рамках празднования Международного дня ГИС 2013 (Минск, 2013), на Международной научно-практической молодежной конференции «Научные стремления–2013» (Минск, 2013), на V Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные

исследования в современном мире» (Санкт-Петербург, 2014), на III Международной научно-практической конференции молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование» (Москва, 2014), на IV–V Международном обучающем семинаре для студентов и аспирантов специальности «лесное хозяйство» на тему «Динамика, состояние и мониторинг лесных экосистем на особо охраняемых природных территориях» (Браслав, 2014–2015), на Международном научно-практическом семинаре «Современные технологии в деятельности ООПТ: ГИС, ДЗЗ» (Нарочь, 2015).

Опубликование результатов диссертации. Основные результаты диссертации изложены в 22 публикациях, из них 10 – в научных изданиях, включенных в перечень ВАК Республики Беларусь, и соответствуют п. 18 Положения ВАК о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, объемом 5,1 авторского листа, в том числе 4 статьи единолично, 12 публикаций в других изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики, четырех глав, заключения, библиографического списка, который включает 186 литературных источников, в том числе 23 на иностранных языках, а также список публикаций соискателя. Работа изложена на 111 страницах, включает 32 рисунка, 17 таблиц, 140 страниц приложений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе дан ретроспективный обзор исследований роста и продуктивности сосновых древостоев. Большой вклад в разработку данного направления внесли такие известные ученые, как А. В. Тюрин (1913), Г. Ф. Хильми (1955), С. С. Шанин (1965), В. В. Кузьмичёв (1977), Я. К. Матузанис (1977), А. П. Тябера (1982), В. Ф. Багинский (1984), В. Е. Ермаков (1984), О. А. Атрощенко (1986), Г. С. Разин (1990), Т. Н. Миндеева (1998), Н. В. Костин (1999), А. В. Швиденко (2006).

Кроме того, в главе также рассмотрено влияние на древостой его пространственной структуры, которое освещалось в работах А. Р. Родина (1966), П. Грейг-Смита (1967), А. В. Чудного (1976), М. А. Проскурякова (1983), Е. С. Мельникова (1999), В. А. Усольцева (2005), А. Н. Колобова (2011). Наиболее полный обзор исследований, посвященных данной тематике, выполнен в работе В. А. Усольцева (2003). До настоящего времени, однако, не сложилось окончательного представления об оптимальной пространственной структуре древостоев.

Обзор литературы показал, что моделирование роста древостоя является системой, где взаимосвязаны закономерности его роста и естественного отпада. Вопросы моделирования хода роста древостоя рассматривались в работах ученых: В. В. Загреева (1978), О. А. Атрощенко (1980), Н. Н. Свалова (1983), В. В. Антанайтиса (1983), В. Ф. Багинского (1984), В. А. Усольцева (1997), А. Н. Колобова (2011). Большое внимание разработке математических моделей хода роста древостоев уделяется за рубежом (Е. Assman, F. Franz (1967), R. Curtis (1970), G. Wenk (1973), F. Heggl (1973), P. Ashton (1995), H. Pretzsch (1999), H. Bartelink (2002)).

Вместе с тем в настоящее время остается малоизученным мелкомасштабное пространственное распределение деревьев, несомненно влияющее на их таксационные показатели и продуктивность древостоев, что обуславливает научное и практическое значение диссертационного исследования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Закономерности динамики продуктивности чистых сосняков мшистых устанавливали по данным 19 постоянных пробных площадей, заложенных в тринадцати лесхозах, представляющих все семь лесорастительных районов Республики Беларусь.

Пробные площади закладывались по разработанной автором методике с использованием теодолита Т5 и лазерного дальномера Bosch PLR 50. На постоянных пробных площадях проводилось картирование местоположения каждого дерева (3 786 деревьев) и их горизонтальных проекций крон (8 радиусов для каждого дерева). Во время проведения полевых работ были взяты керны для определения радиального прироста деревьев. Все керны прошли предварительную обработку и сканировались с разрешением 4 800 dpi. На снимках кернов с помощью программного продукта QGIS в ручном режиме измерялся годичный радиальный прирост ствола за последние 10 лет.

Камеральная обработка полевых материалов проводилась с использованием программы для обработки данных на постоянных пробных площадях в пакете программ MS Excel 2003, разработанной кафедрой лесоустройства БГТУ (В. П. Машковский).

Создание пространственных электронных моделей древостоев на постоянных пробных площадях проводилось в среде QGIS. Полученные модели сочетают в себе картографическую и атрибутивную информацию об объектах исследований (рисунок 1).

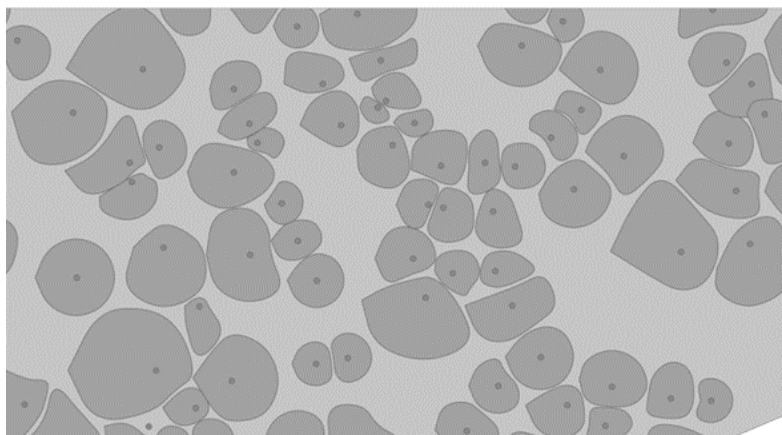


Рисунок 1. – Фрагмент электронной пространственной модели древостоя на постоянной пробной площади в среде QGIS

С помощью электронных пространственных моделей получено цифровое описание пространственной структуры насаждений для ее детального анализа.

Автоматическое определение деревьев-конкурентов, их средних таксационных и пространственных показателей и индексов конкуренции (*CI*) проводилось с помощью разработанного автором в среде Visual Basic макроса для пакета программ MS Excel 2003.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

В настоящее время известно более 100 классификаций деревьев, в которых используются пространственно-конкурентные показатели. Основываясь на работах А. А. Вайса (2008), В. А. Усольцева (2010), А. Н. Колобова (2011) и др., а также на собственных данных, автор разработал классификацию деревьев по пространственно-конкурентным показателям.

В основу ее положена следующая рабочая гипотеза: основное влияние на дерево оказывают деревья-конкуренты. Деревом-конкурентом является дерево из числа соседних, имеющее с анализируемым деревом пересечение площадей роста (круг вокруг ствола дерева с радиусом, равным среднему радиусу горизонтальной проекции кроны).

Первоначально проводилась оценка каждой связи дерева с его деревьями-конкурентами. Если высота дерева выше, чем дерева-конкурента, их связи присваивается значение «+1»; если его высота ниже высоты дерева-конкурента,

связь получает значение «-1»; если высоты равны, связь имеет значение «0». После определения значений связей со всеми деревьями-конкурентами по значению их суммы устанавливался класс конкуренции дерева. При сумме, имеющей значение от +2 и больше, дерево относилось к классу «доминирующие» (его высота является выше средней высоты деревьев-конкурентов); если сумма связей имеет значение в пределах от -1 до +1 включительно, то дерево относится к классу «средние» (высота дерева равна средней высоте деревьев-конкурентов); если сумма связей имеет значение от -2 и меньше, то дерево принадлежит к классу «угнетенных» (его высота ниже средней высоты деревьев-конкурентов).

На основании анализа радиального прироста был проведен визуально-графический анализ предложенной классификации, который, показав различия в динамике радиального прироста трех классов конкуренции, подтвердил ее правомерность.

Дальнейший анализ выполнялся с учетом принадлежности деревьев к классам конкуренции. Исследование процентного соотношения деревьев разных классов конкуренции выявило следующую закономерность: процент доминирующих и угнетенных деревьев снижается с возрастом, а количество деревьев среднего класса конкуренции увеличивается от 82,9 % в 30 лет до 90,1 % в 65 лет (таблица 1).

Таблица 1. – Динамика процентного соотношения количества деревьев по классам конкуренции в чистых сосняках мшистых

Возраст древостоя, лет	Количество деревьев по классам конкуренции, %		
	доминирующие	средние	угнетенные
30	9,3	82,9	7,8
40	9,7	83,7	6,6
45	7,9	84,7	7,4
50	6,9	87,0	6,1
60	5,1	89,0	5,9
65	4,9	90,1	5,0

Для определения влияния деревьев-конкурентов на динамику таксационных и пространственных показателей деревьев для каждой пробной площади рассчитывались: площадь роста (s_p), средняя высота ствола деревьев-конкурентов ($h_{ск}$), средний диаметр ствола деревьев-конкурентов ($d_{ск}$), среднее расстояние до деревьев-конкурентов ($l_{ск}$), сумма площадей конкуренции ($s_{ск}$), отношение суммы площадей конкуренции к площади роста дерева (P_p).

В результате анализа таксационных показателей деревьев различных классов конкуренции выявлены следующие закономерности: объем ствола доминирующих деревьев больше на 37,5–52,1 %, чем у деревьев среднего класса конкуренции, средний диаметр стволов больше на 11,6–15,4 %, высота – на 4,6–11,8 %. Угнетенные деревья имеют таксационные показатели ниже, чем деревья среднего класса конкуренции по объему ствола на 4,2–30,8 %, диаметру ствола – на 4,7–11,9 %, высоте ствола – на 5,1–11,8 %.

Одним из главных количественных показателей пространственной структуры древостоев является среднее расстояние до деревьев-конкурентов.

Значение этого показателя по десятилетиям рассчитано в разрезе классов конкуренции. С возрастом оно увеличивается для всех классов (таблица 2).

Таблица 2. – Среднее расстояние до деревьев-конкурентов в чистых сосняках мшистых

Возраст древостоя, лет	Среднее расстояние до деревьев-конкурентов по классам конкуренции, м		
	доминирующие	средние	угнетенные
30	0,75	0,69	0,68
40	1,38	1,11	1,05
45	1,51	1,46	1,42
50	1,78	1,62	1,71
55	1,96	2,14	2,09
60	2,10	2,31	2,22

Проведен анализ зависимости таксационных показателей деревьев от критериев пространственной структуры древостоев. С возрастом среднее расстояние до деревьев-конкурентов увеличивается, что влечет за собой рост площади питания дерева и, как следствие, повышение его прироста. Анализ динамики значений объема ствола дерева показал, что в 60-летнем насаждении при расстоянии до деревьев-конкурентов более 1,5 м различия между деревьями доминирующего и угнетенного классов выше, чем в 30-летних древостоях (рисунок 2).

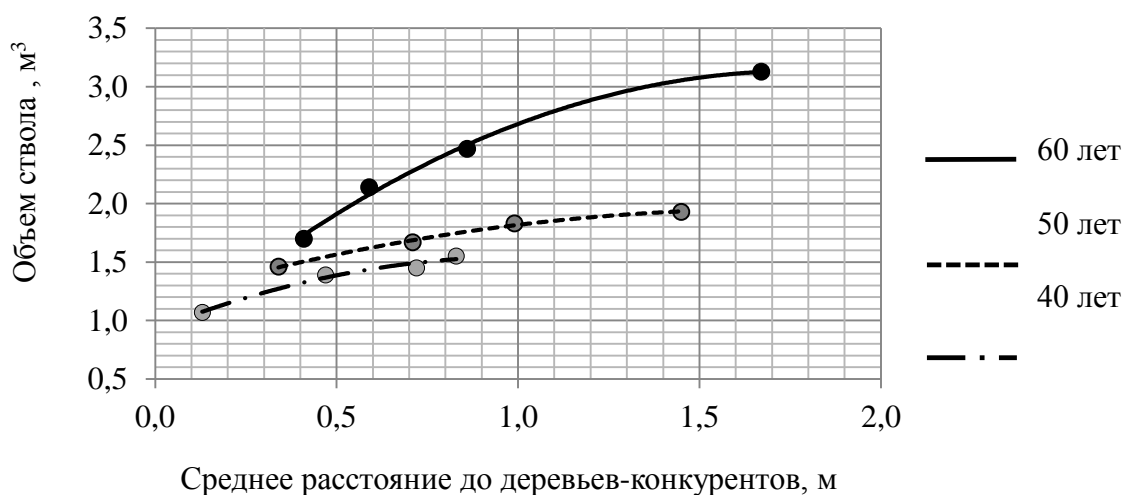


Рисунок 2. – Зависимость объема ствола дерева от среднего расстояния до деревьев-конкурентов в чистых сосняках мшистых

Для изучения конкурентного влияния деревьев друг на друга проводилось определение индексов конкуренции:

$$CI = \sum_n \left(\frac{h}{h_k} \cdot \frac{s_k}{s_{ck}} \right),$$

где n – количество деревьев-конкурентов, шт.;
 h – высота анализируемого дерева, м;
 h_k – высота дерева-конкурента, м;
 s_k – площадь конкуренции, м²;
 $s_{ск}$ – сумма площадей конкуренции, м².

Для каждого дерева на всех пробных площадях были определены индексы конкуренции и рассчитаны их средние значения для границ классов возраста. Значение индекса конкуренции с возрастом уменьшается (рисунок 3). В разрезе классов конкуренции деревьев можно отметить, что наиболее значительному конкурентному влиянию подвергаются угнетенные деревья, а наименьшему – доминирующие. Такая динамика характерна для всего изучаемого периода (40–60 лет).

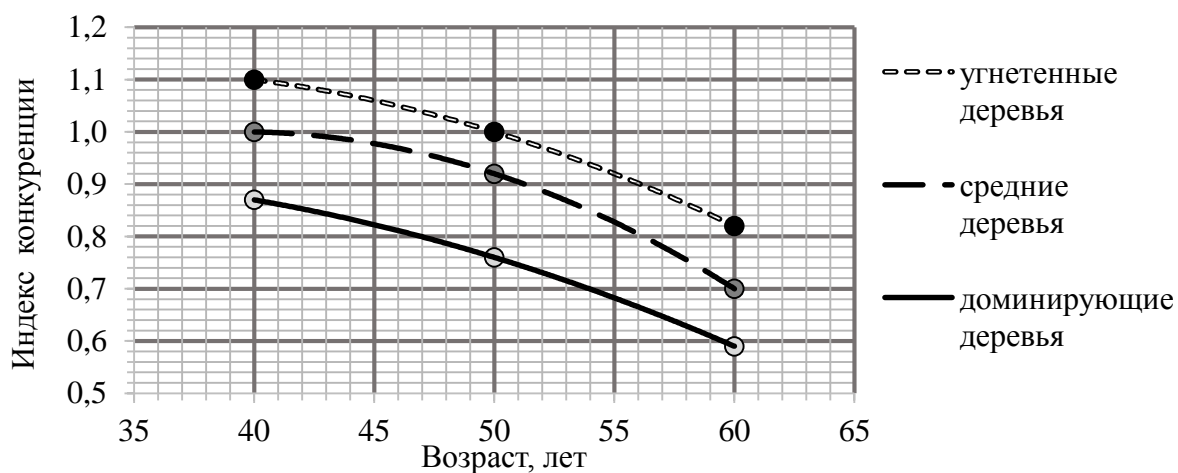


Рисунок 3. – Динамика индексов конкуренции различных классов конкуренции деревьев в чистых сосняках мшистых

В пакете программ Statgraphics XV.I проведено построение многофакторных регрессионных уравнений, из которых отобрано 27 максимально точно описывающих исследуемые зависимости таксационных показателей анализируемых деревьев от пространственных и таксационных показателей деревьев-конкурентов в чистых сосняках мшистых (таблицы 3–5).

Лесотаксационные модели зависимости диаметра ствола от пространственных показателей и таксационных показателей деревьев-конкурентов (таблица 3) отображают влияние на диаметр дерева таких показателей как, его высота (h), среднее расстояние до деревьев-конкурентов ($l_{ск}$), средний диаметр деревьев-конкурентов ($d_{ск}$), средняя площадь роста деревьев-конкурентов ($s_{срк}$), индекс конкуренции (CI). Все разработанные модели имеют коэффициент детерминации 0,761 и выше. В уравнениях, описывающих указанные зависимости в 30-летних древостоях, показатель индекса конкуренции является статистически незначимым.

Таблица 3. – Модели зависимости диаметра ствола от таксационных и пространственных показателей в чистых сосняках мшистых

Возраст, лет	Модели	Минимальное значение коэффициента детерминации	Минимальное значение критерия Фишера
30	$d = a \cdot h \cdot l_{ck} + b / S_{cpk} + c \cdot d_{ck}$	0,761	19,9
40	$d = a \cdot h \cdot l_{ck} + b / S_{cpk} + c \cdot d_{ck} + e \cdot CI$	0,780	15,4
50	$d = a \cdot h \cdot l_{ck} + b / S_{cpk} + c \cdot d_{ck} + e \cdot CI$	0,777	19,8

Примечание – d – диаметр дерева, см; a – свободный член уравнения, m^{-1} ; h – высота дерева, м; l_{ck} – среднее расстояние до деревьев-конкурентов, м; b – свободный член уравнения, м; S_{cpk} – средняя площадь роста деревьев-конкурентов, m^2 ; c – свободный член уравнения; d_{ck} – средний диаметр деревьев-конкурентов, см; e – свободный член уравнения, м; CI – индекс конкуренции.

В лесотаксационных моделях зависимости высоты ствола от таксационных и пространственных показателей (таблица 4), наряду с описанными выше, используются следующие показатели: площадь роста дерева (s_p), отношение суммы площадей конкуренции к площади роста дерева (P_n), средняя высота ствола деревьев-конкурентов (h_{ck}). Коэффициенты детерминации разработанных уравнений выше 0,779. В моделях зависимости высоты ствола от таксационных и пространственных показателей для 40-летних и 50-летних древостоев были исключены статистически незначимые показатели (средний диаметр деревьев-конкурентов (d_{ck}), отношение суммы площадей конкуренции к площади роста дерева (P_n)).

Таблица 4. – Модели зависимости высоты ствола от таксационных и пространственных показателей в чистых сосняках мшистых

Возраст, лет	Модели	Минимальное значение коэффициента детерминации	Минимальное значение критерия Фишера
30	$h = a \cdot h_{ck} \cdot s_p + b \cdot d_{ck} + c \cdot h_{ck} \cdot l_{ck} + e \cdot CI + f \cdot P_n$	0,860	38,6
40	$h = a \cdot h_{ck} \cdot s_p + b \cdot d_{ck} + c \cdot h_{ck} \cdot l_{ck} + e \cdot CI$	0,785	18,1
50	$h = a \cdot h_{ck} \cdot s_p + c \cdot h_{ck} \cdot l_{ck} + e \cdot CI$	0,779	12,0

Примечание – h – высота дерева, м; a – свободный член уравнения, m^{-2} ; h_{ck} – средняя высота деревьев-конкурентов, м; s_p – площадь роста дерева, m^2 ; b – свободный член уравнения; d_{ck} – средний диаметр деревьев-конкурентов, см; c – свободный член уравнения, m^{-1} ; l_{ck} – среднее расстояние до деревьев-конкурентов, м; e – свободный член уравнения, м; CI – индекс конкуренции; f – свободный член уравнения, м; P_n – отношение суммы площадей конкуренции к площади роста дерева.

Лесотаксационные модели зависимости объема ствола от таксационных и пространственных показателей (таблица 5) включают показатели, используемые выше (таблицы 3–4). Самое низкое значение коэффициента детерминации имеет

уравнение для 40-летнего древостоя – 0,749. Это свидетельствует о тесной связи выбранных показателей с объемом ствола и позволяет обосновать их дальнейшее использование для построения таблиц динамики таксационных и пространственных показателей чистых сосняков мшистых.

Таблица 5. – Модели зависимости объема ствола от таксационных и пространственных показателей в чистых сосняках мшистых

Возраст, лет	Модели	Минимальное значение коэффициента детерминации	Минимальное значение критерия Фишера
30	$v = a \cdot h \cdot s_p + b \cdot d_{ск} + c \cdot s_{срк} + e \cdot h \cdot l_{ск}$	0,767	19,6
40	$v = a \cdot h \cdot s_p + b \cdot d_{ск} + c \cdot s_{срк} + e \cdot h \cdot l_{ск}$	0,749	35,8
50	$v = a \cdot h \cdot s_p + b \cdot d_{ск} + c \cdot s_{срк} + e \cdot h \cdot l_{ск}$	0,843	26,1

Примечание – v – объем ствола дерева, м³; a – свободный член уравнения; h – высота дерева, м; s_p – площадь роста дерева, м²; b – свободный член уравнения, м²; $d_{ск}$ – средний диаметр деревьев-конкурентов, см; c – свободный член уравнения, м; $s_{срк}$ – средняя площадь роста деревьев-конкурентов, м²; e – свободный член уравнения, м; $l_{ск}$ – среднее расстояние до деревьев-конкурентов, м.

Описанные выше исследования подтверждают выдвинутую гипотезу о влиянии пространственной структуры на продуктивность, а статистические характеристики уравнений указывают на значимость этого влияния.

При анализе динамики радиального прироста было выявлено интенсивное уменьшение данного показателя в период от 40 до 55 лет (1–2 мм за 10 лет) и замедление данного процесса в древостоях старше 55 лет (0,3–0,5 мм за 10 лет) (рисунок 4).

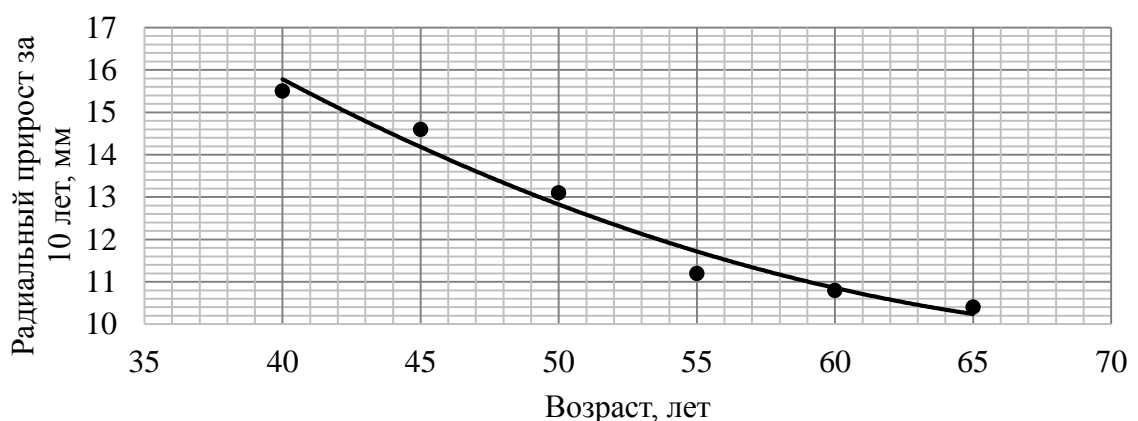


Рисунок 4. – Динамика радиального прироста деревьев в чистых сосняках мшистых

Для определения влияния пространственной структуры на продуктивность древостоя необходимо установить прирост по объему каждого отдельного дерева. С целью построения моделей зависимости прироста по объему ствола дерева от

показателей пространственной структуры данные были обработаны в пакете программ Statgraphics. Прирост по объему ствола в построенных моделях (таблица 6) зависит от высоты дерева (h) и средней площади горизонтальных проекций крон деревьев-конкурентов (s_p), среднего расстояния до деревьев-конкурентов ($l_{ск}$). Коэффициент детерминации для всех возрастов и классов конкуренции деревьев изменяется в диапазоне от 73,2 до 79,9.

Таблица 6. – Модели зависимости прироста ствола по объему от таксационных и пространственных показателей в чистых сосняках мшистых

Возраст, лет	Модель	Минимальное значение коэффициента детерминации	Минимальное значение критерия Фишера
40	$z_v = a \cdot h \cdot l_{ск} + b \cdot h \cdot s_p$	73,2	14,4
50	$z_v = b \cdot h \cdot s_p$	78,3	16,4
60	$z_v = a \cdot h \cdot l_{ск}$	77,7	16,6

Примечание – z_v – прирост по объему ствола, м³/год; a – свободный член уравнения, м; h – высота дерева, м; $l_{ск}$ – среднее расстояние до деревьев-конкурентов, м; b – свободный член уравнения; s_p – площадь роста дерева, м².

На основании полученных лесотаксационных моделей были построены таблицы динамики таксационных и пространственных показателей для чистых сосняков мшистых. Они разработаны для трех возрастных периодов (30–40, 40–50, 50–60 лет), для каждого из которых рассчитаны все показатели для деревьев трех классов конкуренции: доминирующих, средних и угнетенных.

Исходными данными для построения таблиц служили таксационные и пространственные показатели древостоев 40, 50 и 60-летнего возраста. Используя разработанные автором регрессионные уравнения зависимости (таблицы 3–5), были рассчитаны значения указанных показателей для древостоев с различной пространственной структурой (разным расстоянием до деревьев-конкурентов). На основании средних значений прироста таксационных показателей за последние 10 лет для древостоев различной пространственной структуры вычислены соответствующие их показатели в начале 10-летнего периода (таблица 7).

Соотношение деревьев различных классов конкуренции рассчитано в соответствии с экспериментальными данными для каждого возраста. С уменьшением количества деревьев растет средний диаметр, объем ствола и среднее расстояние до деревьев конкурентов. Во второй части таблицы для 50-летнего древостоя рассчитаны значения тех же показателей через 10 лет. Среднее расстояние до деревьев-конкурентов за 10 лет увеличивается даже в том случае, если рубка ухода не проводилась, за счет естественного изреживания древостоя и перехода деревьев в другие классы конкуренции.

Таким образом, на основании величины среднего диаметра деревьев каждого класса конкуренции можно определить их таксационную характеристику через 10 лет после проведения рубок ухода или без них.

Таблица 7. – Динамика таксационных и пространственных показателей чистых сосняков мшистых в возрасте от 40 до 50 лет

Класс конкуренции	40 лет						50 лет					
	Количество деревьев N , шт./га	Средняя высота H , м	Средний диаметр D , см	Объем ствола V , м ³	Запас M , м ³	Среднее расстояние до деревьев-конкурентов I_k , м	Количество деревьев N , шт./га	Средняя высота H , м	Средний диаметр D , см	Объем ствола V , м ³	Запас M , м ³	Среднее расстояние до деревьев-конкурентов I_k , м
Доминирующие	132	16,0	19,1	0,238	31	2,3	83	19,2	23,3	0,426	35	2,5
	108		19,5	0,248	27	2,5	68		24,5	0,472	32	2,8
	84		20,3	0,269	23	2,8	53		27,0	0,572	30	3,0
	72		21,8	0,310	22	3,0	45		30,2	0,716	32	3,3
	59		24,0	0,376	22	3,3	37		34,2	0,916	34	3,5
Средние	1439	15,8	15,3	0,150	216	1,3	1187	18,7	16,7	0,213	252	1,5
	1112		15,4	0,153	170	1,5	918		16,8	0,216	199	1,8
	639		15,5	0,155	99	1,8	528		17,0	0,220	116	2,0
	499		15,7	0,158	79	2,0	412		17,3	0,228	94	2,3
	360		15,8	0,161	58	2,3	297		17,6	0,236	70	2,5
	295		16,0	0,165	49	2,5	243		17,8	0,242	59	2,8
	230		16,2	0,169	39	2,8	190		18,0	0,247	47	3,0
Угнетенные	354	15,1	11,6	0,083	29	0,8	191	18,3	13,6	0,138	26	1,0
	221		12,2	0,092	20	1,0	120		14,0	0,145	17	1,3
	89		12,8	0,101	9	1,3	48		14,3	0,153	7	1,5
	64		13,3	0,108	7	1,5	35		14,7	0,161	6	1,8
	39		13,7	0,116	5	1,8	21		15,1	0,170	4	2,0

Для практического применения составленных таблиц разработан способ отбора деревьев в рубки ухода, основанный на минимально допустимых расстояниях между деревьями, принимаемых при отводе лесосек: в рубку назначаются деревья, расстояние между которыми меньше допустимых.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РУБОК УХОДА С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Сравнение двух способов отбора деревьев в рубки (с учетом и без учета пространственной структуры) показало, что при отборе деревьев в рубку с учетом пространственной структуры средний диаметр вырубаемой части больше на 5,4 %, а высота – на 1,7 % по сравнению с использованием низового способа. Это позволяет при одинаковом вырубемом запасе уменьшить количество деревьев, подлежащих рубке, на 12,7 %. Анализ вырубаемой части в разрезе сортиментной структуры свидетельствует, что при рубке с учетом пространственного размещения деревьев выход пиловочника на 8,3 % больше, а балансов – на 8,5 % меньше, чем при традиционном способе, благодаря чему возможно увеличение прибыли от продажи лесопродукции на 3,2 %.

Моделирование процессов формирования древостоев от 40 до 81 года с учетом и без учета пространственной структуры показало, что общие затраты на проведение рубок больше при способе, предложенном автором, за счет усложнения процесса отвода лесосек в рубку (таблица 8). Однако выручка от продаж лесопродукции и прибыль от проведенных мероприятий при этом выше. Рентабельность рубок увеличивается от 7,3 % в 40-летних древостоях до 34,5 % при рубке главного пользования в 81 год.

Таблица 8. – Экономическая эффективность проведения рубок с учетом и без учета пространственного размещения деревьев

Возраст рубки, лет	Общие затраты, тыс. руб.		Выручка от продажи лесопродукции, тыс. руб.		Прибыль, тыс. руб.		Рентабельность, %	
	с учетом ПС	без учета ПС	с учетом ПС	без учета ПС	с учетом ПС	без учета ПС	с учетом ПС	без учета ПС
40	15 189	15 095	16 302	15 797	1 113	702	7,3	4,6
50	18 599	17 880	23 309	21 393	4 710	3 513	25,3	19,6
81	113 659	102 584	152 904	135 639	39 245	33 055	34,5	32,2

Примечание – ПС – пространственная структура.

Таким образом, из приведенных расчетов следует, что использование предложенного автором способа позволяет повысить рентабельность рубок ухода за счет изъятия более крупных деревьев. В результате в древостое конкуренция между деревьями уменьшается, что позволяет увеличить прирост стволовой древесины к возрасту рубки главного пользования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработаны методика сбора полевого материала о пространственной структуре древостоя и методика построения пространственных электронных моделей, позволяющие проводить инвентаризацию постоянных пробных площадей для получения детальной таксационной, описательной и картографической информации, а также в короткие сроки актуализировать имеющиеся данные [1, 3, 4, 8, 18, 21].

2. В чистых сосняках мшистых выявлены различия между таксационными показателями деревьев по классам конкуренции (доминирующие, средние, угнетенные). В 40-летнем возрасте деревья доминирующего класса конкуренции имеют значение высоты на 11,8 % больше, чем деревья среднего класса конкуренции, диаметра – на 11,6 %, объема – на 37,5 %; деревья угнетенного класса конкуренции имеют значения таксационных показателей ниже, чем деревья среднего класса конкуренции: объема – на 12,5 %, диаметра – на 6,4 %, высоты – на 11,8 %. В 50 лет деревья доминирующего класса конкуренции имеют значение диаметра на 13,7 % больше, чем деревья среднего класса конкуренции, высоты – на 9,4 %, объема – на 38,5 %; значение диаметра деревьев угнетенного класса конкуренции на 11,9 % меньше, чем деревьев среднего класса конкуренции, высоты – на 9,9 %, объема – на 30,8 %. В 60-летнем древостое значение диаметра деревьев доминирующего класса конкуренции на 15,4 % больше соответствующего значения у деревьев среднего класса конкуренции, высоты – на 22,7 %, объема – на 52,1 %; деревья угнетенного класса конкуренции имеют значение диаметра ствола на 4,7 % меньше, чем деревья среднего класса конкуренции, высоты – на 5,1 %, объема – на 4,2 % [2, 5, 11, 12, 15, 17, 19, 20].

3. Установлено, что соотношение деревьев различных классов конкуренции с возрастом изменяется. В 40-летнем древостое деревья доминирующего класса конкуренции составляют 9,7 % от общего количества деревьев, деревья среднего класса конкуренции – 83,7 %, угнетенные деревья – 6,6 %. В 50 лет в чистых сосняках мшистых количество деревьев доминирующего класса конкуренции уменьшается до 6,9 %, количество деревьев среднего класса конкуренции увеличивается до 87,0 %, количество угнетенных деревьев снижается до 6,1 %. В 60-летнем древостое количество доминирующих деревьев составляет 4,9 %, средних – 90,1 %, угнетенных – 5,0 % [7, 16].

4. Для установленных классов конкуренции в чистых сосняках мшистых определено среднее расстояние между деревом и его деревьями-конкурентами. В 40-летних древостоях для деревьев доминирующего класса конкуренции этот показатель равен 1,38 м, среднего – 1,01 м, угнетенного – 1,45 м. В 50-летнем возрасте названный показатель в древостоях увеличивается: для деревьев доминирующего класса до 1,78 м, для среднего – до 1,42 м, для угнетенного – до 1,81 м. В 60 лет деревья-конкуренты находятся на среднем расстоянии 2,10 м от деревьев доминирующего класса, от деревьев среднего класса конкуренции – 2,31 м, от деревьев угнетенного класса конкуренции – 2,22 м [6, 14, 22].

5. На основании результатов многофакторного регрессионного анализа установлены взаимосвязи таксационных показателей и пространственной структуры.

Описанные математические модели позволяют точнее определить средние таксационные показатели древостоев. Статистически обосновано включение в регрессионные уравнения следующих показателей пространственной структуры: площадь роста дерева, средняя площадь роста деревьев-конкурентов, среднее расстояние до деревьев-конкурентов, отношение суммы площадей конкуренции к площади роста дерева. Отобрано 45 лесотаксационных регрессионных уравнений, коэффициент детерминации которых не ниже 0,749. Вычисленное значение критерия Фишера для всех уравнений меньше критического при допустимой вероятности ошибки первого рода 5 % [9, 13].

6. Разработаны таблицы динамики таксационных и пространственных показателей средневозрастных сосняков мшистых для трех возрастных периодов (30–40, 40–50, 50–60 лет) в разрезе классов конкуренции деревьев. Использование данных таблиц позволяет проектировать проведение рубок ухода в чистых сосняках мшистых с учетом пространственной структуры, что дает возможность увеличить прирост древостоев по запасу на 3,8 % [10].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Картирование деревьев с использованием теодолита и лазерного дальномера и методика создания пространственных электронных моделей древостоев могут применяться для инвентаризации постоянных пробных площадей для получения детальной таксационной и картографической информации, что позволит совершенствовать систему актуализации объектов детального учета в лесном фонде Республики Беларусь.

2. Использование разработанных математических моделей зависимости диаметра, высоты, объема и прироста по объему ствола при камеральной обработке данных таксации и актуализации информации о лесном фонде и увеличивает точность их определения за счет включения в уравнения пространственно-конкурентных показателей.

3. Использование метода отбора деревьев в рубки ухода, основанного на конкурентных отношениях между деревьями, позволяет формировать оптимальную пространственную структуру древостоя, благодаря чему повышается общий прирост древостоя за счет уменьшения конкурентных взаимоотношений между деревьями.

4. Результаты исследования внедрены в ГЛХУ «Скидельский лесхоз» (акт внедрения от 20.12.2013), ГЛХУ «Копыльский лесхоз» (акт о практическом использовании результатов от 17.08.2015), филиал БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз» (акт о практическом использовании результатов от 03.08.2015), ГЛХУ «Логойский лесхоз» (акт о практическом использовании результатов от 11.08.2015), а также используются в учебном процессе кафедры лесоустройства БГТУ по дисциплине «Ландшафтная таксация с основами парколесоустройства», при курсовом и дипломном проектировании студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» (справки о внедрении от 11.11.2013 и от 03.11.2014).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Публикации в научных изданиях, включенных в перечень ВАК

1. Севко, О. А. Влияние дорожно-тропиночной сети на ландшафтно-таксационные характеристики древостоев / О. А. Севко, **В. В. Коцан** // Труды БГТУ. Сер. I, лесное хоз-во. – 2009. – Вып. XVII. – С. 26–28.
2. Севко, О. А. Картирование и обработка данных постоянных пробных площадей с использованием ГИС-технологий / О. А. Севко, **В. В. Коцан** // Труды БГТУ. Сер. I, лесное хоз-во. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 36–39.
3. Севко, О. А. Методика создания картографического материала и обработки данных подеревной таксации древостоев с использованием ГИС-технологий / О. А. Севко, **В. В. Коцан** // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А. И. Ковалевич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2010. – С. 366–373.
4. Севко, О. А. Методика создания цифровой модели пространственного распределения деревьев по материалам постоянных пробных площадей с использованием ГИС-технологий / О. А. Севко, **В. В. Коцан** // Труды БГТУ. Сер. I, лесное хоз-во. – 2011. – № 1(139). – С. 53–57.
5. Севко, О. А. Использование ГИС-технологий для оценки влияния пространственной структуры на таксационные показатели древостоев / О. А. Севко, **В. В. Коцан** // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А. И. Ковалевич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 336–344.
6. Севко, О. А. Оценка влияния пространственной структуры на таксационные показатели древостоев с использованием цифровой модели пространственного распределения деревьев / О. А. Севко, **В. В. Коцан** // Труды БГТУ. Сер. I, лесное хоз-во. – 2012. – № 1(148). – С. 57–59.
7. **Коцан, В. В.** Оценка возрастной структуры сосняков мшистых с использованием повывдельного банка данных / В. В. Коцан // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А. И. Ковалевич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 324–330.
8. **Коцан, В. В.** Разработка электронной модели и базы данных дендрологического парка / В. В. Коцан // Труды БГТУ. Сер. I, лесное хоз-во. – 2013. – № 1(157). – С. 26–28.
9. **Коцан, В. В.** Взаимосвязи между таксационными показателями деревьев в кругах конкуренции на примере сосняков мшистых искусственного происхождения / В. В. Коцан // Труды БГТУ. Сер. I, лесное хоз-во. – 2014. – № 1(165). – С. 19–22.
10. **Коцан, В. В.** Классификация деревьев на основании пространственной структуры при назначении в рубки ухода / В. В. Коцан // Труды БГТУ. Сер. I, лесное хоз-во. – 2015. – № 1(174). – С. 24–27.

Материалы конференций

11. Севко, О. А. Методика создания картографического материала и обработка данных постоянных пробных площадей с использованием ГИС-технологий / О. А. Севко, **В. В. Коцан** // Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 18–21 мая 2010 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: Л. Н. Рожков, О. А. Атрощенко, Н. П. Вырко. – Минск, 2010. – С. 592–595.

12. **Коцан, В. В.** Динамика изменения площадей проекций крон в средневозрастных сосняках мшистых и их связь с другими таксационными показателями / В. В. Коцан // Научные стремления–2013: материалы IV Междунар. науч.-практ. молодеж. конф., Минск, 3–6 дек. 2013 г. / редкол.: Ю. М. Сафонова, Т. А. Гуринович, В. В. Казбанов. – Минск, 2013. – С. 20–24.

13. **Коцан, В. В.** Изучение влияния горизонтальной структуры ценоза на таксационные показатели с помощью ГИС / В. В. Коцан // Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Москва, 17–19 апр. 2014 г. / Информац. Издат. учеб.-науч. центр «Стратегия будущего»; редкол.: А. В. Воронцов (гл. ред.) [и др.]. – Москва, 2014. – С. 55–57.

14. **Коцан, В. В.** Визуально-графический способ классификации деревьев сосны обыкновенной по текущему приросту / В. В. Коцан // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 12–13 марта 2014 г. / Москов. гос. пед. ун-т; редкол.: Е. А. Фураев (гл. ред.) [и др.]. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 113–117.

Тезисы докладов

15. **Коцан, В. В.** Оценка возрастной структуры сосняков мшистых с использованием повыдельного банка данных / В. В. Коцан // Тез. докл. 76-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 13–20 февр. 2012 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: О. А. Атрощенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 12.

16. **Коцан, В. В.** Оценка влияния пространственной структуры на таксационные показатели древостоев с использованием цифровой модели пространственного распределения / В. В. Коцан // Тез. докл. 76-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 13–20 февр. 2012 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: О. А. Атрощенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 13.

17. **Коцан, В. В.** Разработка электронной модели и базы данных дендрологического парка / В. В. Коцан // Тез. докл. 77-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 4–9 февр. 2013 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: О. А. Атрощенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – С. 9.

Публикации в других научных изданиях

18. **Коцан, В. В.** Паспортизация древесно-кустарниковой растительности: анализ нормативной базы / В. В. Коцан // 59-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов: сб. науч. работ / Белорус. гос. технол. ун-т.; редкол.: О. А. Атрощенко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 63–66.

19. **Коцан, В. В.** Влияние протяженности кроны и расстояния до дорожно-тропиночной сети на прирост по объему / В. В. Коцан // 60-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов: сб. науч. работ / Белорус. гос. технол. ун-т.; редкол.: О. А. Атрощенко [и др.]. – Минск, 2009. – С. 56–60.

20. **Коцан, В. В.** Зависимость кислородопродуктивности от таксационных показателей и пространственного размещения деревьев / В. В. Коцан // 61-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов: сб. науч. работ / Белорус. гос. технолог. ун-т.; редкол.: О. А. Атрощенко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 83–87.

21. **Коцан, В. В.** Географическая информационная система для картирования древостоев на постоянных пробных площадях // НИРС–2010: сб. науч. работ студентов Респ. Беларусь / М-во образования; редкол.: А. И. Жук [и др.]. – Минск, 2011. – С. 57–61.

22. **Коцан, В. В.** Разработка и использование ГИС «Дендропарк» / В. В. Коцан // ГИС-технологии в науке о земле: материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов вузов Респ. Беларусь, Минск, 20 нояб. 2013 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – С. 42–47.

РЕЗЮМЕ

Коцан Владимир Васильевич

Продуктивность сосняков мшистых искусственного происхождения различной пространственной структуры в лесорастительных условиях Беларуси

Ключевые слова: пространственная структура, продуктивность древостоев, индекс конкуренции, моделирование пространственной структуры.

Цель работы – изучение взаимосвязей таксационных показателей и пространственной структуры чистых сосняков мшистых, разработка регрессионных уравнений для совершенствования методов отбора деревьев в рубки ухода.

Методы исследования. Теоретические и экспериментальные исследования проведены с использованием современных методов лесной биометрии, лесоустройства, лесной таксации.

Полученные результаты и их новизна. Разработана методика создания пространственных электронных моделей древостоев, позволяющих проводить их пространственный анализ. Установлены статистически обоснованные различия таксационных показателей деревьев различных классов конкуренции (доминирующие, средние, угнетенные). Выявлены закономерности динамики таксационных и пространственных показателей сосняков мшистых различных классов конкуренции. Впервые для Беларуси разработаны таблицы динамики таксационных и пространственных показателей чистых сосняков мшистых для различных классов конкуренции деревьев, позволяющие проектировать рубки ухода на основании пространственной структуры. Разработан метод отбора деревьев в рубки ухода, основанный на минимально допустимом расстоянии между деревьями.

Степень использования. Результаты исследования используются в работе ГЛХУ «Скидельский лесхоз», ГЛХУ «Копыльский лесхоз», ГЛХУ «Логойский лесхоз», филиал БГТУ «Негорельский учебно-опытный лесхоз», в учебном процессе кафедры лесоустройства БГТУ при курсовом и дипломном проектировании.

Область применения. Лесоустройство и лесоустойчивое проектирование, лесное хозяйство.

РЭЗІЮМЭ

Коцан Уладзімір Васільевіч

Прадуктыўнасць саснякоў імшыстых штучнага паходжання рознай прасторавай структуры ў лесараслінных умовах Беларусі

Ключавыя словы: прасторавая структура, прадуктыўнасць дрэвастояў, індэкс канкурэнцыі, мадэляванне прасторавай структуры.

Мэта працы – вывучэнне ўзаемасувязяў таксацыйных паказчыкаў і прасторавай структуры чыстых саснякоў імшыстых, распрацоўка рэгрэсійных ураўненняў для ўдасканалення метадаў адбору дрэў у высечкі догляду.

Метады даследавання. Тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні праведзены з выкарыстаннем сучасных метадаў лясной біямэтрыі, лесаўпарадкавання, лясной таксацыі.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Распрацавана метадыка стварэння прасторавай электроннай мадэлі дрэвастояў, якая дазваляе праводзіць іх прасторавы аналіз. Устаноўлены статыстычна абгрунтаваныя адрозненні таксацыйных паказчыкаў дрэў розных класаў канкурэнцыі (дамінуючыя, сярэднія, прыгнечаныя). Выяўлены заканамернасці дынамікі таксацыйных і прасторавых паказчыкаў чыстых саснякоў імшыстых па класах канкурэнцыі дрэў. Упершыню для Беларусі распрацаваны табліцы дынамікі таксацыйных і прасторавых паказчыкаў чыстых саснякоў імшыстых па класах канкурэнцыі дрэў, якія дазваляюць праектаваць высечкі догляду на падставе прасторавай структуры. Распрацаваны метады адбору дрэў у высечкі догляду, які заснаваны на мінімальна дапушчальнай адлегласці паміж дрэвамі.

Ступень выкарыстання. Вынікі даследавання выкарыстоўваюцца ў працы ДЛГУ «Скідзельскі лясгас», ДЛГУ «Копыльскі лясгас», ДЛГУ «Лагойскі лясгас», філіяла БДТУ «Негарэльскі навучальна-доследны лясгас» і ў навучальным працэсе кафедры лесаўпарадкавання БДТУ падчас курсавога і дыпломнага праектавання.

Галіна ужывання. Лесаўпарадкаванне і лесаўпарадкавальнае праектаванне, лясная гаспадарка.

SUMMARY

Kotsan Uladzimir Vasilivich

Productivity of mossy pine stands of artificial origin of different spatial structure in forest conditions of Belarus

Key words: spatial structure, productivity of stands, the index of the competition, modeling of the spatial structure.

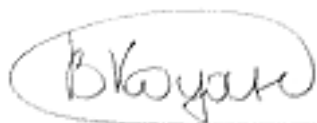
Purpose – study of the relationships of forest stand characteristics in pine dominated forest stands of «mossy pine» site index depending on their spatial structure and development of regression models for the improvement of methods of the selection trees for silvicultural thinnings.

Research methods. Theoretical and experimental studies were made by using the modern methods of forest biometry, forest inventory and management planning as well as forest mensuration.

Scientific novelty and importance. The methods of creating electronic models of forest stands, allowing to carry out the spatial analysis are developed. Statistically valid differences of tree characteristics of the different competition classes are established. The regularities of the dynamics of taxation and spatial indexes mossy pine forests of different classes of competition are revealed. Tables of the spatial and stand characteristics dynamics in the mossy pine stands of artificial origin for the different competition classes of trees, allowing the designing of thinning's depending on the spatial structure are developed for the first time in Belarus. The method of the selection trees for thinning's based on the minimum allowable distance between the trees is developed.

Degree of application. Results of the study are used in the SFE «Skidelsky Forestry», SFE «Kopylsky forestry», SFE «Logoisky forestry», a subsidiary of BSTU «Negorelsky educational and experimental forestry» and in the educational process of the department of forest inventory and management planning of BSTU for graduate designing.

Application area. Forest inventory and management planning, forestry.



Научное издание

Коцан Владимир Васильевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ
ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ
В ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук
по специальности 06.03.02 – лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация

Ответственный за выпуск В. В. Коцан

Подписано в печать 03.05.2016. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 60 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.

