

На правах рукописи

Битяев Сергей Геннадьевич

**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ И ЕСТЕСТВЕННОЕ  
ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛЕСА В ОЧАГАХ КОРНЕВОЙ ГУБКИ КАК  
ФАКТОРЫ ПОДДЕРЖАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПАТОЛОГИЧЕСКИ  
НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,  
лесоустройство и лесная таксация

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург - 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Ульяновский государственный университет"

Научный  
руководитель: доктор биологических наук, профессор  
Чураков Борис Петрович

Официальные  
оппоненты: Арефьев Станислав Павлович, доктор биологических наук,  
Институт проблем освоения Севера - структурное подразде-  
ление ФГБУН Федеральный исследовательский центр Тю-  
менский научный центр Сибирского отделения Российской  
академии наук, сектор биоразнообразия и динамики природ-  
ных комплексов, заведующий сектором.

Ставишенко Ираида Васильевна, кандидат биологических  
наук, ФГБУН Институт экологии растений и животных  
Уральского отделения Российской академии наук, лаборато-  
рия биоразнообразия растительного мира и микобиоты,  
старший научный сотрудник.

Ведущая  
организация ФГБУН Институт лесоведения Российской академии наук

Защита состоится 31 марта 2022 г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного  
совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический  
университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный лесотехнический университет» ([www.usfeu.ru](http://www.usfeu.ru)).

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_февраля\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова  
Альфия Гаптрауфовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Факультативный сапротроф - корневая губка *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. является одним из самых вредоносных и наиболее распространенных в мире грибов, поражающих многие хвойные и лиственные древесные породы (Алексеев, 1974; Стороженко, 1980; Василюскас, 1989; Ахметов, 2007; Арефьев, 2010; Павлов, 2015; Kuhlman, 1980; Woodward, 1998; Korhonen, 2004). Усыхание и распад древостоев в очагах корневой губки приводят не только к расстройству и снижению продуктивности хвойных насаждений, но также препятствуют естественному возобновлению главной лесообразующей древесной породы и чаще всего вызывают замену этой породы на второстепенные лиственные породы, в лучшем случае, с незначительным участием хвойных пород, т.е. приводит к смене пород.

Многие ученые (Алексеев, 1989; Демаков, 2000; Алексеев и др., 2001; Залесов, 2008, 2013; Арефьев, 2013; Калачев и др., 2016; Стороженко, 2018; Braun-Blanquet, 1964 и др.) считают базовым критерием, определяющим устойчивость лесного сообщества, соответствие состава и структуры лесного биогеоценоза условиям произрастания и коренному экотопу, то есть почвенно-климатическим условиям и геоморфологии местности.

В.Г. Стороженко (2018) к отмеченным выше критериям добавляет, что устойчивость любого растительного сообщества непосредственно связана со структурным строением не только биогеоценоза, но и микоценоза.

Распаду древостоев в очагах усыхания предшествует дифференциация деревьев по категориям состояния, которая вызывается как процессом естественного изреживания насаждений, так и негативным влиянием абиотических и биотических факторов окружающей среды. Среди биотических факторов, оказывающих существенное влияние на процессы дифференциации деревьев в лесу, важная роль принадлежит грибам-биотрофам. В очагах усыхания хвойных пород такую роль выполняет корневая губка (Синадский, 1983; Негруцкий, 1986; Чураков, 1993; Стороженко, 2014; Волченкова, 2017; Delatour, 1980; Marincovic, 1980; Steinlid, 1989).

Одним из негативных последствий развития очагов корневой губки, наряду с дифференциацией деревьев по категориям состояния, распадом древостоев и снижением их продуктивности, является неопределённость в возможности естественного возобновления главных лесообразующих древесных пород, что приводит не только к снижению флористического разнообразия, но и к нежелательной, с практической точки зрения, сукцессии растительности.

Исследования процессов дифференциации древостоев и естественного возобновления леса в очагах корневой губки, являются актуальными и своевременными не только с лесоводственной, но и с экологической точки зрения, поскольку позволяют выявить механизмы и характер поддержания и восстановления устойчивости фитоценозов в патологически нарушенных лесных экосистемах.

**Степень разработанности темы исследований.** Несмотря на то, что по теме корневой губки имеются многочисленные публикации как в нашей стране, так и за рубежом, проблема естественного возобновления леса в очагах корневой губки, особенно в очагах усыхания деревьев почти не изучена. В лесных насаждениях Ульяновской и смежных областей Среднего Поволжья такие исследования не проводились.

Диссертация является законченным научным исследованием.

**Цель исследования.** Изучение процессов дифференциации и продуктивности древостоев сосны обыкновенной, а также естественного возобновления леса в очагах корневой губки и их влияния на поддержание и восстановление устойчивости фитоценозов в патоло-

гически нарушенных лесных экосистемах.

**Задачи исследования.** В соответствии с поставленной целью исследования решались следующие задачи:

1. Изучить влияние некоторых эколого-лесоводственных факторов на характер распространения очагов корневой губки в сосновых лесах Ульяновской области.
2. Изучить влияние процессов дифференциации древостоев и их последствий на сохранение экологической устойчивости лесных фитоценозов в очагах корневой губки.
3. Определить роль естественного возобновления леса в поддержании и восстановлении экологической устойчивости лесных фитоценозов в очагах корневой губки.

**Объектом исследований** являются сосновые древостои в очагах корневой губки в различных лесорастительных условиях Ульяновской области.

**Научная новизна исследования.** Впервые изучены: влияние эколого-лесоводственных факторов на распространение очагов корневой губки и очагов усыхания деревьев, процессы дифференциации деревьев по категориям состояния, таксационные характеристики, продуктивность древостоев, естественный и патологический отпад в очагах усыхания сосны от корневой губки в различных лесорастительных условиях Ульяновской области.

Впервые изучены процессы естественного лесовозобновления в очагах усыхания разной степени развития и в различных лесорастительных условиях. Также впервые определен характер взаимосвязей между степенью дифференциации деревьев по категориям состояния и количеством естественного возобновления сосны в очагах усыхания.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные результаты исследований значительно дополняют существующие знания по сохранению и восстановлению фиторазнообразия в патологически нарушенных лесных экосистемах. На основе проведенных исследований было установлено, что в обследованных лесных экосистемах наблюдается постепенное снижение интенсивности поражения корневой губкой сосновых древостоев. Это проявляется в резком уменьшении суммарной площади формирующихся и возникающих очагов усыхания сосны от этого патогена. Но зато увеличивается площадь затухающих и затухших очагов усыхания. Следовательно, есть основание говорить о снижении патологического стресса на лесные фитоценозы и повышении их устойчивости при соблюдении санитарных норм и правил в лесах. Несмотря на распад древостоев, в очагах усыхания происходят процессы естественного возобновления леса, качественный и количественный состав которого во многом зависит как от характера дифференциации деревьев и степени развития очагов, так и от источников обсеменения и лесорастительных условий.

Практическая значимость работы состоит в возможности использования полученных результатов при проведении лесохозяйственных и лесозащитных мероприятий. Ведение лесного хозяйства в сосновых насаждениях, пораженных корневой губкой, должно быть направлено на сохранение устойчивых к болезни деревьев, а также благонадежного самосева и подроста наиболее ценных лесобразующих пород. Результаты исследований рекомендованы для апробации в Учебно-научно-производственные некоммерческие комплексы Ульяновской области «Лес-юг» и «Юг», а также используются в учебном процессе на кафедре лесного хозяйства Ульяновского государственного университета.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Эколого-лесоводственные факторы оказывают влияние на характер распространения очагов корневой губки.
2. Характер дифференциации деревьев по санитарному состоянию и их последствия (сохранность в очагах усыхания устойчивых к болезни деревьев, изменение светового ре-

жима и влажности и др.) создают предпосылки к восстановлению лесного фитоценоза.

3. Характер и направление процессов естественного возобновления леса являются существенными факторами поддержания экологической устойчивости фитоценозов в патологически нарушенных лесных экосистемах.

**Достоверность результатов исследований** подтверждается большим объемом экспериментальных данных, собранных в процессе проведения исследований в полевых условиях, использованием научно-обоснованных методик, обработкой полученных данных с помощью математических и статистических методов с применением прикладных компьютерных программ (Microsoft Office Excel 2010).

**Апробация результатов.** Основные результаты исследований по теме диссертации доложены на Всероссийской конференции с международным участием "Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике" (Москва, 2016); XVI междунар. науч.-практ. конф. "Актуальные проблемы развития лесного комплекса" (Вологда, 2018); Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием "Управление биологическими системами" (Ульяновск, 2019); XVIII междунар. науч.-практ. конф. «Наука в современном информационном обществе. Science in the modern information society» (North Chaleston, USA, 2019), XX междунар. науч.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Fundamental and applied sciences today» (North Chaleston, USA, 2019). XXII междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. Topical areas of fundamental and applied research XXII» (North Chaleston, USA, 2020).

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 13 статьях, в том числе в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК РФ – 5 статей, две из которых в журналах, рекомендованных по научной специальности 06.03.02) сельскохозяйственные науки). Одна из статей проиндексирована в международной базе данных Scopus.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа включает введение, перечень обозначений и сокращений, 4 главы, общие выводы, практические рекомендации, приложения и список литературы из 178 наименований, из которых 43 на иностранных языках. Объем диссертации составляет 149 страниц машинописного текста, иллюстрированных 18 рисунками, 30 таблицами и 8 приложениями.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Состояние вопроса**

В главе проанализирована отечественная и зарубежная литература по вопросам развития корневой губки в лесных экосистемах и влияния ее на устойчивость и продуктивность лесных насаждений, а также перспективы сохранения флористического разнообразия в очагах усыхания древостоев, пораженных этим патогеном (Черных, 1965; Алексеев, 1973; Биол. разнообразие, 1992, 1995; Артюховский, 1993; Демаков, 1997; Авров, 2000; Павлов, 2006; Арефьев, 2013; Ширнина, 2014; Головацкая, 2017; Иванчина и др., 2017; Стороженко, 2018; Залесов и др., 2019; Залесова и др., 2019; Blastad, 1967; Gibbs, 1968; Bingham, 1971; Dimitri, 1980; Ramos, 2008; Stokland, 2013 и др.). Отмечено почти полное отсутствие внимания исследователей на проблему естественного лесовозобновления в очагах усыхания древостоев, пораженных корневой губкой.

### **Глава 2. Природно-климатические условия района исследований**

Ульяновская область расположена в самом центре Среднего Поволжья на обоих бере-

гах р. Волги. Ее площадь составляет 37,2 тыс. км<sup>2</sup> и расположена она в двух лесорастительных зонах: лесостепной и зоне хвойно-широколиственных лесов. На западе область граничит с Пензенской областью, республикой Мордовией, на севере – с Чувашской Республикой и Республикой Татарстан, на востоке – с Самарской областью, на юге – с Саратовской областью. С севера на юг территория области протянулась на 250 км, с запада на восток – на 290 км. Река Волга делит область на две неравные части: левобережную часть площадью 9,1 тыс. км<sup>2</sup>, или 25% от общей площади, и правобережную – 28,1 тыс. км<sup>2</sup>, или 75%.

По данным учета на 01.01.18 г. площадь лесного фонда Ульяновской области составляет 1065,3 тысяч га. Площадь защитных лесов составляет 78,7%, эксплуатационных – 21,3%. Лесистость зоны деятельности лесничеств области равна 26,7%, что относит ее по шкале Цепляева В.П. к среднелесистым территориям. Однако размещение лесов на территории области крайне неравномерно, в восточной части лесистость достигает 30-55%, а в южной – 12-22%, в западной – 51%, а в северной снижается до 1,5%.

Преобладающей растительной формацией в лесах Ульяновской области являются сосновые леса. В современном лесном покрове области большую роль играют широколиственные и мелколиственные леса, которые в большинстве своем имеют производный характер и появились на месте сосново-широколиственных лесов. Они представлены дубовыми, липовыми, березовыми и осиновыми лесами.

### **Глава 3. Материал и методика исследований**

Исследования проводились с 2010 по 2018 г. в сосновых культурах Кузоватовского и Николаевского лесничеств Ульяновской области. На выбранных лесных участках были обследованы имеющиеся на момент обследования очаги усыхания: сосняки бруснично-зеленомошниковые (БРЗМ) Кузоватовского семенного лесничества (возникающие, формирующиеся и действующие очаги) и сосняки орляковые (ОРЛ) того же лесничества (возникающие действующие, затухающие и затухшие очаги усыхания).

В Славкинском участковом лесничестве изучению подверглись действующие, затухающие и затухшие очаги усыхания в сосняках бруснично-зеленомошниковых (БРЗМ).

Очаги имели округлую форму со средним диаметром 42 м (рис. 1). В Кузоватовском семенном лесничестве было обследовано 24 очага усыхания, в Славкинском участковом лесничестве 18 очагов по 6 штук для каждой категории усыхания. Для сравнения на межочаговом пространстве были заложены по 6 контрольных площадей с одинаковыми очагам характеристиками размером 35x40 м, сопоставимым по площади очагам. Средняя площадь очага и контрольной площади составляла 0,14 га. Следовательно, всего в обоих лесничествах было обследовано 42 пробных и 18 контрольных площадей. В 11 квартале Кузоватовского лесничества обследования очагов усыхания последовательно проводились в 2010, 2012 и 2014 годах.

Для определения степени дифференциации деревьев сосны по категориям состояния в каждом очаге усыхания и на контрольной площади проводился сплошной пере́чет деревьев с подразделением их по категориям состояния. Была использована шкала категорий состояния деревьев, рекомендованная «Руководством по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований». Были выделены 6 следующих категорий состояния: I - без признаков ослабления, II – ослабленные, III - сильно ослабленные, IV – усыхающие, V - сухостой текущего года и VI – сухостой прошлых лет. Ветровальные, буреломные и снеголомные деревья при расчете средней категории состояния приравниваются к свежему или старому сухостою. Свежим ветровалом, буреломом или снеголомом считают-

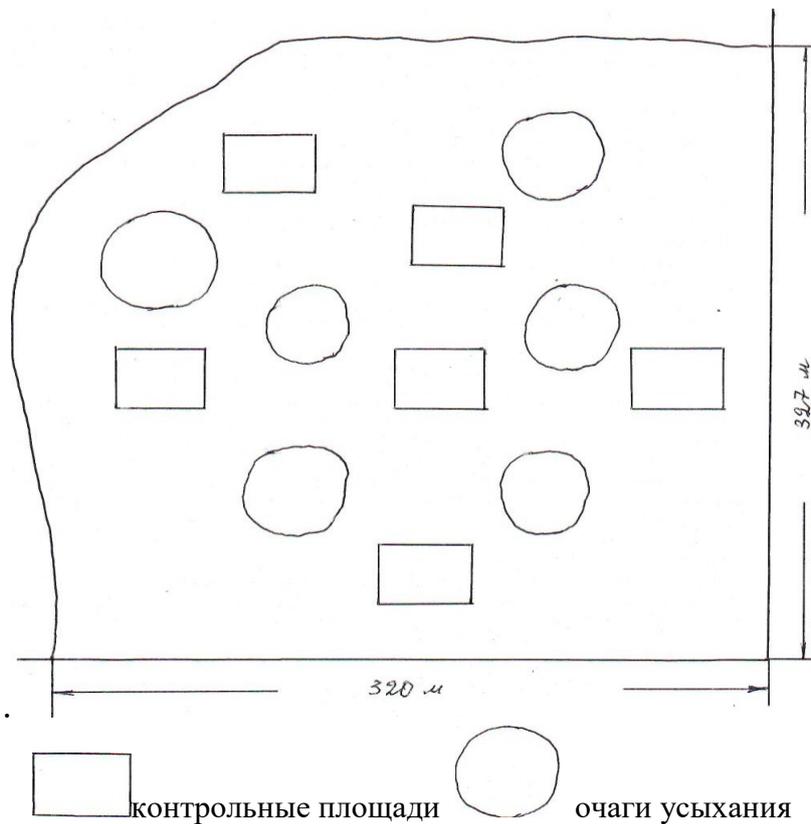


Рис. 1. Схема расположения контрольных площадей и очагов усыхания в 21 выделе 11 квартала Кузоватовского лесничества

ся стволы деревьев, погибшие не более чем за два года до момента обследования.

Степень ослабления насаждения определялась по формуле:

$$K_{\text{ср.}} = \frac{P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + P_3 \cdot K_3 + P_4 \cdot K_4 + P_5 \cdot K_5}{100}$$

где  $K_{\text{ср.}}$  = средневзвешенная величина состояния насаждения.

$P_{1-5}$  = доля каждой категории состояния в процентах.

$K_{1-5}$  = индекс категории состояния дерева (1 – здоровое, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее, 5 – свежий и старый сухостой, ветровал и бурелом). При этом, если значение средневзвешенной величины не превышает 1,5, насаждения относят к здоровым; 2,5 – к ослабленным; 3,5 – к сильно ослабленным; 4,5 – к усыхающим; более 4,5 – к погибшим. По сортиментным таблицам определялся средний запас древесины в  $\text{м}^3$  по каждой категории состояния в различных по степени развития очагах корневой губки.

В исследуемых очагах и на контрольных площадках были заложены ленточные пробные площади размером 25x2 м по одной на каждой пробе. На них был проведен учёт самосева и подроста сосны и лиственных пород. При этом пнёвая поросль лиственных пород после выборочной санитарной рубки учитывалась по числу пней с порослью, а каждый корневой отпрыск осины учитывался как самостоятельное растение. Подлесок из кустарников не учитывался. Количество самосева и подроста во всех вариантах приводится на площадь 50  $\text{м}^2$ . Учет естественного лесовозобновления проводился по двум возрастным группам: в первую возрастную группу включался самосев древесных пород в возрасте 1-2 года, во вторую – 3-4 года.

Сравнение средних значений и вариабельность показателей в очагах усыхания разной степени развития и в контроле производилась с использованием дисперсионного анализа.

В качестве показателя вариабельности использована стандартная ошибка среднего  $S_x$ . Достоверность различий ( $p$ ) между сравниваемыми средними определялась по коэффициенту Стьюдента на 0,05-м уровне значимости сравниваемых показателей.

Корреляционная связь между изучаемыми признаками определялась путём вычисления коэффициента корреляции при малом числе наблюдений по формуле:

$$r = \frac{\sum X \cdot Y}{\sqrt{\sum X^2 \cdot \sum Y^2}}$$

где:  $r$  - коэффициент корреляции,

$\sum XY$  - сумма произведений отклонений, взятых попарно,

$\sum X^2$  - сумма квадратов отклонений для ряда  $X$ ,

$\sum Y^2$  - сумма квадратов отклонений для ряда  $Y$ .

Среднюю ошибку коэффициента корреляции вычисляют по следующей формуле:

$$m_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$$

где:  $m_r$  - средняя ошибка коэффициента корреляции;

$n$  - число наблюдений.

Для оценки достоверности коэффициента корреляции вычисляется отношение этого коэффициента к его средней ошибке по формуле:  $t = \frac{r}{m_r}$

где:  $t$  - достоверность коэффициента корреляции.

Если  $t$  равно 4 или больше, то коэффициент корреляции считается достоверным, т.е. связь между изучаемыми показателями является доказанной.

При расчёте корреляционной связи между степенью развития очагов от возникающих к затухшим и средними таксационными показателями деревьев степень развития очагов оценивалась в баллах: возникающий очаг 1 балл, действующий – 2 балла, затухающий -3 балла, затухший – 4 балла.

При статистической обработке полученных данных использовался также двухфакторный дисперсионный анализ без повторений с применением прикладных компьютерных программ (Microsoft Office Excel 2010).

## Глава 4. Результаты исследований и их обсуждение

**4.1. Влияние эколого-лесоводственных факторов на распределение очагов усыхания сосны от корневой губки.** Основными эколого-лесоводственными факторами, влияющими на структуру и функционирование лесных экосистем, являются лесорастительные условия, тип леса, полнота, продуктивность и возраст древостоев.

В Ульяновской области очаги корневой губки в сосновых лесах занимают площадь 3422 га, или 1,0% от общей площади сосняков.

Наибольшая площадь очагов корневой губки и очагов усыхания сосны приходится на сосняки с наилучшими лесорастительными условиями: ОРЛ, СНЯС, КРТ и МТР. В этих типах леса сосредоточено 74,1% общей площади очагов корневой губки и 73,6% площади очагов усыхания сосны. Площадь очагов корневой губки в сосняках лишайниковых с наихудшими показателями плодородия и влажности почвы составляет всего 1,2%, а очагов усыхания сосны 0,4% от общей площади очагов.

Важным эколого-лесоводственным фактором, влияющим на формирование и функционирование лесного фитоценоза, является полнота древостоя (табл.1).

Таблица 1. - Распределение очагов усыхания сосны от корневой губки по полнотам

Тип сосняков	Площадь по полнотам, га											
	0,4		0,5		0,6		0,7		0,8		Всего	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
ОРЛ	11	5,4	19	9,3	46	22,6	61	29,9	67	32,8	204	100
СНЯС	9	5,7	16	10,1	21	13,3	57	36,1	55	34,7	158	100
КРТ	8	5,8	12	8,8	35	25,5	39	28,5	43	31,4	137	100
МТР	7	6,2	11	9,8	24	21,5	32	28,6	38	33,9	112	100
ЗЛРК	6	6,9	8	9,3	11	12,6	27	31,0	35	40,2	87	100
Ч	4	6,5	6	9,6	10	16,1	22	35,5	20	32,3	62	100
БРЗМ	3	5,2	4	6,9	8	13,8	21	36,2	22	37,9	58	100
Л	1	8,3	2	16,6	2	16,7	3	25,0	4	33,4	12	100
Итого	49	5,9	78	9,4	157	18,9	262	31,6	284	34,2	830	100

По мере повышения лесоводственной полноты древостоев во всех обследованных типах сосняков увеличивается площадь усыхания деревьев. Например, если при полноте 0,4 в среднем по всем типам сосняков площадь очагов усыхания составляла 5,9%, то при полноте 0,8 она увеличилась до 34,2% от общей площади очагов, т.е. увеличение почти в 6 раз.

Проведенный дисперсионный анализ достоверно показал высокую степень зависимости площади очагов усыхания сосны от лесоводственной полноты древостоя ( $F_{\text{факт.}}=19,6 > F_{\text{теор.}}=2,7$ ). Кроме того, результаты этого анализа указывают на достоверное увеличение площади усыхания сосны по мере улучшения лесорастительных условий от сосняков орляковых к соснякам лишайниковым ( $F_{\text{факт.}}=10,7 > F_{\text{теор.}}=2,4$ ).

Продуктивность древостоев является одним из существенных эколого-лесоводственных характеристик лесного фитоценоза. Наибольшая площадь очагов усыхания сосны приходится на высокопродуктивные древостои I и II классов бонитета (62,3%), в древостоях IV и V классов бонитета площадь очагов усыхания составляет всего 14,4% от общей площади. Зависимость площади очагов усыхания сосны от продуктивности древостоев подтверждается и результатами дисперсионного анализа ( $F_{\text{факт.}}=18,8 > F_{\text{теор.}}=2,7$ ). Во всех классах бонитета по мере улучшения лесорастительных условий достоверно увеличивается площадь очагов усыхания ( $F_{\text{факт.}}=10,9 > F_{\text{теор.}}=2,4$ ).

Одним из важных морфологических характеристик лесного фитоценоза является возраст древостоев. Наибольшая площадь очагов усыхания древостоев от корневой губки приходится на молодняки I-II классов и средневозрастные древостои III класса возраста, что в сумме составляет 84,2% от общей площади очагов. Причем наиболее сильное увеличение площади усыхания древостоев характерно для высокопродуктивных местообитаний сосны – сосняков ОРЛ, СНЯС и КРТ, что достоверно подтверждается и результатами дисперсионного анализа ( $F_{\text{факт.}}=14,4 > F_{\text{теор.}}=2,7$ ). Во всех классах возраста площадь очагов усыхания увеличивается по мере улучшения лесорастительных условий ( $F_{\text{факт.}}=9,2 > F_{\text{теор.}}=2,4$ ).

Для понимания существующего санитарного состояния сосновых древостоев, но и для прогнозирования лесопатологической ситуации на будущее важно выявить характер распределения площади усыхания сосны в зависимости от степени развития очагов: формирующиеся, возникающие, действующие, затухающие и затухшие (табл. 2).

Наибольшая площадь очагов усыхания сосны сосредоточена в действующих, затухающих и затухших очагах – 85,9%. Причем это характерно для всех исследованных типов леса и подтверждается результатами дисперсионного анализа ( $F_{\text{факт.}}=9,8 > F_{\text{теор.}}=2,4$ ), т.е. по

мере развития очагов от возникающих к затухшим прослеживается тенденция к увеличению площади очагов усыхания.

Таблица 2. - Распределение очагов усыхания по степени их развития

Тип сосняков	Площадь очагов усыхания											
	О <sub>в</sub>		О <sub>ф</sub>		О <sub>д</sub>		О <sub>з</sub>		О <sub>т</sub>		Всего	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
ОРЛ	2	1,0	21	10,3	58	28,4	69	33,8	54	26,5	204	100
СНЯС	2	1,3	20	12,7	46	29,1	49	31,0	41	25,9	158	100
КРТ	1	0,7	19	13,9	30	21,9	49	35,8	38	27,7	137	100
МТР	1	0,9	16	14,3	31	27,7	31	27,7	33	29,4	112	100
ЗЛРК	1	1,2	13	14,9	26	29,9	29	33,3	18	20,7	87	100
Ч	0	0	12	19,4	17	27,4	18	29,0	15	24,2	62	100
БРЗМ	0	0	8	13,8	18	31,0	22	37,9	10	17,3	58	100
Л	0	0	1	8,3	3	25,0	6	50,0	2	16,7	12	100
Итого	7	0,8	110	13,3	229	27,6	273	32,9	211	25,4	830	100

Также достоверно подтверждается увеличение площади очагов по мере улучшения лесорастительных условий во всех обследованных очагах усыхания ( $F_{\text{факт.}}=18,4 > F_{\text{теор.}}=2,7$ ). Незначительная площадь возникающих и формирующихся очагов усыхания (14,1%) говорит о том, в обследованных популяциях сосны обыкновенной зараженность деревьев корневой губкой идет на спад.

**4.2. Дифференциация и продуктивность древостоев в очагах усыхания сосны от корневой губки.** Дифференциация деревьев в чистых одновозрастных насаждениях – это естественный закономерный процесс. С практической точки зрения определённый интерес представляет вопрос о характере распределения деревьев по категориям состояния в древостоях сосны, поражённых корневой губкой, по сравнению с древостоями вне очагов усыхания и как этот процесс может сказываться на ходе естественного возобновления леса и на устойчивости лесных экосистем в целом.

Было изучено распределение деревьев сосны на контрольных площадях и в действующих в течение 5 лет очагах усыхания в сосняках бруснично-зелёномошниковых. Полученные результаты показывают, что в течение 5 лет количество условно здоровых деревьев на контрольных площадях сократилось с 44 в 2010 г. до 42% в 2014 г., ослабленных деревьев соответственно - с 53 до 42%, а засыхающих и усохших деревьев за этот период увеличилось с 3 до 14%, то есть почти в 5 раз. В очагах усыхания количество условно здоровых деревьев сосны снизилось с 41%, в 2010 г. до 13% в 2014 г., ослабленных деревьев соответственно – с 40 до 32%, а засыхающих и усохших деревьев наоборот увеличилось с 18 до 55%.

На контрольных площадях во все годы обследований наблюдается довольно сильная отрицательная и вполне достоверная корреляция между изучаемыми показателями. То есть по мере повышения категории санитарного состояния от Iк VI количество деревьев в этих категориях состояния уменьшается. Следовательно, на контрольных площадях преимущественно преобладают деревья первых двух категория состояния – условно здоровые и незначительно ослабленные.

Несколько другая ситуация складывается в очагах усыхания. Если в 2010 и 2012 годах в них наблюдается сильная отрицательная корреляция между изучаемыми показателями, то в 2014 г. эта связь становится положительной. То есть по мере увеличения степени ослабления деревьев увеличивается их количество.

Увеличение количества ослабленных деревьев в очагах усыхания вызывает распад древостоев, снижение полноты, появление окон полога и прогалин, что сопровождается изменением светового, теплового режима и микроклимата в насаждении, что, в конце концов, приводит к изменениям состава и структуры растительного сообщества.

Средневзвешенная величина категории состояния  $K_{срв.}$  в 2010 г. составила для контроля 1,83, для очагов 2,13, что соответствует характеристике насаждений в обоих случаях как ослабленные. В 2012 г.  $K_{срв.}$  для контроля равен 1,90, для очагов - 2,56, т.е. насаждения в контроле характеризуются как ослабленные, а в очагах усыхания уже как сильно ослабленные. В 2014 г. для контроля  $K_{срв.} = 1,97$ , а для очагов  $K_{срв.} = 3,57$ . Следовательно, в 2014 г. насаждения в контроле остались в ослабленном состоянии, но в очагах усыхания насаждения уже перешли в категорию усыхающих. Таким образом, очаги усыхания сосняков от корневой губки за период времени с 2010 по 2014 г. прошли путь от возникающих до прогрессирующе действующих, а сосновые древостои в этих очагах - от ослабленных до усыхающих.

В 2015 г. было проведено сравнительное изучение распределения деревьев по категориям состояния в очагах усыхания в различных типах леса: сосняках орляковых Кузоватовского семенного лесничества и сосняках бруснично-зеленомошниковых Славкинского лесничества (табл. 3).

Таблица 3. - Распределение деревьев по категориям состояния в очагах усыхания сосны от корневой губки

Вид проб	Всего учтено деревьев, шт.	Учтено деревьев по категориям состояния, шт.					
		I	II	III	IV	V	VI
<b>Сосняки орляковые</b>							
К	87±1,6	37±1,2	28±1,1	12±1,2	7±1,0	2±0,6	1±0,4
О <sub>в</sub>	76±1,5	21±1,3	28±1,3	12±1,4	9±1,1	4±1,0	2±0,8
р	<0,05	<0,05	-	-	>0,05	<0,05	>0,05
О <sub>д</sub>	61±1,6	10±0,8	17±1,4	14±1,1	12±1,0	5±0,9	3±0,7
р	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
О <sub>з</sub>	52±1,4	7±0,9	10±1,1	12±1,0	8±0,6	8±0,8	7±1,0
р	<0,05	<0,05	<0,05	-	>0,05	<0,05	<0,05
О <sub>т</sub>	49±1,2	5±0,8	9±1,0	9±0,8	8±0,9	9±0,8	9±1,0
р	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05
Ср <sub>о</sub>	59	11	16	12	9	6	5
<b>Сосняки бруснично-зеленомошниковых</b>							
К	88±1,7	39±1,4	22±1,3	14±1,2	7±1,0	4±0,6	2±0,5
О <sub>д</sub>	65±1,4	13±1,2	18±1,1	14±1,0	12±0,9	5±1,0	3±0,6
р	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	>0,05	>0,05
О <sub>з</sub>	59±1,3	10±1,1	12±1,2	13±1,2	9±0,7	8±0,6	7±0,4
р	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05
О <sub>т</sub>	51±1,7	6±1,2	8±1,3	10±1,4	8±0,9	10±1,0	9±0,6
р	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05
Ср <sub>о</sub>	58±1,5	10±1,1	13±1,2	12±1,2	10±1,0	7±0,6	6±0,5

В сосняках орляковых количество деревьев I и II категорий состояния постепенно снижается от возникающих очагов к затухшим. Сильно ослабленных деревьев III категории состояния больше всего в действующих очагах, а меньше всего в затухших. В возникающих и затухающих очагах таких деревьев учтено одинаковое количество. Количество засыхающих деревьев IV категории состояния увеличивается от возникающих к действу-

ющим очагам, затем снижается в затухающих и сохраняется на этом уровне в затухших очагах усыхания. Количество свежего (деревья V категории состояния) и старого сухостоя (деревья VI категории состояния) постепенно увеличивается от возникающих к затухшим очагам.

В сосняках бруснично-зеленомошниковых, как и в сосняках орляковых, наблюдается постепенное снижение количества учтенных деревьев от I к VI категории состояния. Количество ослабленных деревьев II категории состояния постепенно уменьшается от действующих к затухшим очагам усыхания. Гораздо слабее идет процесс снижения числа сильно ослабленных деревьев III категории. Наибольшее количество усыхающих деревьев IV категории состояния выявлено в действующих очагах усыхания. В затухающих и затухших очагах наблюдается снижение количества таких деревьев. Количество свежего (деревья V категории состояния) и старого (деревья VI категории состояния) сухостоя постепенно увеличивается от действующих к затухшим очагам усыхания.

Средневзвешенная величина категории состояния деревьев в сосняках орляковых равна в контроле  $K_{cp}=1,95$ , в возникающих очагах усыхания  $K_{cp}=2,38$ , в действующих  $K_{cp}=2,52$ , затухающих 3,25 и затухших  $K_{cp}=3,52$ . Следовательно, сосновые древостои в контроле и возникающих очагах относятся к категории ослабленных, в действующих и затухающих - к категории сильно ослабленных, а в затухших очагах – к категории засыхающих. В сосняках бруснично-зеленомошниковых средневзвешенная величина категории состояния выражается следующими показателями: в контроле  $K_{cp}=2,09$ , в действующих очагах усыхания  $K_{cp}=2,74$ , в затухающих  $K_{cp}=3,08$  и в затухших  $K_{cp}=3,53$ . Следовательно, древостои в контроле характеризуются как ослабленные, в действующих и затухающих очагах - как сильно ослабленные и в затухших – как засыхающие.

Дифференциация деревьев по категориям состояния сопровождается изменением основных таксационных параметров деревьев – высоты и диаметра, что сказывается на древесной продуктивности древостоев. В сосняках бруснично-зеленомошниковых средние показатели высот и диаметров деревьев всех категорий состояния на 10-12% выше, чем в орляковых типах сосняков. Это связано, с тем, что в сосняках бруснично-зеленомошниковых древостои IV класса возраста, а в сосняках орляковых III класса возраста, что сказывается на морфометрических характеристиках древостоев и их продуктивности. Кроме того, нужно учитывать то, что, несмотря на более благоприятные почвенно-климатические условия роста деревьев в сосняках орляковых, здесь же более активно развивается и корневая губка, что в итоге приводит к снижению продуктивности древостоев.

Представляет практический интерес динамика запаса древесины в связи с изменением санитарного состояния деревьев на контрольных площадях и в очагах усыхания разной степени развития.

В обоих типах леса суммарные запасы древесины на контрольных площадях больше, чем в очагах усыхания (рис. 1). Поскольку в сосняках БРЗМ древостои старше, чем в сосняках ОРЛ, запас древесины в них больше. Хотя суммарный запас древесины в обоих типах сосняков уменьшается по мере движения от I к VI категории состояния, но наиболее чётко этот процесс наблюдается только в возникающих очагах усыхания.

Между категориями состояния и запасами древесины на контрольных площадях и в очагах усыхания наблюдается сильная, достоверная отрицательная корреляционная связь в обоих типах леса.

Неотъемлемой частью общей биологической массы лесных сообществ является древесный отпад. В лесу древесный отпад представлен двумя видами: естественным и патологическим. По И.А. Алексееву (2013), естественный отпад характеризуется отмиранием и

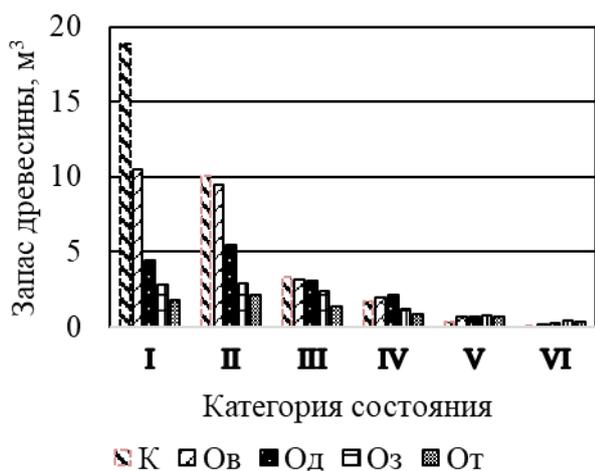


Рис. 1 Распределение запаса древесины по категориям состояния в сосняках орляковых

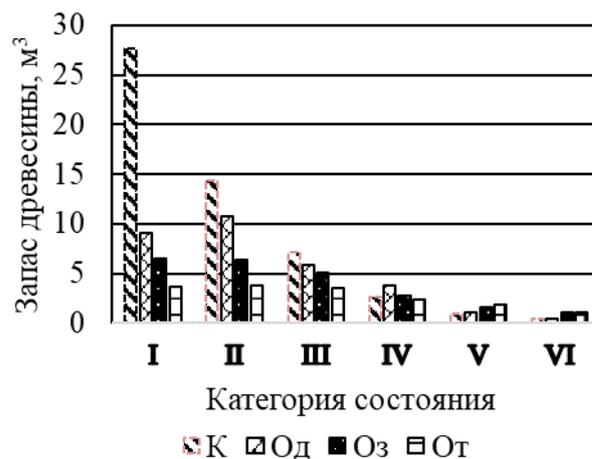


Рис. 2. Распределение запаса древесины по категориям состояния в сосняке бруснично-зеленомошниковых

выпадением деревьев в насаждении вследствие угнетения. Патологический отпад связан с ухудшением состояния и отмиранием деревьев вследствие многократного повреждения насекомыми, длительного поражения грибными, бактериальными, вирусными и другими болезнями. В обследованных древостоях сосны естественный отпад представлен усыхающими, свежими и старыми сухостойными деревьями на контрольных площадях. Патологический отпад наблюдается в очагах усыхания деревьев и также представлен деревьями IV, V и VI категорий состояния.

Средний естественный отпад на контрольных площадях в сосняках ОРЛ равен  $2,17 \text{ м}^3$  ( $15,5 \text{ м}^3/\text{га}$ ), или  $6,3\%$  от общего запаса древостоя. В сосняках БРЗМ этот показатель равен  $4,04 \text{ м}^3$  ( $7,6\%$ ), или  $28,9 \text{ м}^3/\text{га}$ , т.е. примерно в 2 раза больше, чем в сосняках ОРЛ. Это связано с тем, что в сосняках БРЗМ древостои более старшего возраста, имеют больший запас древесины и соответственно дают больший объем древесного отпада по сравнению с сосняками ОРЛ. В очагах усыхания суммарный объем патологического отпада в обоих типах леса больше естественного отпада на контрольных площадях. Причём в сосняках ОРЛ эта разница составляет  $8,19 \text{ м}^3$  ( $79\%$ ), в сосняках БРЗМ –  $11,99 \text{ м}^3$  ( $75\%$ ). Суммарный патологический отпад в относительных (%) единицах в обоих типах леса увеличивается по мере развития очагов от возникающих к затухшим.

В сосняках орляковых в IV категории состояния (усыхающие деревья) наблюдается достоверная и сильная отрицательная корреляционная связь между степенью развития очагов усыхания и объемом патологического отпада. В V категории состояния (свежий сухостой) отмечена недостоверная слабая положительная корреляция между этими показателями. В VI категории состояния (старый сухостой) наблюдается вполне достоверная положительная корреляционная связь между исследуемыми показателями, т.е. по мере перехода очагов усыхания от возникающих к затухшим постепенно происходит увеличение патологического отпада.

В сосняках бруснично-зеленомошниковых в IV категории состояния (усыхающие деревья) наблюдается достоверная и сильная отрицательная корреляционная связь между степенью развития очагов и объемом патологического отпада, то есть, как и в сосняках ОРЛ, в сосняках БРЗМ по мере развития очагов от действующих к затухшим объем патологического отпада уменьшается. В V и VI категориях состояния (свежий и старый сухостой) от-

мечена сильная и достоверная положительная корреляция между степенью развития очагов и величиной патологического отпада.

#### **4.2. Естественное возобновление леса в очагах усыхания сосны от корневой губки.**

Наличие и породный состав самосева и подроста в очагах усыхания сосновых насаждений от корневой губки важны не только с точки зрения общего лесовосстановления, но и с позиций перспектив сохранения биологического разнообразия и коренных пород на лесной площади.

Поскольку дифференциация деревьев по категориям состояния изучалась в очагах усыхания сначала во временном диапазоне с 2010 по 2014 г., то вполне логичным было изучить процесс естественного возобновления леса в этих очагах именно в таком временном интервале. В 2010 г. на контрольных площадях сосновый самосев составил в среднем 21,0% от общего учтённого количества подроста. Лиственное молодое поколение в среднем составило 79,0%. В очагах усыхания сосновый самосев в среднем составил 29%, лиственный подрост представлен 71% от общего учтённого количества самосева и подроста.

В 2012 г. сосновый самосев и подрост на контрольных площадях составил в среднем 40% от общего числа учтённого подроста. Лиственный подрост составил в среднем 60%. В очагах усыхания сосновый подрост составил в среднем 48%, а лиственный - 52%. В 2014 г. на контрольных площадях самосев и подрост сосны в среднем составляет 48%, а лиственный – 52%. В очагах усыхания среднее количество самосева и подроста сосны составило 53%, лиственных пород - 47%.

Между степенью развития очагов усыхания и количеством соснового самосева и подроста, как в контроле, так и в очагах, наблюдается очень высокая положительная корреляционная связь. В то же время у лиственного самосева и подроста отмечена слабая отрицательная корреляция, к тому же эта связь не является доказанной.

Практический интерес представляет распределение самосева и подроста в очагах усыхания по породам, возрасту и происхождению. Из лиственных пород наибольшим количеством в контроле и очагах усыхания представлены берёза повислая и клён остролистный. На контрольных площадях и в очагах усыхания семенное потомство лиственных пород количественно преобладает над вегетативным. Клён остролистный и липа мелколистная представлены только семенным, а осина – только вегетативным возобновлением.

Важным качественным показателем естественного возобновления древесных пород является возраст. В течение 5 лет самосев и подрост сосны на контрольных площадях распределялся примерно поровну по обеим возрастным группам. Примерно такая же картина наблюдалась в возникающих очагах усыхания. Но в формирующихся и особенно в прогрессирующе действующих очагах ситуация коренным образом изменяется. Так, если в 2012 г. (формирующиеся очаги) естественное возобновление сосны старше 2-х лет количественно сократилось примерно в 3 раза по сравнению с самосевом в возрасте до 2-х лет, то в 2014 г. (прогрессирующе действующие очага) такое сокращение достигло семикратной величины, т.е. наблюдалась массовая гибель самосева старше 2-х летнего возраста.

С практической точки зрения определенный интерес представляет изучение процесса естественного лесовозобновления в различных типах леса (табл. 4).

В сосняках ОРЛ в контрольном варианте самосев и подрост сосны представлен 24% от общего количества самосева и подроста на исследуемых объектах. В возникающих очагах усыхания самосев и подрост сосны, составляет 33%. В действующих очагах молодое поколение сосны составляет 38%, в затухающих – уже 48% и в затухших – 46% от общего количества самосева и подроста. В сосняках БРЗМ в контрольном варианте самосев и подрост сосны представлен 39% от общего количества самосева и подроста на исследуемых

объектах. В действующих очагах усыхания самосев и подрост сосны, составляет 38%. В затухающих очагах молодое поколение сосны составляет 41%, а в затухших – уже 45%.

Таблица 4. - Распределение самосева и подроста по породам

Вид проб	Количество самосева и подроста, шт.							Итого
	Хвойные	Лиственные						
	Сосна	Всего	Дуб	Клён	Берёза	Осина		
<b>Сосняки орляковые</b>								
К	6 $\pm$ 0.3	19	4 $\pm$ 0.2	5 $\pm$ 0.3	4 $\pm$ 0.2	3 $\pm$ 0.1	3 $\pm$ 0.1	25
О <sub>в</sub>	8 $\pm$ 0.4	16	3 $\pm$ 0.1	4 $\pm$ 0.2	3 $\pm$ 0.1	4 $\pm$ 0.2	2 $\pm$ 0.1	24
р	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
О <sub>д</sub>	10 $\pm$ 0.5	16	2 $\pm$ 0.1	5 $\pm$ 0.2	4 $\pm$ 0.2	3 $\pm$ 0.2	2 $\pm$ 0.2	26
р	<0,05	-	<0,05	-	-	-	<0,05	-
О <sub>з</sub>	14 $\pm$ 0.4	15	2 $\pm$ 0.2	3 $\pm$ 0.1	5 $\pm$ 0.2	3 $\pm$ 0.1	2 $\pm$ 0.1	29
р	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	-
О <sub>т</sub>	12 $\pm$ 0,6	14	2 $\pm$ 0,2	4 $\pm$ 0,3	4 $\pm$ 0,3	2 $\pm$ 0,2	2 $\pm$ 0,1	26
р	<0,05	-	<0,05	>0,05	-	<0,05	<0,05	-
Ср <sub>о</sub>	11	15	2	4	4	3	2	26
<b>Сосняки бруснично-зеленомошниковые</b>								
К	25 $\pm$ 0.4	39	9 $\pm$ 0.3	10 $\pm$ 0.3	9 $\pm$ 0.2	7 $\pm$ 0.2	4 $\pm$ 0.1	64
О <sub>д</sub>	26 $\pm$ 0.3	43	8 $\pm$ 0.2	11 $\pm$ 0.4	11 $\pm$ 0.4	8 $\pm$ 0.3	5 $\pm$ 0.2	69
р	>0,05	-	<0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
О <sub>з</sub>	28 $\pm$ 0.4	40	6 $\pm$ 0.1	11 $\pm$ 0.3	10 $\pm$ 0.3	6 $\pm$ 0.2	7 $\pm$ 0.3	68
р	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	-
О <sub>т</sub>	31 $\pm$ 0.5	37	8 $\pm$ 0.3	9 $\pm$ 0.3	9 $\pm$ 0.3	5 $\pm$ 0.1	6 $\pm$ 0.2	68
р	<0,05	-	>0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	-
Ср <sub>о</sub>	28	40	8	10	10	6	6	68

Увеличение самосева сосны в очагах усыхания по мере их развития от возникающих к затухшим в обоих типах леса связано, по нашему мнению, со следующими факторами. Во-первых, в очагах усыхания и за его пределами имеются достаточное количество вполне здоровых деревьев сосны, которые могут быть источником семян для естественного возобновления. Во-вторых, по мере распада древостоя в очаге усыхания снижается полнота, появляются окна и прогалины, в которых создаются более подходящие условия для появления самосева сосны. Большее количество самосева сосны в сосняках БРЗМ связано, по-видимому, с меньшей конкуренцией всходов сосны с травянистой растительностью, проективное покрытие которой составляет здесь всего 40%, по сравнению с 70% в сосняках ОРЛ. Кроме того, обилие и разнообразие видов травянистых растений в обследованных сосняках БРЗМ гораздо беднее, чем в орляковых типах леса.

В среднем по всем очагам усыхания доля семенного возобновления составляет 69% от общего количества самосева и подроста. Клён остролистый и липа мелколистная в очагах усыхания представлены только самосевом и подростом семенного происхождения, а осина корневыми отпрысками. Самосев и подрост дуба и берёзы представлен в основном семенным поколением: дуб - 67%, берёза – 75%.

На контрольных участках и в очагах усыхания в сосняках ОРЛ самосев сосны в возрасте до 2-х лет количественно преобладает над молодым поколением старше 2-х летнего возраста. Причем этот разрыв резко увеличивается в очагах усыхания по мере их развития от возникающих к затухающим. Так, если на контрольных площадках самосев до 2-х лет составляет 67% от общего количества самосева, то в возникающих очагах этот показатель равен 63%, в действующих – 80%, в затухающих – 86%, в затухших – 82%. В сосняках

БРЗМ на контрольных участках самосев сосны обеих возрастных групп распределяется примерно поровну: 56% до двух лет и 44% старше 2-х лет. В очагах усыхания самосев сосны в возрасте до 2-х лет количественно преобладает над молодым поколением старше 2-х летнего возраста.

Как в сосняках ОРЛ, так и в сосняках БРЗМ между степенью развития очагов (от действующих до затухших) и количеством естественного возобновления сосны в возрасте до двух лет наблюдается сильная и достоверная положительная корреляционная связь. То есть по мере развития очагов усыхания в них увеличивается количество соснового самосева и подроста, причем в основном за счет самосева текущего года.

Результаты расчетов показывают, что между количеством внешне здоровых деревьев и количеством естественного возобновления сосны в возрасте до 2-х как в сосняках ОРЛ, так и в сосняках БРЗМ наблюдается довольно высокая отрицательная корреляционная связь (соответственно  $r = -0,89$  и  $-0,97$ ), что подтверждается и высокими показателями достоверности  $t = 8,9$  и  $24,2$  соответственно). На основании этого можно констатировать, что по мере снижения количества внешне здоровых деревьев в очагах усыхания различной степени развития в обоих типах леса количество естественного возобновления сосны в возрасте до 2-х лет достоверно увеличивалось, особенно в сосняках БРЗМ.

Что касается естественного возобновления сосны возрастом старше 2-х лет, здесь картина меняется на противоположную. В обоих обследованных типах леса отмечена высокая и достоверная положительная корреляционная связь между количеством условно здоровых деревьев и количеством самосева и подроста сосны в очагах усыхания ( $r = +0,93$  в сосняках ОРЛ и  $+0,82$  в сосняках БРЗМ). Это указывает на то, что по мере усиления степени дифференциации деревьев и соответственно уменьшения количества условно здоровых деревьев при переходе очагов усыхания от возникающих к затухшим количество самосева и подроста сосны старше 2-х летнего возраста достоверно снижается ( $t = 13,3$  и  $5,1$  соответственно).

С целью определения сохранности самосева и подроста в первые 2 годы жизни в Кузоватовском семенном лесничестве в 2017 и 2018 г.г. был проведен повторный учет естественного возобновления леса. При этом учитывался только самосев в возрасте 1-2 лет.

При учете естественного возобновления леса в 2017 г. в контрольном варианте самосев сосны представлен 5,8%, в действующих очагах усыхания - 5,6% от общего количества самосева. В затухающих очагах молодое поколение сосны составляет 6,5%, а в затухших - 7,3% от общего количества. Самосев и подрост дуба составил в действующих очагах 9,2%; в затухающих - 8,3%, в затухших - 7,2%, в контроле - 8,1% от общего количества молодого поколения всех древесных пород.

При учете естественного лесовозобновления в 2018 г. в контрольном варианте самосев сосны представлен 7,7%, в действующих очагах усыхания самосев сосны составляет 3,6% от общего количества. В затухающих очагах молодое поколение сосны составляет 4,1%, а в затухших - 6,0% от общего количества. Самосев и подрост дуба в 2018 г. составил на контрольных площадях 8,3%, в действующих очагах - 8,8%; в затухающих - 6,6%, в затухших - 6,3% от общего количества.

Обращает на себя внимание то, что по сравнению с учетами естественного лесовозобновления в этом квартале в предыдущие годы (2010-2014) в 2017 и 2018 г.г. резко увеличилось количество как хвойного, так и лиственного самосева, и подроста. По нашему мнению, это связано с несколькими причинами. Во-первых, весной 2016 г. по этому выделу прошел беглый низовой пожар малой интенсивности, что привело к частичной санитарной очистке лесной площади от растительных остатков и способствовало лучшему прорас-

танию семян лесных пород. Во-вторых, увеличению самосева древесных пород способствовали также благоприятные почвенно-грунтовые и погодные условия, а также урожайный год. На появление обильного возобновления деревьев и кустарников после сжигания порубочных остатков указывает также О.Н. Гусева (2011).

При обследовании в 2017 и 2018 г.г. на контрольных площадках и в очагах усыхания семенное возобновление лиственных пород значительно превосходит по количеству вегетативное и составляет в среднем 92 и 94% соответственно.

Общее количество самосева и подроста всех пород в 2018 г. несколько сократилось по сравнению с учетом в 2017 г. и на контрольных участках, и в очагах усыхания. Причем такое сокращение происходило в основном за счет самосева в возрасте одного года. Например, в контроле это сокращение составило 22%, а в очагах усыхания в среднем – 19%. В возрасте двух лет сокращение количества самосева составило в контроле 5%, а в очагах усыхания отмечено увеличение количества самосева в среднем на 16%.

Что касается самосева сосны, то он в возрасте 1 года в 2017 и 2018 г. количественно преобладает над молодым поколением 2-х летнего возраста. Причем этот разрыв резко увеличивается в очагах усыхания по мере их развития от действующих к затухшим. Так, если в действующих очагах этот показатель равен 78%, то в затухающих – 85%, а в затухших – 94%. Несмотря на то, что в 2017 г. самосева сосны в возрасте 1 года было почти на 40% больше, чем в 2018 г. в 2-х летнем возрасте в обоих случаях сохранилось очень мало самосева в 2017 г. - 17%, в 2018 г. – 21%.

Между степенью развития очагов и количеством самосева сосны в возрасте 1 года отмечена очень высокая положительная корреляция и в 2017 и в 2018 г. ( $r=+0,99$  и  $+0,98$ ), т.е. по мере усиления распада насаждений в очагах усыхания увеличивается количество соснового самосева. Но в возрасте 2-х лет картина меняется на обратную: по мере распада насаждений количество самосева и подроста сосны достоверно снижается ( $r=-0,94$ ).

Что касается дуба, то здесь в обеих возрастных группах наблюдается сравнительно высокая отрицательная корреляционная связь между степенью развития очагов усыхания и количеством естественного возобновления дуба, т.е. по мере развития очагов от действующих к затухшим количество самосева и подроста дуба увеличивается.

Наличие естественного возобновления леса в очагах усыхания указывает на возможность восстановления лесного фитоценоза на лесных участках, где в результате поражения корневой губкой происходит распад и деградация хвойных насаждений. Преобладание же лиственного самосева и подроста и почти полное исчезновение самосева сосны дает основание говорить о грядущей смене древесных пород. Но, с другой стороны, наличие естественного возобновления лиственных пород в сосновом насаждении улучшает состояние и повышает продуктивность и устойчивость таких насаждений. Заращение очагов усыхания лиственными древесными и кустарниковыми породами, а также разнотравьем приводит к постепенному затуханию очагов.

### **Заключение**

Эколого-лесоводственные факторы влияют на распространение очагов корневой губки и очагов усыхания сосны: с повышением лесоводственной полноты, класса бонитета и улучшением лесорастительных условий площадь очагов корневой губки и очагов усыхания увеличивается, с повышением возраста сосновых древостоев, наоборот, этот показатель снижается.

Наибольшая площадь очагов усыхания сосны сосредоточена в действующих, затухающих и затухших очагах – 85,9%. Незначительная площадь возникающих и формирующихся очагов усыхания (14,1%) говорит о том, в обследованных популяциях сосны обыч-

новенной зараженностью деревьев корневой губкой идет на спад.

При постепенном развитии очагов усыхания от возникающих к затухшим происходит существенное снижение жизнеспособности сосновых древостоев, что проявляется в резком увеличении количества сильно ослабленных, усыхающих и засохших деревьев во всех обследованных типах леса.

По мере ухудшения состояния сосновых древостоев средние показатели диаметров и высот деревьев снижаются в обоих типах сосняков, как на контрольных площадях, так и в очагах усыхания. Кроме того, в обоих типах леса намечается устойчивая тенденция к снижению морфометрических показателей деревьев по мере развития очагов усыхания от возникающих к затухшим.

Как в сосняках ОРЛ, так и в сосняках БРЗМ запас древесины на контрольных площадях и в очагах усыхания постепенно снижается от I к VI категории состояния. Заметно снижается запас древесины также в очагах усыхания по сравнению с контролем. Кроме того, отмечено снижение общего запаса древесины по мере развития очагов от возникающих к затухшим.

По мере перехода очагов усыхания от возникающих к затухшим в обоих типах сосняков происходит постепенное увеличение относительного объема (в %) патологического отпада. В обоих типах леса по мере ухудшения санитарного состояния деревьев (IV-VI категории состояния) наблюдается заметное снижение объема патологического отпада как в абсолютных (в м<sup>3</sup>), так и в относительных (в %) единицах.

В очагах усыхания разной степени развития происходит процесс естественного зарастания древесными и кустарниковыми породами. При этом отмечается значительное количественное преобладание самосева и подроста лиственных древесных пород над хвойными, в данном случае речь идет о сосне обыкновенной. Это характерно для обоих типов обследованных типов сосняков.

В молодом поколении лиственных древесных пород во всех очагах усыхания и в контроле преобладает естественное возобновление семенного происхождения.

Молодое поколение сосны обыкновенной в возрасте до двух лет во всех вариантах обследований количественно значительно преобладает над самосевом и подростом старше двухлетнего возраста.

По мере снижения количества внешне здоровых деревьев в очагах усыхания различной степени развития в обоих типах леса количество естественного возобновления сосны в возрасте до 2-х лет достоверно увеличивалось, особенно в сосняках БРЗМ. В то же время необходимо отметить, что по мере усиления степени дифференциации деревьев и соответственно уменьшения количества условно здоровых деревьев при переходе очагов усыхания от возникающих к затухшим количество самосева и подроста сосны достоверно снижается.

Таким образом, можно констатировать, что при наличии достаточного количества семян и появлении в очагах усыхания достаточного самосева сосны обыкновенной в первые два года жизни, невозможно гарантировать их жизненность в будущем, поскольку часть его погибает по различным причинам. Это особенно четко подтверждается резким снижением количества соснового подроста старше двухлетнего возраста. Что касается лиственного естественного возобновления, то оно идет довольно успешно и можно надеяться на его сохранность и коренную смену породного состава насаждений в очагах усыхания.

### **Практические рекомендации**

1. Поскольку остающиеся после выборочных санитарных рубок пни в очагах усыхания служат субстратом для сохранения инфекции и развития корневой губки рекомендуются

ся проводить такие рубки в несколько приемов, а остающиеся пни обрабатывать антисептическими препаратами или суспензиями спор грибов – антагонистов корневой губки. В первый прием вырубается деревья IV, V и VI категорий состояния, т.е. усыхающие и сухостойные деревья. На следующий год вырубается оставшиеся ослабленные деревья II и III категорий состояния, которые к этому времени могут перейти в категории усыхающих или даже усохших.

2. В процессе проведения выборочных санитарных рубок в очагах усыхания условно здоровые деревья I категории состояния рекомендуется сохранять в качестве семенников для обсеменения лесного участка, поскольку даже при значительной гибели самосева сосны в возрасте старше двух лет остаются особи, устойчивые к корневой губке. Кроме того, семена с иммунных к корневой гнили семенных деревьев могут давать здоровое потомство за пределами очагов усыхания.

3. В связи с тем, что в очагах усыхания формируется естественное лесовозобновление разного породного состава со значительным преобладанием лиственных пород, рекомендуется при проведении рубок ухода за молодняками ориентироваться на сохранение самосева и подроста хозяйственно ценных древесных пород, прежде всего сосны и дуба.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК РФ*

1. Чураков, Б.П. Продуктивность древостоев в связи с поражением их сердцевинной гнилью / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков, А.А. Миронов // Ульяновский медико-биологический журнал. - 2015. - № 3. - С. 142-149

2. Чураков Б.П. К вопросу об естественном возобновлении леса в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков // Известия вузов. Лесной журнал. - 2017. - № 4. - С. 45-56

3. Чураков, Б.П. Возможности естественного лесовозобновления в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков // Ульяновский медико-биологический журнал. - 2017. - № 1. - С. 153-161.

4. Битяев, С.Г. Влияние эколого-лесоводственных факторов на распространение очагов усыхания сосны от корневой губки / С.Г. Битяев, Б.П. Чураков // Успехи современного естествознания. - 2020. - № 6. - С.14-19

5. Чураков, Б.П. Естественное лесовозобновление в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков // Лесоведение. - 2020. - № 5. - С. 474 – 480 (Scopus)

### *Статьи в других научных изданиях:*

6. Чураков, Б.П. К вопросу возможности естественного возобновления очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы Всерос. конф. - Красноярск, 2016. - С. 249-250.

7. Чураков, Б.П. К вопросу естественного возобновления леса в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков // Грибные сообщества лесных экосистем: сб. науч. статей. - Москва-Петрозаводск, 2018. – Т.5. - С. 141-149.

8. Чураков, Б.П. Естественное возобновление леса в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев // Наука в современном информационном обществе. Science in the modern information society: материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф. - North Chaleston (USA): LuluPress, Inc., 2019. - Vol. 1. - С. 41-43.

9. Чураков. Б.П. Зависимость площади очагов усыхания от таксационных показате-

лей сосновых насаждений / Б.П. Чураков, Н.А. Айнудинова, **С.Г. Битяев** // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы XVI междунар. науч.-техн. конф. – Вологда: изд-во ВГУ, 2019. - С. 106-108.

10. Чураков, Б.П. Дифференциация и продуктивность древостоев в очагах усыхания сосны от корневой губки / Б.П. Чураков, **С.Г. Битяев** // Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Fundamental and applied sciences today: материалы XX междунар. науч.-практ. конф. - North Chaleston (USA): LuluPress, Inc., 2019. - С. 92-95.

11. **Битяев, С.Г.** Процессы дифференциации деревьев в очагах корневой губки / С.Г. Битяев, Б.П. Чураков // Управление биологическими системами: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием студентов, аспирантов и молодых ученых. – Ульяновск: УлГУ, 2019. - С. 40-43.

12. **Битяев, С.Г.** Продуктивность древостоев и патологический отпад в очагах корневой губки / С.Г. Битяев, Б.П. Чураков // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. Topical areas of fundamental and applied research: материалы XXII междунар. науч.-практ. конф. - North Chaleston (USA): LuluPress, Inc., 2020. - С. 59-64.

13. **Битяев, С.Г.** Санитарное состояние древостоев и естественное лесовозобновление как факторы сохранения лесного биоценоза в очагах корневой губки / С.Г. Битяев, Б.П. Чураков // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. Topical areas of fundamental and applied research: материалы XXII междунар. науч.-практ. конф. - North Chaleston (USA): LuluPress, Inc., 2020. - С. 72-77.