

На правах рукописи



ПЛУЖНИКОВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И СРЕДООБРАЗУЮЩИХ ФУНКЦИЙ
СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ
(НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Специальность 06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство
и лесная таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Пушкино – 2014

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Научный руководитель: Царалунга Владимир Владимирович
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: Обыденников Виктор Иванович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры лесоводства и подсочки
леса ФГБОУ ВПО «Московский государствен-
ный университет леса»

Пентелькин Сергей Кузьмич
кандидат сельскохозяйственных наук,
заместитель начальника отдела контроля и
анализа использования и воспроизводства лесов
Департамента лесного хозяйства ЦФО

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учре-
ждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генети-
ки, селекции и биотехнологии»

Защита диссертации состоится 30 октября 2014 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 216.018.01 при Федеральном бюджетном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ «ВНИИЛМ») по адресу: 141200, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, 15.

Тел. (495) 993-30-54, факс (495) 993-41-91, e-mail: info@vniilm.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ) и на сайте: <http://www.vniilm.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2014 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук



С. Ю. Цареградская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В начале XXI века рост антропогенной нагрузки на лесные экосистемы привел к обострению многих экологических проблем. Активная хозяйственная деятельность человека и глобальные изменения климата требуют всестороннего изучения их влияния на состояние, устойчивость и продуктивность лесов, а также совершенствования мер ухода за ними.

В результате длительной и интенсивной нагрузки на лесные экосистемы в Воронежской области на месте высокопроизводительных сосняков сформировались леса с разной степенью ослабления. Изменилась не только их породная и возрастная структура, но и существенно уменьшился объем выполняемых средообразующих функций. Примером таких территорий являются Савальское, Теллермановское и Пригородное лесничества, представленные преимущественно искусственными лесными массивами. Сосновые леса здесь являются ценными природными объектами, выполняющими ряд важнейших функций: водоохраных, почвозащитных, средообразующих, эстетических и рекреационных.

Степень разработанности темы исследования. Средообразующие функции естественных сосновых насаждений Центральной лесостепи достаточно хорошо изучены (Успенский, 1991). Они тесно связаны с природными особенностями лесных экосистем, их структурой, продуктивностью, устойчивостью и другими факторами (Протопопов, 1975; Рубцов, 1984; Успенский, 1991; Залесов, 2002; Бугаев, 2003; Мелехов, 2003; Матвеев, 2004; Мартынюк, 2008; Филипчук, Янгутов, 2009). Однако на территории Воронежской области вследствие чрезвычайно изменчивого геофизического фона они еще полностью не раскрыты, а в искусственных насаждениях должным образом еще не оценены. Поэтому решению проблемы повышения экологического потенциала лесов региона, их охране и рациональному использованию уделяется недостаточно внимания.

Актуальность проблемы, ее растущее теоретическое и прикладное значение для лесного хозяйства Центральной лесостепи, а также недостаточная изученность обусловили выбор темы диссертационного исследования.

Исследования проводились в рамках Гранта Министерства образования и науки РФ № 01201460225 на выполнение научно-исследовательских работ по теме № 61 «Исследование средообразующей роли лесных насаждений Воронежской области и разработка методов ускоренного выращивания и создания плантационных культур основных лесообразующих пород на основе биотехнологий и биотехнических средств». Проведенные в 2009-2013 гг. исследования являлись составной частью научно-исследовательской работы «Влияние деятельности военного аэродрома «Балтимор» на санитарное состояние пригородных зеленых зон г. Воронежа» (шифр «Сосна», 2013, инв. № 2273), выполненной в соответствии с тактико-техническим заданием экологической службы

Военно-воздушных Сил МО РФ в ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж).

Цель и задачи исследования. Целью работы являлось повышение экологического потенциала, долговечности и устойчивости сосновых насаждений Центральной лесостепи на основе изучения их санитарного состояния, выявления закономерностей изменения продуктивности и средообразующих функций в зависимости от возраста и условий произрастания.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выполнить оценку санитарного состояния и биологической устойчивости сосновых насаждений.

2. Выявить закономерности распределения деревьев по ступеням толщины и категориям состояния в сосновых насаждениях разного возраста, полноты, класса бонитета и лесорастительных условий.

3. Оценить влияние полноты, бонитета, возраста и степени ослабления насаждений на выполняемые ими средообразующие функции.

4. Выполнить эколого-экономическую оценку лесоводственного и санитарного ухода в сосновых насаждениях с учетом их целевого назначения.

Объектом исследования избраны высокопродуктивные (I и II классов бонитета) сосновые насаждения преимущественно искусственного происхождения, произрастающие на территории Савальского, Теллермановского и Пригородного лесничеств Воронежской области.

Научная новизна исследования. Впервые в условиях Центральной лесостепи выявлены закономерности распределения деревьев сосны обыкновенной по ступеням толщины и категориям состояния с учетом возраста насаждения, полноты, класса бонитета и лесорастительных условий. Выполнена оценка средообразующих функций сосновых насаждений по запасу древесины растущих деревьев с учетом распределения их по категориям состояния. Для сосновых насаждений в защитных лесах Центральной лесостепи определена эффективность лесоводственного и санитарного ухода, направленных на стабилизацию и усиление их средообразующей роли.

Теоретическая и практическая значимость работы. Материалы исследования применяются в учебном процессе в Воронежской государственной лесотехнической академии (акт внедрения от 20.05.2014 г № 11), а также в работе Управления лесного хозяйства Воронежской области для решения задач, связанных с объективной оценкой состояния сосновых насаждений, систематизацией информации и осуществлением обмена ею с другими организациями, обеспечивающими лесопатологический мониторинг и санитарную безопасность в лесах (акт внедрения от 16.05.2014 г № 2).

Создана и зарегистрирована в Роспатенте электронная База данных показателей санитарного состояния сосновых насаждений Среднего Подонья (регистрационное свидетельство № 2013620435 от 25.03.2013 г). База данных является прикладной и может использоваться в системе оперативного управления лесным хозяйством Воронежской области.

Методология и методы исследований. При проведении исследований использовались лесоводственно-таксационные приемы, а также методы наблюдения, идеализированного объекта, статистического анализа и моделирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Санитарное состояние и биологическая устойчивость сосновых насаждений Центральной лесостепи разного возраста, полноты и класса бонитета (на примере Воронежской области).

2. Региональные зависимости между степенью ослабления сосновых насаждений и выполняемыми ими средообразующими функциями.

3. Эколого-экономическая оценка лесоводственного и санитарного ухода в сосновых насаждениях с учетом их целевого назначения.

Личный вклад автора. Автором лично определены цели и задачи исследований, разработана программа и методика, выполнен аналитический обзор литературы, проведен сбор полевого материала, его анализ и обработка в камеральных условиях, осуществлена подготовка публикаций и рукописи диссертации, сформулированы выводы и рекомендации к производству.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов обеспечена применением научно обоснованных методик исследований, значительным объемом исходного материала, собранного на 80 пробных площадях, и широким использованием ЭВМ для его обработки. Основные результаты работы докладывались на всероссийских и международных конференциях: II международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука XXI века: новый подход» (г. Санкт-Петербург, 2012), всероссийской научно-практической конференции «Лесопромышленное хозяйство, лесостроительство и лесозащита – настоящее, будущее» (Брянск, 2012), VI международной научно-практической конференции «Проблемы современной биологии» (Москва, 2012), X международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 2013), II Международной научной конференции «Европейские прикладные науки: современные подходы в научных исследованиях» (Германия, Штутгарт, 2013), II международной научно-практической конференции «Наука, техника и высшее образование» (Канада, Вестфуд, 2013), IV международной научной конференции «Прикладные и фундаментальные исследования» (США, Сент-Луис, 2013).

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, рекомендаций к производству, списка литературы и 11 приложений. Работа изложена на 167 страницах, содержит 35 таблиц и 30 рисунков. Список литературы включает 205 источников, из которых 22 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Санитарное состояние сосновых древостоев зависит от множества факторов. Отечественные и зарубежные исследователи выделяли целый ряд причин усыхания сосновых насаждений на границе лесостепной и степной зон (Шереметьев, 2001; Цветков, Цветков, 2003; Бабурина и др., 2010; Малинина, 2011; Oleksyn, 1987; Impreus, 1988; Debrot, Meyer, 1989). К факторам, определяющим состояние и динамику лесов, относятся атмосферное загрязнение (Мартынюк, Данилов, 1989; Ярмишко, Ярмишко, 2002; Цветков, Цветков, 2003; Менщиков, 2004; Матвеев, 2004; Мартынюк, 2008), лесные пожары (Воробьев, 2004; Царалунга и др., 2012), а также поражение корневой губкой (Харченко и др., 2000; Бабурина, 2010; Мусиевский, Плужников, 2012).

Для оценки степени ослабления сосновых насаждений наиболее часто применяется визуальный (глазомерный) метод (Руководство по проектированию..., 2007). Иные методы предполагают использование дендрохронологических, физиологических и биохимических показателей (Мозолевская, 1994; Сотникова, 2001; Матвеев, 2004; Синкевич, 2008; Третьякова, 2008), спутниковых изображений крон деревьев (Барталев, 2006; Фомин, 2008; Низаметдинов, 2009).

Учение о средообразующей роли леса сформировалось и развивалось в работах отечественных ученых (Докучаев, 1883; Морозов, 1949; Белов, 1964; Сукачев, 1972; Протопопов, 1977; Усольцев, 2002; Швиденко и др., 2007; Филиппчук, Янгутов, 2009). Количественной оценке средообразующих функций сосновых лесов в своих трудах немалое внимание уделяли и представители воронежской школы лесоводов (Успенский, 1991; Бугаев и др., 2003; Матвеев, 2004).

Повышение средообразующих функций леса в качестве одной из приоритетных задач лесоводственного ухода рассматривали многие отечественные лесоводы (Георгиевский, 1957; Рубцов, 1984; Мелехов, 2003; Чибисов, 2003; Митрофанов, 2007; Сеннов, 2012). Однако существующие противоречия в определении запаса древесины, изымаемого при рубках ухода и санитарных рубках в сосновых насаждениях с разной степенью ослабления, до настоящего времени разрешены не полностью, и это требует дополнительных исследований.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Центральная лесостепь расположена на значительной по площади территории Русской равнины и по физико-географическим и климатическим условиям является неоднородной (Ахтырцев, 1993; Михно, 2000; Груза, Ранькова, 2001; Рыжков, 2001; Лисецкий, 2003; Дмитриева, 2008). Она занимает большую часть бассейна реки Дон в верхнем и среднем течении (Самохин, 1958). Отличительной чертой климата Центральной лесостепи является частая смена прохладных,

богатых атмосферными осадками периодов, присущих лесной зоне, и характерной для степей погоды с низкими показателями влажности воздуха и долговременным отсутствием осадков, что приводит к засухам различной продолжительности (Костин, 1963). Континентальность климата увеличивается с северо-запада на юго-восток (Межова, 2006).

Типология сосновых лесов Центральной лесостепи широко освещена в классических трудах (Кожевников, 1939; Каппер, 1960; Погребняк, 1968; Морозов, 1970; Сукачев, 1972). Распределение площади сосновых лесов по типам лесорастительных условий показывает, что на свежие боры (A_2) приходится 42,7 % сосняков, свежие простые суборы (B_2) – 37,0 % (Рубцов, 1964; Успенский, 1991).

Глава 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

3.1. Программа исследований

Программой исследования были предусмотрены следующие этапы:

1. Сбор и анализ информации о природных условиях и лесном фонде района исследования.
2. Проведение подготовительных рекогносцировочных работ и закладка временных пробных площадей.
3. Оценка санитарного состояния сосновых насаждений на основе распределения запаса по категориям состояния деревьев, а также определение степени нарушения устойчивости насаждений.
4. Математико-статистическая обработка полевого материала, формирование электронной базы данных.
5. Выявление закономерностей распределения количества деревьев и запаса древесины по ступеням толщины и категориям состояния в сосновых насаждениях с учетом возраста, полноты, бонитета и лесорастительных условий.
6. Изучение динамики санитарного состояния и продуктивности сосновых насаждений с возрастом и определение эффективности проводимых в них лесоводственных и санитарных уходов.
7. Оценка влияния полноты, бонитета и санитарного состояния сосновых насаждений разных возрастных групп на их средообразующие функции.
8. Разработка рекомендаций по оздоровлению сосновых насаждений, повышению их средообразующих функций и эколого-экономическая оценка лесоводственных мероприятий.

3.2 Методика исследований

Полевые работы заключались в оценке санитарного состояния сосновых насаждений методом маршрутного обследования с использованием элементов измерительной таксации. Лесопатологическая таксация осуществлялась на временных пробных площадях прямоугольной формы, размером 0,25-0,5 га, расположенных по диагонали выдела. При сплошном перечеке деревья сосны рас-

пределялись по 4-сантиметровым ступеням толщины и шести категориям состояния (Руководство по проектированию..., 2007; Филипчук, 2008).

Камеральная обработка предусматривала группировку всего исходного материала по классам бонитета с учетом типа лесорастительных условий.

Оценка санитарного состояния насаждений осуществлялась путем распределения запаса на пробных площадях по шести категориям состояния деревьев. Определение степени нарушения биологической устойчивости проводилось по величине текущего отпада (Руководство по проектированию..., 2007). Расчет общего запаса фитомассы и ее фракций проводился с помощью региональных таблиц биологической продуктивности (Успенский, 1991).

Поглощение углекислого газа (CO_2) и выделение кислорода (O_2) определено по методике, в основе которой лежит формула, характеризующая процесс фотосинтеза растений (Белов, 1964). Общепринятыми методиками определялся объем выделения насаждениями биологически активных веществ и их способности к пылезадержанию (Поздняков, 1973; Протопопов, 1975), причем обе методики использовались с уточнениями для сосняков Центрально-Черноземного региона (Успенский, 1991).

С учетом значительного массива полученных в ходе полевых работ данных и необходимостью их дальнейшей статистической обработки была создана электронная База данных, для чего использовалось Приложение Microsoft Office Access 2003 (Плужников, 2013). В Базу данных вошли показатели санитарного состояния сосновых насаждений и их таксационные характеристики.

Распределение сосновых насаждений различных групп возраста по санитарному состоянию, биологической устойчивости, объему выполняемых средообразующих функций проводилось с помощью пакета приложений Word. Для статистической обработки полевого материала применялись программы Excel и Statistica 7. При этом использовались канонический корреляционный, корреляционно-регрессионный и дисперсионный анализ (Смольянов, 2006).

3.3 Характеристика объекта исследований и объем выполненных работ

Всего в ходе полевых работ было заложено 80 пробных площадей в сосновых насаждениях, возраст которых варьировал от 41 до 130 лет. Закладка пробных площадей с целью выявления изменений санитарного состояния и оценки биологической устойчивости насаждений проводилась в участковых лесничествах, где признаки ослабления имели наиболее выраженный характер.

Группировка полевого материала была произведена по бонитету и типу лесорастительных условий. В условиях свежей субори (B_2) было заложено 16 пробных площадей в насаждениях I класса бонитета и 33 пробных площади – II класса. В условиях свежего бора (A_2) I класс бонитета имели насаждения на 5 пробных площадях, II класс бонитета – на 26 пробных площадях.

Для выявления закономерностей изменения санитарного состояния и биологической устойчивости пробные площади закладывались в сосновых насаждениях разного возраста, полноты и продуктивности.

На 54 пробных площадях сосновые насаждения по своему составу являлись чистыми или с незначительной примесью лиственных пород (дуба, березы) от 2 до 5 % запаса древостоя. Смешанные насаждения произрастали на 26 пробных площадях и имели в своем составе основной лесообразующей породой сосну, составляющей не менее 75 % запаса древостоя. На 40 пробных площадях произрастали средневозрастные насаждения, на 30 – приспевающие и на 10 – спелые. На 6 пробных площадях насаждения отнесены к высокополнотным, на 55 – к среднеполнотным и на 19 – к низкополнотным.

4. САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

4.1. Оценка санитарного состояния и биологической устойчивости сосновых насаждений

Оценка санитарного состояния и биологической устойчивости сосновых насаждений проводилась в участковых лесничествах, где признаки ослабления имели наиболее выраженный характер. Данные по распределению площади сосновых насаждений в зависимости от степени ослабления и нарушения биологической устойчивости приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение площади сосновых насаждений по степени ослабления и нарушения биологической устойчивости, га/%

Состояние и устойчивость насаждения	Бонитет, ТЛУ				Итого
	Бонитет I		Бонитет II		
	свежий бор	свежая суборь	свежий бор	свежая суборь	
а) распределение по степени ослабления					
Ослабленные	29,2/4,1	90,1/12,4	82,7/11,4	129,7/17,9	331,7/45,8
Сильно ослабленные	-	25,4/3,5	156,7/21,6	180,8/25,0	362,9/50,1
Усыхающие	-	-	-	30,0/4,1	30,0/4,1
Всего	29,2/4,1	115,5/15,9	239,4/33,0	340,5/47,0	724,6/100
б) распределение по степени нарушения биологической устойчивости					
Легкая	29,2/4,1	70,1/9,7	86,4/11,9	101,6/14,1	287,3/39,8
Средняя	-	45,4/6,2	126,0/17,3	165,9/23,0	337,3/46,5
Сильная	-	-	27,0/3,8	73,0/9,9	100,0/13,7
Всего	29,2/4,1	115,5/15,9	239,4/33,0	340,5/47,0	724,6/100

Из общей площади обследованных насаждений, составляющей 724,6 га, на долю ослабленных приходится 45,8 % всей территории, сильно ослабленные и усыхающие занимают 50,1 % и 4,1 % соответственно. Легкая степень нарушения биологической устойчивости отмечена на 39,8 % площади сосновых насаждений, средняя степень характерна для 46,5 % и сильная – для 13,7 %.

4.2. Закономерности распределения деревьев сосны в насаждениях разного возраста, полноты, класса бонитета и лесорастительных условий по ступеням толщины и категориям состояния

Соотношение площадей древостоев по группам полноты служит одним из основных показателей оценки состояния лесного массива. В связи с этим для проведения графического анализа были выделены низкополнотные (полнота 0,3-0,5), среднеполнотные (0,6-0,7) и высокополнотные (0,8-1,0) насаждения. Их распределение выполнено в разрезе возрастных групп, которые были определены исходя из возраста спелости сосновых насаждений, установленного в Центральной лесостепи (Данилов, 2011).

Графическое отображение распределения количества деревьев по ступеням толщины в средневозрастных и спелых насаждениях показано на рисунке 1.

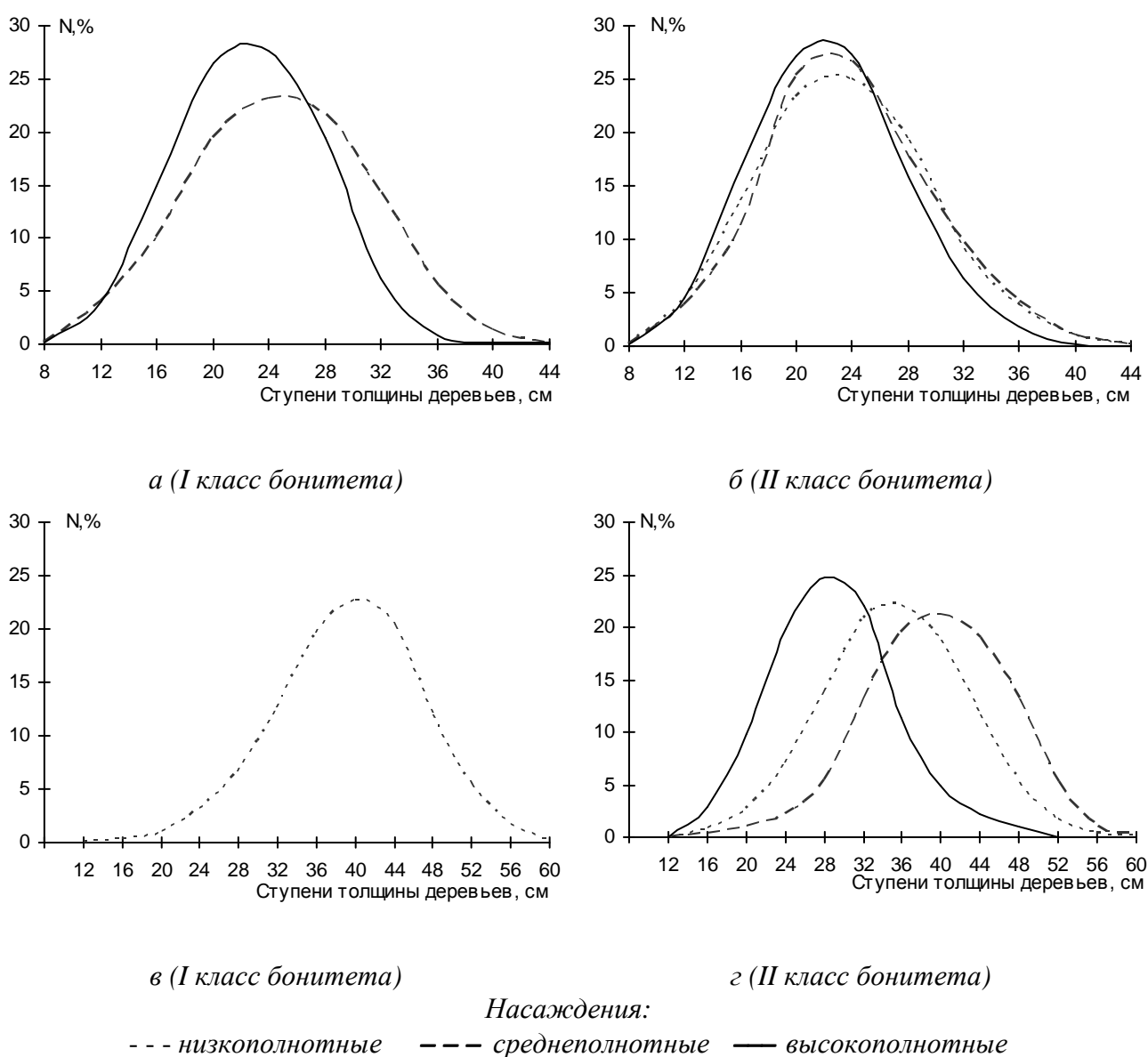


Рисунок 1 – Распределение количества деревьев по ступеням толщины в средневозрастных (*а, б*) и спелых (*в, г*) насаждениях в зависимости от полноты

В средневозрастных древостоях распределение деревьев по ступеням толщины (рисунок 1а,1б) характеризуется симметричной, одновершинной линией – кривой нормального распределения, причем снижение продуктивности при сохранении общей конфигурации влияет как на наличие правосторонней асимметрии, так и на уменьшение среднего диаметра насаждения.

В среднеполнотных насаждениях кривая распределения свидетельствует о равномерной конкуренции деревьев по всей структуре древостоя, что вызывает снижение отпада. В низкополнотных насаждениях из-за ослабления конкуренции между деревьями функциональная кривая имеет более плавный вид.

В спелых насаждениях у кривых распределения деревьев по ступеням толщины (рисунок 1в,1г) появляется асимметрия, свидетельствующая о нарастающей конкуренции между деревьями. Более крупные деревья занимают в насаждении лучшее положение и имеют явное преимущество для успешного роста. Как следствие этого, левая ветвь кривой, отражающая отстающие в росте деревья, оказывается длиннее из-за наличия сильно ослабленных или отстающих в росте и сухостойных деревьев, не вырубленных при санитарных рубках.

Максимальный средний диаметр отмечен в среднеполнотных спелых древостоях, поскольку при высокой полноте на прирост по диаметру большое влияние оказывает конкурентная борьба между соседними деревьями.

В низкополнотных насаждениях в возрасте спелости отсутствует превышение по диаметру из-за большого количества усыхающих и сухостойных растений. Таким образом, полнота древостоя оказывает значительное влияние на характер распределения деревьев по ступеням толщины.

Распределение деревьев сосны в насаждениях разных групп возраста по категориям санитарного состояния с учетом полноты и класса бонитета свидетельствует о том, что с увеличением возраста и отклонением полноты от оптимального показателя, присущего среднеполнотным насаждениям, в целом ухудшается и санитарное состояние древостоев. В средневозрастных насаждениях, вне зависимости от полноты и класса бонитета, основная масса деревьев (более 50 %) попадает в категорию «ослабленные». Доля сухостойных древостоев, нуждающихся в вырубке, слабо варьирует в зависимости от полноты, но их процент может увеличиваться с понижением класса бонитета.

Во всех насаждениях с полнотой в пределах 0,3-0,5, независимо от возраста и класса бонитета, количество деревьев сосны, попадающих в категории «старый сухостой» и «свежий сухостой», было наибольшим по сравнению с высоко- и среднеполнотными аналогами. Более того, гораздо реже встречались деревья без признаков ослабления, а в приспевающих насаждениях такая категория и вовсе отсутствовала. В связи с этим не следует допускать снижения полноты насаждений ниже 0,6-0,7.

Существенных различий между суммарным количеством сухостойных деревьев в средне- и в высокополнотных насаждениях не выявлено. Однако количество усыхающих деревьев в высокополнотных насаждениях значительно выше по сравнению со среднеполнотными, особенно в возрасте спелости.

Установлена также зависимость между средним диаметром деревьев и условиями произрастания. Величина среднего диаметра деревьев сосны в насаждениях I и II класса бонитета, произрастающих в условиях свежего бора (A_2) и свежей субори (B_2), показана на рисунке 2.

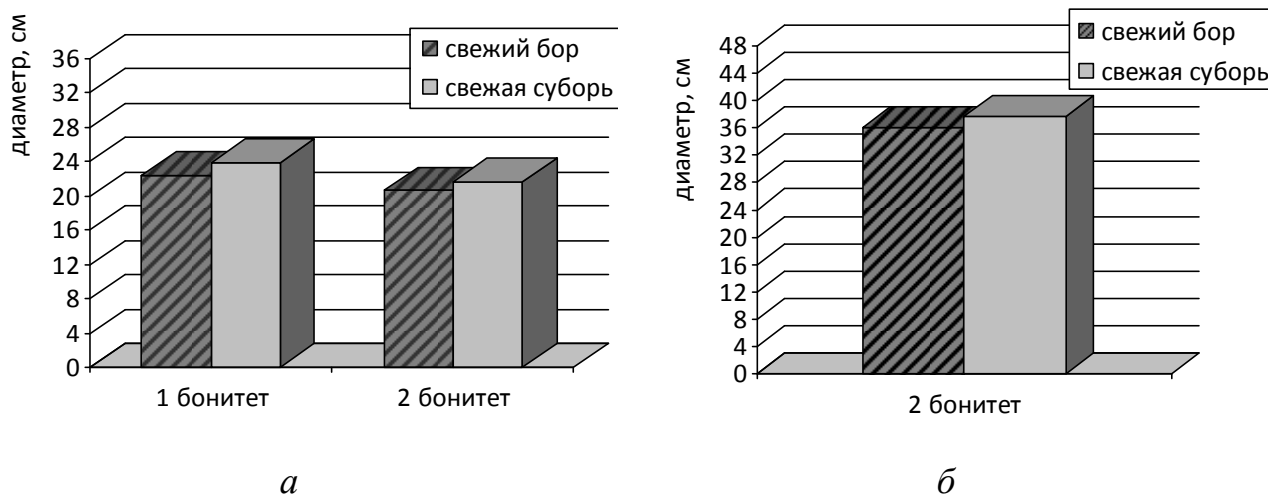


Рисунок 2 – Средний диаметр деревьев сосны в средневозрастных (а) и спелых (б) насаждениях разных бонитетов и типов лесорастительных условий

На диаграммах наглядно видно, что средний диаметр деревьев сосны, произрастающих в условиях свежей субори, выше аналогичного показателя в условиях свежего бора вне зависимости от полноты, возраста и класса бонитета.

Анализ динамики состояния насаждений с учетом группы возраста и лесорастительных условий позволяет сделать вывод о том, что тип лесорастительных условий хоть и оказывает влияние, но является лишь косвенным признаком, позволяющим судить о возможном изменении санитарного состояния.

4.3 Изменение санитарного состояния и продуктивности сосновых насаждений с возрастом

Продуктивность насаждений разделяется на древесную, биологическую и экологическую и является составной частью всего комплекса полезностей леса. Основным показателем древесной продуктивности является запас стволовой древесины (Швиденко и др., 2007). Динамика продуктивности насаждений разных возрастных групп с учетом санитарного состояния приведена на рисунке 3.

Анализ кривых распределения показывает, что доля деревьев без признаков ослабления с увеличением возраста неизбежно снижается. При переходе насаждений из одной возрастной группы в другую группу часть деревьев, суммарно составляющих 15-20 % всего древесного запаса, переходит в смежную худшую категорию санитарного состояния. Запас сухостойных деревьев не имеет четкой закономерности изменения и во всех возрастных группах варьирует в пределах 7-15 %.

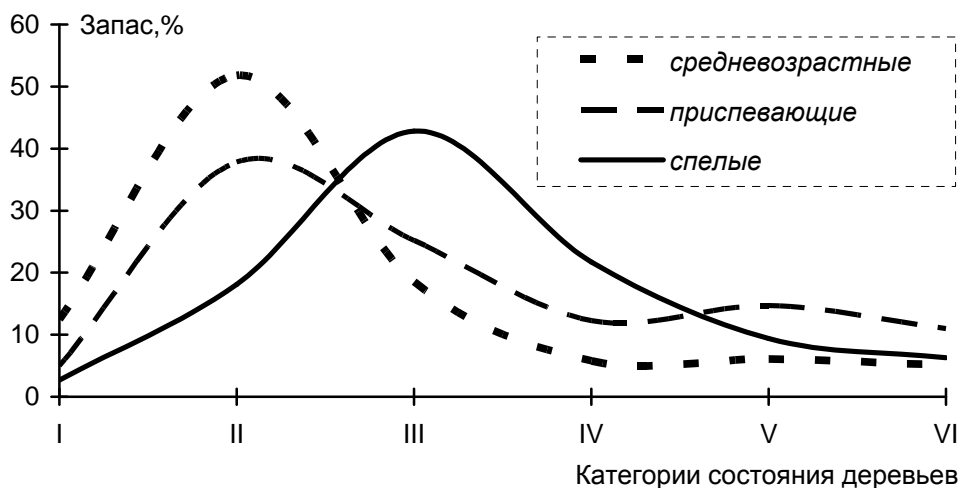


Рисунок 3 – Распределение запаса деревьев сосны обыкновенной по категориям состояния в разных группах возраста

С целью оценки влияния на степень ослабления сосновых насаждений разных возрастных групп отдельных показателей был выполнен корреляционный анализ. Показатели с наибольшей силой влияния составили переменные уравнений. Полученные регрессионные модели описаны уравнением 1 для средневозрастных (с учетом логарифмического преобразования), уравнением 2 – для приспевающих и уравнением 3 – для спелых насаждений:

$$y = 2,181 + 0,03382x_1 \text{ или } y = 2,181 - \lg 1,471x_1 \quad (1)$$

$$y = 3,744 + 0,02474x_1 - 1,816x_2 \quad (2)$$

$$y = 2,358 + 0,03409x_1 \quad (3)$$

где: y – средневзвешенная величина состояния насаждения;

x_1 – доля древесного отпада;

x_2 – полнота древостоя.

Таким образом, в ходе проведенных вычислений установлено, что наибольшую степень влияния на состояние насаждений без учета их возраста оказывает запас древесного отпада. В спелых древостоях отпад является единственным прямым признаком, имеющим четкую линейную связь с их состоянием.

4.4 Мероприятия по уходу за лесами и их лесоводственная эффективность

Уход за лесами осуществляется в целях повышения их продуктивности и сохранения полезных функций. При проведении рубок ухода обеспечивается улучшение санитарного состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи путем удаления усохших и поврежденных деревьев (категории IV-VI).

В насаждениях на площади 203,0 га необходимо провести прореживания и проходные рубки, при этом доля запаса древесины, полученного при проведении прореживаний, составит 65 % (7349 м³) от общего запаса, выбранного в ходе рубок ухода. Годовой объем санитарных рубок в исследуемых насаждениях рассчитывался как по площади, так и по древесному запасу (таблица 2).

Таблица 2 – Расчет годового объема санитарных рубок

Древесная порода	Характеристика насаждений, нуждающихся в санитарных рубках			Период проведения, лет	Годовой объем санитарных рубок	
	площадь, га	запас, м ³			площадь, га	запас, м ³
		общий	выбираемый			
Сосна	131,0	43920	6920	5	26,2	1384

При этом интенсивность их определена такой, чтобы после проведения полнота насаждений не оказалась ниже предельных величин, при которых обеспечивается способность древостоев выполнять функции, соответствующие целевому назначению лесов (Правила ухода..., 2007).

Показатели эффективности лесоводственного и санитарного уходов приведены ниже в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели эффективности лесоводственных мероприятий

Варианты	Показатели:			
	Средний возраст, лет	Средняя полнота	Величина текущего отпада, %	Средневзвешенная величина состояния насаждения, балл
До проведения уходов	68	0,72	14,2	2,67
После проведения уходов	67	0,67	9,8	2,26

Об улучшении санитарного состояния после выполнения лесоводственного и санитарного уходов свидетельствует изменение средневзвешенной величины состояния насаждений и их переход из категории сильно ослабленных (средний балл 2,67) в категорию ослабленных (средний балл 2,26).

Степень нарушения биологической устойчивости древостоев из средней перейдет в легкую с показателем отпада, не превышающим 10 %. Кроме того, после вырубки сухостоя и очистки участка от захламленности повысится санитарно-гигиеническая и эстетическая оценка насаждений.

5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОЗДОРОВЛЕНИЮ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ И УСИЛЕНИЮ ИХ СРЕДООБРАЗУЮЩЕЙ РОЛИ

5.1 Оценка биологической продуктивности и средообразующих функций сосновых насаждений по группам возраста

Ветви, ствол, корни и особенно хвоя растений, образующие фитомассу насаждения, оказывают различное влияние на объем выполняемых ими средообразующих функций. Доля фитомассы стволов относительно общего объема фитомассы с возрастом увеличивается (от 67 % в средневозрастных насаждениях до 74 % в спелых), но снижается доля массы хвои (от 6 до 3 %) и ветвей (от 9 до 6 %), а доля массы корней остается на одном и том же уровне. Снижается с возрастом и прирост древесного запаса (Успенский, 1991).

Проведенные расчеты показали снижение средообразующих функций при переходе от средневозрастных древостоев к спелым. Различие между средне-

возрастными и спелыми насаждениями по объему выделения кислорода и поглощению углекислого газа варьирует в пределах 22-30 %, выделению биологически активных веществ – 10-15 %, но более всего снижается пылезадерживающая способность сосняков – на 40-50 %.

Снижение объема средообразующих функций в исследованных сосновых насаждениях, достигающее 50 % по сравнению с модальными, является закономерным, учитывая их санитарное состояние и степень нарушения биологической устойчивости. Особенно это касается тех показателей, которые зависят от состояния ассимиляционных органов деревьев (хвои), повреждение которых является одним из ключевых критериев оценки санитарного состояния насаждений. Следовательно, помимо возраста насаждений, на выполняемые ими средообразующие функции влияет еще и степень ослабления.

5.2. Влияние полноты, бонитета, возраста и степени ослабления насаждений на объем выполняемых средообразующих функций

Совокупное влияние состояния и таксационных показателей на объем средообразующих функций насаждений было установлено при помощи канонического корреляционного анализа, позволяющего исследовать зависимость между двумя множествами переменных, в данном случае – блоками показателей.

Анализ канонических корреляций был проведен между двумя наборами признаков: первое множество (y_1 – средневзвешенная величина санитарного состояния насаждения, y_2 – класс бонитета, y_3 – относительная полнота) и второе множество (x_1 – величина среднего годового прироста насаждения, x_2 – количество выделения кислорода, x_3 – поглощения углекислого газа, x_4 – выделения биологически активных веществ, x_5 – объем пылезадержания). Диаграммы рассеяния канонических переменных для средневозрастных и спелых насаждений представлены на рисунке 4.

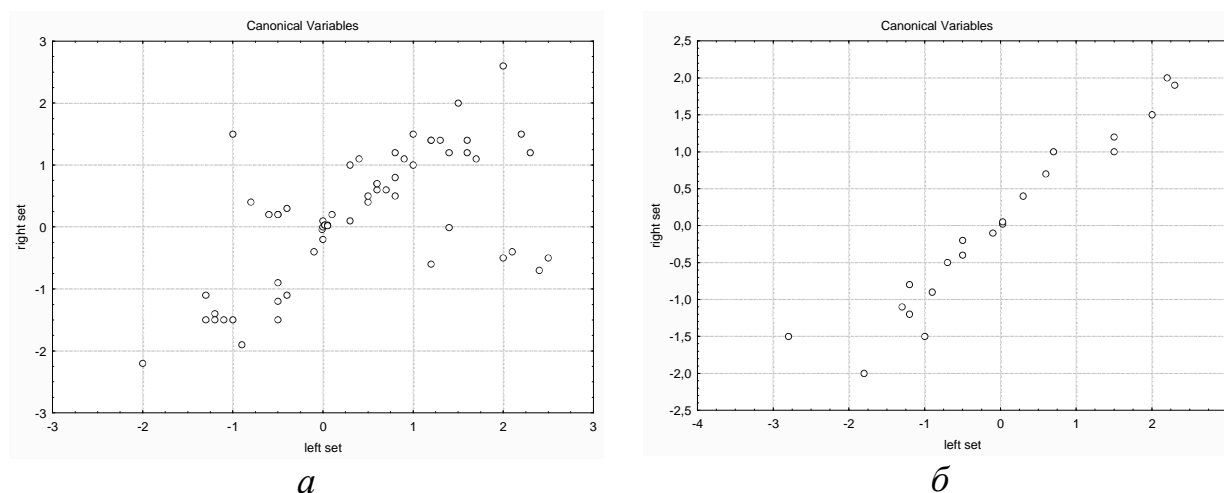


Рисунок 4 – Диаграммы рассеяния канонических переменных для средневозрастных (а) и спелых (б) насаждений

Для сосновых насаждений разных возрастных групп установлена следующая каноническая корреляционная связь между полнотой, бонитетом, категорией санитарного состояния и объемом выполняемых средообразующих функций: в средневозрастных и приспевающих насаждениях – умеренная ($R = 0,47$ и $R = 0,44$ соответственно), в спелых – высокая ($R = 0,85$). Следовательно, можно говорить о постепенном усилении вышеупомянутой взаимной зависимости пропорционально увеличению возраста насаждений.

В существующих методиках расчет средообразующих функций производится без учета степени ослабления насаждений. Для устранения этого недостатка, используя коэффициенты, вычисленные по отношению фитомассы ассимиляционного аппарата к древесному запасу растущей части насаждения, было найдено соответствующее уравнение, графически отображенное на рисунке 5.

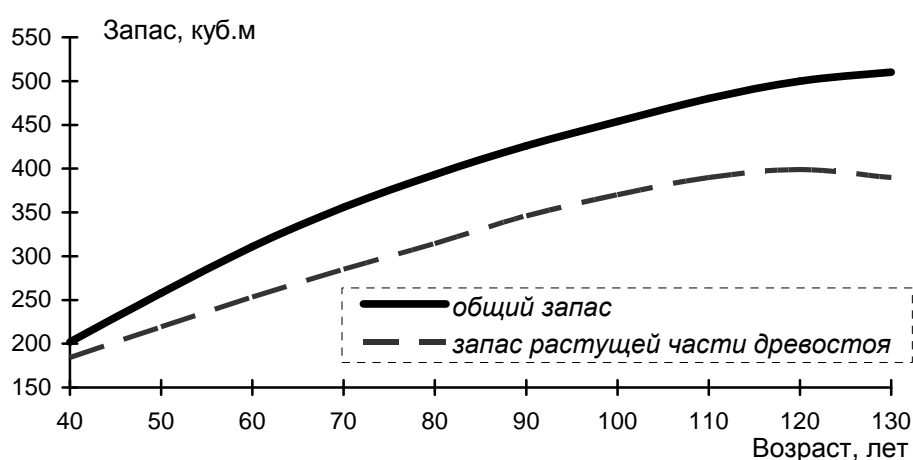


Рисунок 5 – Изменение общего древесного запаса и запаса растущей части древостоя с возрастом

Анализ рисунка 5 показывает, что запас растущей части древостоя с возрастом неизменно снижается в сравнении с общим древесным запасом на 1 га. В средневозрастных насаждениях эти различия менее заметны, чем в спелых, поскольку ухудшение санитарного состояния не приводит к сиюминутному снижению прироста. Кроме того, более молодые деревья сильнее способны к восстановлению и имеют больший запас жизненной прочности.

5.3. Экологическая оценка мероприятий лесоводственного ухода и прогнозирование объема средообразующих функций насаждений

Эффективность лесоводственного ухода в защитных лесах в первую очередь должна оцениваться с экологической точки зрения. При прогнозировании изменений средообразующих функций за временную единицу расчета был взят ревизионный период лесоустройства – 10 лет. При расчете величины прогнозируемого прироста был учтен возможный переход насаждений из одной возрастной группы в другую, а также перераспределение древостоев по группам полноты с учетом ее возможного изменения.

Динамика ныне существующих и прогнозируемых параметров средообразующих функций с возрастом (усредненные значения по обоим типам лесорастительных условий) графически показана на рисунке 6.

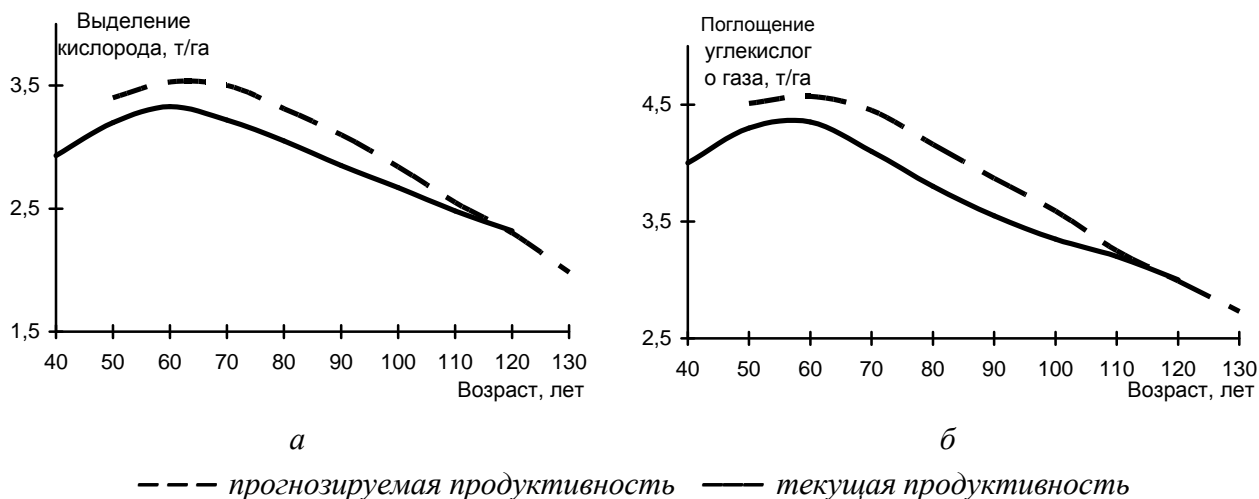


Рисунок 6 – Динамика среднегодового выделения кислорода (а) и поглощения углекислого газа (б) сосняками с возрастом

В средневозрастных насаждениях ожидается увеличение выделения кислорода и поглощения углекислого газа в среднем на 0,18 и 0,24 т/га соответственно (при варьировании выделения O_2 от 0,11 до 0,31 т/га и поглощении CO_2 – от 0,14 до 0,42 т/га). Объем вышеупомянутых средообразующих функций в приспевающих насаждениях можно поддерживать на неизменном стабильном уровне при помощи санитарно-оздоровительных мероприятий.

Динамика выделения биологически активных веществ напрямую зависит от состояния ассимиляционного аппарата растений. С учетом того, что при рубках будут выбраны больные и сухостойные деревья, практически не оказывающие влияния на общую площадь поверхности хвои, то объем выделения БАВ не будет иметь столь сильной зависимости от возраста насаждений. После проведения лесоводственного ухода увеличение выделяемых БАВ будет наблюдаться только в средневозрастных древостоях (в среднем на 0,02 т/га).

Та же тенденция будет отмечаться и по функции пылезадержания. Если в средневозрастных древостоях возможно незначительное ее увеличение (на 0,1-0,5 т/га), то в приспевающих и спелых объем этой функции останется без изменений или даже уменьшится.

5.4. Экономическая оценка лесоводственного и санитарного ухода в сосновых насаждениях

При экономической оценке лесоводственного и санитарного ухода в сосновых насаждениях была составлена расчетно-технологическая карта и определены себестоимость (текущие затраты), капитальные вложения, необходимые для их проведения, а также чистый дисконтированный доход, полученный при

реализации товарной древесины. Есть иные положительные лесоводственно-экологические эффекты (повышение устойчивости насаждений и усиление их средообразующей роли), но они труднее поддаются стоимостной оценке.

Расчеты показали, что на объекте исследования прямые затраты на проведение рубок ухода и санитарных рубок составили 11,36 тыс. руб./га. Общая сумма после добавления общехозяйственных расходов (0,87 тыс. руб./га), а также расходов на управление (8,45 тыс. руб./га) определила себестоимость (текущие затраты) ухода (20,68 тыс. руб./га). Так как расчеты носили перспективный, долговременный характер, то, кроме текущих затрат, была выполнена оценка капитальных вложений, составивших 3,49 тыс. руб./га. Текущие затраты и капитальные вложения с учетом нормативного коэффициента экономической эффективности определили приведенные затраты (21,21 тыс. руб./га).

Далее был определен доход (в объеме 138,46 тыс. руб./га), полученный от реализации древесины в соответствии с нормативными документами и действующими рыночными ценами (Лесостроительная инструкция, 2012; О ставках платы..., 2014). Чистый доход, являющийся прибылью, был рассчитан по разнице между оценкой вырубаемых насаждений по рыночной цене и общего объема затрат и составил 117,25 тыс. руб./га, а чистый дисконтированный доход, исходя из интервала времени проведения рубок и возраста спелости сосновых насаждений, – 26,74 тыс. руб./га.

Таким образом, лесоводственный и санитарный уход в сосняках Центральной лесостепи не являются убыточными (за исключением сплошных санитарных рубок), а затраты на их проведение полностью компенсируются за счет реализации древесины.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Санитарное состояние сосновых насаждений Центральной лесостепи зависит от их возраста, полноты и типа условий произрастания. С увеличением возраста и уменьшением полноты от оптимальных параметров (0,72) состояние древостоев ухудшается. Зависимость между степенью ослабления насаждений и типом условий произрастания проявляется только в спелом возрасте.

2. Доля деревьев категории «без признаков ослабления» в сосновых насаждениях с увеличением возраста неизбежно снижается. При переходе насаждений из одной возрастной группы в другую часть деревьев, суммарно составляющих 15-20 % всего древесного запаса, перемещается в худшую смежную категорию санитарного состояния. Изменение запаса сухих деревьев не имеет четкой закономерности и варьирует во всех возрастных группах в пределах 7-15 %.

3. Биологическая устойчивость сосновых насаждений оказывает влияние на их продуктивность: древостои I класса бонитета имеют нарушение устойчивости средней степени всего на 45,4 га, или 6,2 % обследованной площади, а сильной степени нарушения в них не отмечено.

4. Для сосновых насаждений разных возрастных групп установлена каноническая корреляционная связь между полнотой, бонитетом, степенью ослабления и объемом выполняемых средообразующих функций. В средневозрастных и приспевающих насаждениях она умеренная ($R = 0,47$ и $R = 0,44$ соответственно), в спелых – высокая ($R = 0,85$).

5. С ухудшением состояния насаждений происходит снижение их продуктивности и величины запаса растущей части, обеспечивающего стабильность средообразующих функций. Динамика этого процесса свидетельствует о существенном снижении средообразующей роли сосновых насаждений к возрасту спелости.

6. Для оздоровления сосновых насаждений целесообразно использование рубок ухода и санитарных рубок, об эффективности которых на объекте исследования свидетельствует уменьшение средневзвешенной величины состояния насаждений с 2,67 до 2,26 баллов и изменение степени их ослабления до категории ослабленных.

7. При проведении рубок ухода повышение средообразующей роли в наибольшей степени ожидается в средневозрастных насаждениях, где увеличение выделения кислорода и биологически активных веществ в атмосферу составит в среднем 0,18 и 0,02 т/га соответственно, поглощения углекислого газа – 0,24 т/га, пылезадержания – 0,5 т/га. В дальнейшем влияние рубок ухода, хоть и в меньшей степени, будет продолжаться до наступления возраста спелости насаждений.

РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для повышения эффективности лесохозяйственной деятельности в сосновых насаждениях Центральной лесостепи необходимо своевременно и качественно проводить рубки ухода и санитарные рубки, обеспечивающие уменьшение запаса древесного отпада, улучшение состояния и увеличение продуктивности древостоев.

2. При проведении рубок ухода следует учитывать полноту, состав и условия произрастания, а также степень ослабления насаждения. Для усиления средообразующей роли защитных лесов рекомендуется своевременно удалять не только все сухостойные деревья, но и усыхающие в превентивном порядке.

3. В боровых и суборовых условиях Центральной лесостепи для обеспечения выполнения средневозрастными сосновыми насаждениями своих целевых функций необходимо формирование среднеполнотных (0,6-0,7) лесных массивов с примесью лиственных пород до 2 единиц в составе. В приспевающих насаждениях не допускается снижение полноты ниже 0,6-0,7.

4. Для аккумуляции и систематизации информации о жизнеспособности сосновых насаждений, планирования санитарно-оздоровительных мероприятий и оценки их эффективности, а также для решения различных задач оперативного управления лесным хозяйством рекомендуется использовать электронную Базу данных показателей санитарного состояния.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях из перечня ВАК РФ:

1. Царалунга, В. В. Динамика санитарного состояния насаждений сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), поврежденных низовым пожаром / В. В. Царалунга, А. Л. Мусиевский, **А. А. Плужников** // Электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 08. – С. 665-684.

URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/49.pdf> (дата обращения: 31.10.2012)

2. Царалунга, В. В. Экологическая оценка последствий верховых пожаров в сосновых насаждениях зеленой зоны г. Воронежа / В. В. Царалунга, **А. А. Плужников** // Электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 08. – С. 764-780.

URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/54.pdf> (дата обращения: 31.10.2012)

3. Мусиевский, А. Л. Оценка санитарного состояния культур сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) Савальского лесничества Воронежской области / А. Л. Мусиевский, **А. А. Плужников** // Электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 08. – С. 781-800.

URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/55.pdf> (дата обращения: 31.10.2012)

4. **Плужников, А. А.** Рубки ухода в сосновых насаждениях Воронежской области и их эколого-экономическая эффективность / А. А. Плужников, Н. М. Бухонова, В. А. Славский // Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования». – М.: Академия естествознания, 2014. – № 3. URL: <http://www.science-education.ru/117-13004> (дата обращения: 08.05.2014)

5. **Плужников, А. А.** Анализ структуры и динамики состояния сосновых насаждений в условиях Среднего Подонья / А. А. Плужников, И. Н. Булгакова // Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования». – М.: Академия естествознания, 2013. – № 4.

URL: <http://www.science-education.ru/110-9629> (дата обращения: 11.07.2013)

В прочих изданиях:

6. Полетаев, Д. В. Комплексная оценка экологических функций древостоев сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) на территории приаэродромных земель / Д. В. Полетаев, **А. А. Плужников** // Инновации в авиационных комплексах и системах военного назначения: сборник научных статей по материалам докладов XXII всероссийской научно-практической конференции «Перспектива-2012». Часть 2. – Воронеж: ВАИУ, 2012. – С. 69-71.

7. **Плужников, А. А.** Воздействие низовых пожаров на санитарное состояние сосновых насаждений в различных лесорастительных условиях / А. А. Плужников // Наука XXI века: новый подход: материалы II молодежной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Петрозаводск: Петропресс, 2012. – С. 73-86.

8. **Плужников, А. А.** Экологические последствия сокращения пригородных лесов г. Воронежа в условиях сильного атмосферного загрязнения / А. А. Плужников, А. Л. Мусиевский // Лесоуправление, лесоустройство и лесо-

защита – настоящее, будущее: материалы международной научно-практической конференции. – Брянск: БГИТА, 2012. – С. 133-137.

9. **Плужников, А. А.** Воздействие низовых пожаров на санитарное состояние сосновых насаждений в условиях аэротехногенного загрязнения (на примере левобережной промышленной зоны г. Воронежа) / А. А. Плужников // Проблемы современной биологии: материалы VI международной научно-практической конференции. – М.: «Спутник +», 2012. – С. 37-47.

10. **Плужников, А. А.** Оценка фитомассы искусственных сосновых насаждений Среднего Подонья / А. А. Плужников // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы X международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – С. 23-26.

11. **Pluzhnikov, A. A.** Influence of medium intensity ground fires on the state and biological stability of pine plantations in the lesions by root fungus / A. A. Pluzhnikov // European Applied Studies: modern approaches in scientific researches, 2nd International scientific conference. – Germany, Stuttgart: ORT Publishing, 2013. – Volume I. – P. 182-185.

12. **Pluzhnikov, A. A.** The dynamics of habitat-forming functions of Middle Don pine plantations / A. A. Pluzhnikov // II Science, Technology and Higher Education: materials of the II international research and practice conference. – Canada, Westwood: publishing office Accent Graphics communications, 2013. – Volume II. – P. 299-305.

13. **Pluzhnikov, A. A.** Regularities of changes in habitat-forming properties of different age groups of the pine plantations in Central forest / A. A. Pluzhnikov // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 4th International Academic Conference. – USA, St. Louis: Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2013. – Volume I. – P. 185-190.

В коллективных монографиях:

14. Экология и здоровье человека. Книга 3 / Е. В. Галкин, А. А. Захарченко, М. В. Николаев, **А. А. Плужников**, О. В. Юшкова. – Красноярск: научно-инновационный центр, 2012. – 112 с.

В материалах, обладающих статусом патентного права:

15. **Плужников, А. А.** Показатели санитарного состояния сосновых насаждений Среднего Подонья / А. А. Плужников // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ). Свидетельство о государственной регистрации Базы данных № 2013620435 от 25.03.2013 г.