

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Битяев Сергей Геннадьевич

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

Специальность

06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

д-р биол. наук, проф.

Борис Петрович Чураков

Ульяновск – 2021

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Состояние вопроса	9
Глава 2. Природно-климатические условия региона исследований	36
2.1. Общая характеристика	36
2.2. Рельеф и почвы	37
2.3. Климат	39
2.4. Гидрологические условия	41
2.5. Лесной фонд	43
Глава 3. Материал и методика исследований	45
Глава 4. Результаты исследований и их обсуждение	53
4.1. Влияние эколого - лесоводственных факторов на распределение очагов корневой губки	53
4.2. Дифференциация и продуктивность древостоев в очагах корневой губки	60
4.2.1. Дифференциация деревьев в очагах корневой губки	60
4.2.2. Продуктивность древостоев в очагах корневой губки	72
4.2.3. Древесный отпад в очагах корневой губки	81
Выводы по разделам 4.1 и 4.2	84
4.3. Естественное лесовозобновление в очагах корневой губки	86
Выводы по разделу 4.3	119
Общие выводы	120
Практические рекомендации	122
Перечень обозначений и сокращений	123
Приложения	124
Список литературы	132

Введение

Актуальность темы исследования. Корневая губка *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. является факультативным сапротрофом и считается одним из самых вредоносных и наиболее распространенных в лесах 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. происходит смена 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.) относят к основным факторам устойчивости лесного биогеоценоза, соответствие биоэкологических и морфологических характеристик лесонасаждений лесорастительным и почвенно-климатическим условиям 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 наличие многочисленных публикаций по теме корневой губке как в нашей стране, так и за рубежом, проблема естественного лесовозобновления 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 (*Pinus sylvestris* L.), а также естественного лесовозобновления в очагах корневой губки и их влияния на поддержание и восстановление устойчивости фитоценозов в патологически нарушенных лесных экосистемах.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели исследования решались следующие задачи:

1. Изучить влияние некоторых эколого-лесоводственных факторов на характер распространения очагов корневой губки и очагов усыхания сосны в лесных насаждениях Ульяновской области.

2. Изучить влияние процессов дифференциации древостоев и их последствий на сохранение биологической и экологической устойчивости лесных фитоценозов в очагах корневой губки.

3. Определить роль естественного возобновления леса в поддержании и восстановлении биологической и экологической устойчивости лесных фитоценозов в очагах корневой губки.

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

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

Теоретическая значимость и практическое значение 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 затающих 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 лесовозобновления, 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 лесообразующих пород. Результаты исследований рекомендованы для апробации в Учебно-научно-производственный некоммерческий комплекс Ульяновской области «Лес-юг», а также используются в учебном процессе на кафедре лесного хозяйства Ульяновского государственного университета.

Методология и методы исследований. Основой научных исследований является традиционный полевой метод использования пробных площадей. Используются также фитопатологические и лесоводственные методы. Некоторые исследования выполнены путем анализа литературных источников, материалов лесоустройства и лесопатологических обследований.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. На характер распространения очагов корневой губки и очагов усыхания сосны оказывают влияние эколого-лесоводственные факторы.

2. Характер дифференциации деревьев по санитарному состоянию и их последствия (сохранность в очагах усыхания устойчивых к болезни деревьев, изменение светового режима 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.

Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждены достаточным объемом экспериментального материала, собранного в процессе проведения исследований в полевых и лабораторных условиях с использованием научно-обоснованных методик. Проведен дисперсионный анализ полученных результатов исследований с использованием прикладной программы Excel-2010.

Апробация. Основные результаты исследований доложены на Всерос. конф. с междунар. 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); Всерос.... 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. научно-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 Charleston, 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.

Глава 1. Состояние вопроса

В зоне лесостепи в условиях часто повторяющихся засух наиболее надёжным способом лесовосстановления всегда считалось создание лесных культур. Как отмечают В.Г. Стороженко и др. (2014, 2017) в лесостепной зоне сосновые формации представлены в основном условно-одновозрастными лесами естественного или искусственного происхождения различных условий формирования и типологических характеристик. Такие леса не имеют достаточного количества естественного возобновления для формирования последующих возрастных поколений главной породы.

В связи с переходом лесного хозяйства на новые рыночные экономические отношения значительно сократились объёмы искусственного возобновления лесов. Арендаторы, заинтересованные в максимальном получении, прибыли от арендуемых территорий, не особенно заботятся о лесовосстановлении вырубаемых лесных угодий. Поэтому приходится надеяться только на естественное зарастание вырубок и гарей. Известно, что лесные насаждения естественного происхождения отличаются большей биологической устойчивостью и продуктивностью по сравнению с насаждениями искусственного происхождения (Гайер, 1898; Алимбек, 1975; Алексеев, 1989; Авров, 2000; Алексеев и др., 2001; 2005; Волченкова и др., 2012; Горнов, 2018). Однако, при естественном зарастании вырубок хвойных пород на значительной площади происходит нежелательная смена пород, ухудшается породный состав и снижается продуктивность лесов (Алимбек, 1975; Мелехов и др., 1980; Чибисов, 2000; Цветков, 2010; Чеботарев и др., 2016; Волченкова, 2017).

Но здесь возникает другая проблема. Если при создании лесных культур можно регулировать их породный состав, исходя из целевой установки создаваемых насаждений, то при естественном лесовозобновлении такой возможности не имеется. Но здесь нужно отметить, что устойчивость создаваемых чистых или смешанных культур сосны к первичному

заражению корневой губкой будет зависеть от агротехники их создания и последующих лесоводственных мероприятий. По данным В.С. Шумакова и др. (1973) сплошная обработка почвы, вышедшей из-под сельскохозяйственного пользования вызывает гибель актиномицетов и многих видов полезных почвенных грибов, являющихся антогонистами грибов-паразитов древесных пород. Кроме того, естественное возобновление леса часто сопровождается нежелательной сменой древесных пород вне зависимости от того, в каких лесных насаждениях и по каким причинам происходит эта смена: сплошные рубки, лесные пожары, ветровалы, болезни и т.д. (Глуцкий, 1959; Артюховский и др., 1993; Вялых, 2000; Арефьев, 2013а; Залесов и др., 2014; Коновалова, 2015; Ковалева и др., 2015; Калачев и др., 2016; Ахметьева и др., 2018).

Многолетняя практика лесного хозяйства в лесостепной зоне и материалы лесоустройства указывают на то, что надеяться на появление благонадёжного естественного возобновления в сосновых лесах часто не приходится. Исходя из этого работники лесного хозяйства ориентируются исключительно на искусственное лесовосстановление. Но массовое применение лесных культур приводит к тому, что в искусственно созданных насаждениях нарушается естественный процесс смены поколений, снижается биологическая устойчивость биоценозов (Демаков, 1997; Авров, 2000; Алексеев и др., 2001; Павлов, 2006; Арефьев, 2013б; Стороженко; 2018). Еще немецкий лесовод К. Гайер (1898) пришел к пониманию того, что создаваемые регулярными посадками искусственные леса не соответствовали естественным, природным критериям формирования устойчивых лесных сообществ.

Немецкий ученый J. Braun-Blanquet (1964) считает 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 (2014) к отмеченным выше критериям добавляет, что устойчивость любого растительного сообщества непосредственно связана со структурным строением не только биогеоценоза, но и микоценоза.

Следствием увлечения искусственным лесовозобновлением стало массовое развитие очагов энтомофитов и болезней, в частности корневой губки. Одним из негативных последствий развития очагов корневой губки, наряду с распадом древостоев, является неопределённость в возможности естественного возобновления хвойных и других хозяйственно ценных пород. Поэтому исследования хода естественного возобновления в очагах корневой губки являются не только актуальными, но и своевременными.

Очаги усыхания древостоев от корневой губки приводят не только к расстройству, распаду и снижению продуктивности сосновых насаждений, но также препятствуют естественному возобновлению главной лесообразующей древесной породы и чаще всего вызывают замену этой породы на лиственные породы, в лучшем случае, с незначительным участием хвойных пород.

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 (Полещук, 1991; Гусева, 2011; Стороженко, 2017). Среди биотических факторов, оказывающих существенное влияние на процессы дифференциации деревьев в лесу, важная роль принадлежит грибам-биотрофам (Чураков, 1983, 1993; Мухин, 1993; Арефьев, 1993, 2010, 2018). В очагах усыхания хвойных пород такую роль выполняет корневая губка (Алексеев, 1974; Федоров, 1984; Василюскас, 1989; Чураков, 1993; Ахметов, 2007; Гусева, 2011; Волченкова и др., 2012; Волченкова, 2017). Чтобы понять ход процессов естественного лесовозобновления в очагах усыхания сосновых насаждений, пораженных корневой губкой, а также успешно решать проблему борьбы с этим

возбудителем болезни необходимо ознакомиться с некоторыми вопросами биологии, экологии, распространения и вредоносности этого опасного паразита хвойных лесов в разных лесорастительных условиях различных регионов страны.

Корневая губка – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. является факультативным сапротрофом и считается одним из самых вредоносных и наиболее распространенных в мире возбудителей корневой гнили. Она поражает многие хвойные и лиственные древесные породы, но лиственные породы страдают от корневой губки меньше, чем хвойные (Клюшник, 1962; Черных, 1964; Шемякин, 1966; Стороженко и др., 1980; Федоров, 1980; Синадский, 1983; Чураков, 1983, 1993; Негруцкий, 1986; Шевченко и др., 1986; Василяускас, 1989; Мухин, 1993; Ахметов, 2007; Харченко, 2010; Гусева, 2011; Чураков и др., 2013а, 2019б; Звягинцев и др., 2014; Павлов, 2015; Волченкова, 2017; Braun-Blanquet, 1964; Miller and all, 1966; Gibbs, 1968; Towers, 1968; Bingham and all, 1971; Rishbeth, 1975; Korhonen, 1978; 2014; Greig, 1980; Delatour, 1980; Dimitri and all, 1980; Kuhlman, 1980; Marincovic, 1980; Pagony, 1980; Zycha, 1980; Steinlid and all, 1989; Platt and all, 1995; Woodward and all, 1998; Niemela and all, 2002; Niemela, 2005).

Широкая пищевая специализация и распространенность корневой губки подтверждает утверждение о том, что разнообразие и особенности состава дереворазрушающих грибов зависят от видовой принадлежности древесных пород, разной доступности древесины к колонизации и разложению (Синадский, 1983; Василяускас, 1989; Залесов и др. 2006; Стороженко, 2017; Винер и др., 2018; Braun-Blanquet, 1964; Pagony, 1980; Renvall, 1995).

Однако, например, И.Н. Павлов (2006) задается вопросом: следует ли относить возбудителей корневых гнилей к исключительно вредным организмам? Он считает, что процессы возникновения и затухания очагов усыхания деревьев в смешанных разновозрастных насаждениях, при наличии широкого разнообразия дереворазрушающих грибов-антагонистов корневым

гнилям и микроорганизмов-сверхпаразитов, идут непрерывно. При этом площадь усыхания обычно не превышает 0,1 га. После отмирания отдельных деревьев рост и развитие оставшихся в очагах усыхания деревьев улучшаются за счет улучшения условий произрастания. Основную роль корневых патогенов И.Н. Павлов (2015) видит, прежде всего, в отмирании и деструкции ослабленных, отстающих в росте или достигших предельного роста деревьев, которые мешают дальнейшему развитию молодого поколения леса.

По В.Г. Стороженко и др. (1992), возникновение и распространение очага корневой губки вызывает слабо развивающееся усыхание или быстрое разрушение древостоя. Следовательно, корневая губка, в качестве дереворазрушающего гриба-биотрофа, принимает участие в эволюционной стратегии лесного биогеоценоза - формировании биологически устойчивых насаждений.

Корневая губка вызывает сильное поражение хвойных пород во многих странах. В Болгарии зараженность еловых лесов корневой гнилью достигает 60-70% (Роснев, 1982), в пихтовых древостоях Чехословакии 35% (Marincovic, 1980), в Польше до 50% (Kowalski, 1978). В отдельных районах бывшей Югославии еловые древостои поражены корневой губкой 95-100% (Vicentic, 1952; Vidakovic 1970). Гниль от корневой губки повсеместно распространена в еловых древостоях Франции (Delatour, 1980), Германии (Dimitri and all, 1980; Pagoni, 1980), Англии, где местами зараженность достигает 60% (Zycha, 1980; Woodward and all, 1998). Гриб широко распространен в елово-пихтовых лесах США (Kuhlman, 1980; Woodward and all, 1998). В странах Западной Европы в насаждениях ели и пихты ежегодные потери древесины от корневой губки достигают 70-80 млн. долларов (Marincovic, 1980; Renvall, 1995; Woodward and all, 1998).

Поражение древостоев корневой губкой в большинстве случаев заканчивается их гибелью. Сильнее и чаще всего корневой губкой поражаются ель, сосна, пихта и лиственница. Однако, устойчивые к

корневым гнилям внутривидовые формы сосны обыкновенной выявила, например, А.Г. Черных (1964, 1965). Из интродуцированных сосен меньше всего поражаются австрийская и крымская сосны, а сильнее - сосны Банка и Веймутова. Некоторые отечественные (Федоров, 1984; Гусева, 2011; Чураков и др., 2013; Волченкова, 2017; Стороженко, 2017) и зарубежные (Korhonen, 1978; 2004; Greig, 1980; Powers and all, 1980; Niemela and all, 1998; Woodward and all, 1998) микологи считают, что в поражении древесных пород участвуют различные штаммы корневой губки.

Финские микологи К. Korhonen; Т. Niemela (1978, 2004, 1998) разделили комплекс грибов рода *Heterobasidion* sp. на 4 самостоятельных вида: *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s. str.; *H. parviporum* Niemela, Korhonen; *H. abietinum* Niemela, Korhonen; *H. insulare* (Murr.) Ryv. По данным К. Korhonen (2004) в России встречаются 2 вида: на сосне и березе *Heterobasidion annosum*, на ели *H. parviporum*.

Гриб *H. annosum* относится к отделу *Basidiomycota* классу *Agaricomycetes* порядку *Russulales* семейству *Bondarzewiaceae*. Гриб является типичным космополитом и принадлежит к числу наиболее распространенных в мире грибов. Корневая губка обычно имеет хорошо развитое плодовое тело, которое бывает однолетним и многолетним, состоящим из нескольких слоёв. Размер плодового тела находится в пределах от нескольких мм до 40 см при толщине 3-6 см у многолетних плодовых тел и зависит от его возраста.

Плодовые тела чрезвычайно разнообразны по форме и могут быть от сидячих и приплюснутых до расплостёртых и копытообразных. На поражённых грибом корнях или комлях ветровальных, наклонившихся ослабленных старовозрастных деревьев плодовые тела появляются только при наличии хорошо развитой гнили, а также доступа воздуха и рассеянного света. Плодовые тела корневой губки могут сформироваться в слое лесной подстилки в высокополнотных насаждениях. Обычно они прикрепляются к

шейке корня сильно ослабленных деревьев (рис. 1). Довольно редко их можно встретить на пнях и на неразложившейся лесной подстилке.



Рис. 1. Корневая губка у основания ствола сосны в древостое V класса
возраста

Благодаря способности корневой губки быстро размножаться вегетативным, бесполом и половым путем гриб быстро распространяется и захватывает новые участки лесных насаждений. Главным источником инфицирования лесных насаждений корневой губки являются базидиоспоры, которые образуются плодовым телом в течение всего периода вегетации. Заражение деревьев конидиями происходит также летом, но их роль в этом процессе невелика. В Европейской части России массовое спороношение корневой губки происходит с конца апреля по июнь и с конца июля по конец октября. (Алексеев, 1974; Синадский, 1983; Федоров, 1984; Василяускас, 1989; Мухин, 1993; Чураков и др., 2013а; Zycha, 1980; Niemela and all, 1998; Woodwors and all, 1998).

Большинство спор в лесных насаждениях погибает из-за жесткой конкуренции за субстрат питания с другими грибами, бактериями, актиномицетами, и только незначительное их количество прорастает, попадая в благоприятные условия: различные механические повреждения стволов и корней деревьев, поверхность свежесрубленных пней и т.д. С поверхности пня инфекция гриба проникает в корни, вызывает их загнивание и поражение корней рядом стоящих деревьев. В зависимости от видового состава и возраста насаждений процесс заболевания значительно отличается по ряду признаков, в том числе по продолжительности болезни и времени усыхания. Например, поражённые деревья сосны усыхают через - 3-6 лет, а у кедра заболевание может продолжаться до 100 и более лет. В повышении устойчивости сосны к поражению корневой губкой большое значение имеет развитие ядра, повышение содержание соединений фенола с возрастом древостоя (дельта-трикарена, камфена, пиносилвина, лимонена и других физиологически активных веществ группы цитокинина) (Bingham, 1971; Rishbeth, 1975; Steilid and all, 1989; Platt and all, 1995).

И.Я. Шемякин (1966) и И.А. Алексеев (1974) выделили три типа заражения сосны корневой губкой: первичное заражение базидиоспорами и конидиями молодых сосновых культур, вторичное - мицелием повторных посадок сосны через контакты корней после сплошных санитарных рубок и третий способ заражения – комбинированный. Заражение деревьев может происходить через ожоговые раны, через отмирающие или сросшиеся корни, однако существенным условием является умеренное ослабление дерева, замедление его биологических процессов, наблюдающееся при старении или угнетении дерева конкурентами.

Инфекция может передаваться мицелием гриба при контакте здоровых корней с больными. Мицелий гриба из пораженных корней быстро проникает в ствол, где вызывает центральную гниль. Средняя протяженность гнили в стволах сосны составляет около 1 м. При поражении корней сосны корневой губкой происходит обильное смоловыделение из разрушенных

смоляных ходов. При этом корни сильно просмаливаются, древесина вначале приобретает красновато-бурую, местами фиолетовую окраску, позднее просмоленность исчезает, древесина становится коричневатой, и в ней появляются белые пятна целлюлозы. В конечной стадии гниение происходит по типично коррозионному типу, смолистость исчезает, появляется гнилостный запах, древесина полностью разлагается и становится трухлявой, волокнисто-мочалистой с пустотами и дырами.

Внешними признаками корневой гнили сосны, кроме отмирания и загнивания корней, а также просмоления древесины, являются наличие укороченных побегов с укороченной хвоей, опадение значительной части старой хвои, в результате чего крона изреживается, снижение прироста. Оставшаяся хвоя постепенно желтеет, утрачивает блеск, а в дальнейшем полностью засыхает.

Ареал корневой губки простирается на леса умеренного и частично субтропического поясов всех континентов земного шара (Федоров, 1984; Негруцкий, 1986; Василюскас, 1989; Волченкова, 2017; Rishbeth, 1975; Korhonen, 1978, 2004; Kuhlman, 1980; Zycha, 1980; Woodward and all, 1998). В нашей стране Грибы этого рода вызывают очаговое поражение сосновых и еловых культур, причиняя огромный вред искусственным насаждениям в нашей стране. Вредоносность корневой губки значительно ниже в коренных древостоях естественного происхождения. Присутствие в составе микокомплекса подстилки и верхних слоев почвы большого числа и высокой плотности антагонистов, препятствующих распространению возбудителя болезни и воспитанию вирулентности штаммов, сдерживают агрессивность патогена (Негруцкий, 1986; Артюховский и др., 1993; Gibbs, 1968; Blank and all, 1988; Steilid and all, 1989; Arefjev, 1995). Величины присутствия корневой губки в коренных сосняках и ельниках в общем поражении разновозрастных древостоев могут достигать 20%, но она никогда не образует здесь очагового распространения (Стороженко и др., 1992; Стороженко, 2018).

В.М. Ахметов (2007) отмечает, что основной причиной поражения лесов стволовыми и корневыми гнилями является упрощенная структура лесов при разнообразном антропогенном вмешательстве. При этом, паразитарная микобиота стала преобладать над сапротрофной в соотношении 2-3:1, вместо 1:80-100.

А.И. Татаринцев (2018) считает прогрессирующую эпифитотию корневой гнили основным фактором нарушения устойчивости сосновых лесов Минусинской котловины, что усугубляется лесными пожарами и высокими рекреационными нагрузками. Кроме того, автор отмечает, что паразитические свойства патогена активизируются на деревьях, стрессируемых различными факторами (неблагоприятные почвенно-грунтовые условия, высокое техногенное загрязнение воздуха и почвы, механические повреждения деревьев, повреждения деревьев энтомовыми вредителями и др.).

Н. Zycha (1980) указывает на важное значение в устойчивости деревьев к корневой губке таких факторов, как климат, тип почвы, вид дерева, методы выращивания насаждений и т.д. В то же время шведские исследователи Т. Trodsson и А. Nilsson (1980) указывают на очень слабую связь между частотой встречаемости корневой губки и особенностями условий местопроизрастания (структура и влажность почвы, толщина горизонта А, наличие поверхностного и грунтового тока воды и др.) в лесах Швеции. В лесах Литвы (Василяускас, 1989) распространённость корневой губки зависит, главным образом, от предыдущего способа пользования и влажности почвы. Корневая гниль встречается сравнительно редко и не приносит существенного вреда в сосняках влажных и мокрых местообитаний, а также на старых лесных почвах. Заражённость сосны здесь не превышает 5-10%. На сухих же и свежих почвах (А₁, А₂, В₂), вышедших из-под длительного сельскохозяйственного пользования, корневая губка представляет большую угрозу и распространяется повсеместно в сосновых насаждениях Литвы.

Некоторые отечественные (Павлов, 2006, 2015; Гусева, 2011; Волченкова, 2017) и зарубежные исследователи (Miller and all, 1966; Towers, 1968; Donnelly and all, 1985; Mayer, 1987; Reuther, 1987; Streletzki, 1987; Blank and all, 1988; Olekayn, 1989) считают, что причиной поражения древостоев корневой губкой являются стрессовые ситуации. По О.Н. Гусевой (2011) стрессовая ситуация - это нетипичное внешнее воздействие на формирующийся биогеоценоз: отсутствие природного смешанного насаждения, сплошная обработка почвы, вышедшей из-под длительного сельскохозяйственного пользования, перегушенность древостоев, радиоактивное загрязнение местности, резкое изменение почвенно-гидрологического режима подтоплением или чрезмерным осушением. Такие воздействия изменяют режим лесохозяйственных мероприятий и вызывают изменение санитарного состояния насаждений. А.И. Татаринцев (2018) отмечает, что очаги корневой губки в сосновых лесах Минусинской котловины обнаружены на разных категориях земель как в естественных, так и в искусственных насаждениях.

Установлено, что наибольшая степень поражения корневой губкой отмечено в сосновых древостоях III класса возраста. Например, в Белоруссии заражённость сосняков этого класса возраста варьирует от 2,4 до 7,3%, а в среднем по республике корневая гниль выявлена на 6,2% площади средневозрастных насаждений (Звягинцев и др., 2014). Известно, что высокая заражённость особенно характерна для средневозрастных древостоев, искусственно созданных на старопахотных землях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования.

Г.А. Волченкова (2017) установила, что в условиях Беларуси корневая губка довольно часто поражает не только лесные культуры, но и сосняки естественного происхождения, которые ранее считались устойчивыми. Установлено, что от 15,0 до 40,7% очагов корневой гнили образуется в Беларуси в насаждениях естественного происхождения. Помимо этого, отмечена большая встречаемость болезни в сосняках III класса возраста

независимо от происхождения насаждений (Волченкова и др., 2012). Но, по данным исследований, проведенным на территории Белорусии Н.И. Федоровым (1984) в 80-х годах XX в., наибольшее отмирание деревьев от корневой гнили происходило в насаждениях I-II классов возраста. Однако, предполагают Г.А. Волченкова и В.Б. Звягинцев (2015), за прошедшие годы сосняки I-II классов возраста перешли в разряд средневозрастных и приспевающих, и при этом сохранили низкую устойчивость к возбудителю болезни. В.Г. Стороженко (2011, 2014, 2017) считает, что практически не поражается гнилевыми болезнями сосна обыкновенная в возрасте до 40 лет в разновозрастных насаждениях естественного происхождения, а в более старшем возрасте отмечаются лишь единичные поражения.

Низкую устойчивость перегущенных культур сосны на бывших сельскохозяйственных землях многие исследователи объясняют отсутствием лесной среды и напряжённостью конкуренции между интенсивно растущими молодыми деревьями. По И.Н. Павлову (2006, 2015), катализатором очагового поражения лесных культур является равномерное распределение одновозрастных деревьев по площади, противоречащее теории устойчивого развития лесных сообществ. Е.И. Ладейщикова и др. (1974, 1980) считают, что предрасположенность искусственных насаждений на старопахотных землях к поражению корневой гнилью обусловлена рядом факторов: количественным и качественным составом микробиоты, агрохимическими и водно-физическими свойствами почв, характером микробиологических почвообразовательных процессов. Высокой вредоносности заболевания способствуют такие почвенные факторы, как отсутствие капиллярной порозности и песчаность почвы, а отрицательно влияют такие признаки как наличие глин и капиллярной порозности. Установлено, что если в тяжелом суглинке конидии корневой губки промываются на глубину лишь на 0,5 см, то в супеси - на 9,5 см. В то же время, по данным И.А. Алексеева и др. (1974, 2005) и С.Ф. Негруцкого (1986), в насаждениях сосны низких бонитетов на сухих и бедных почвах распространение гриба практически не бывает

значительным, а сильнее поражаются лесные культуры высших бонитетов. В культурах сосны повышается кислотность почвы, чему способствует длительное время не минерализующийся хвойный опад. В сосняках естественного происхождения почвы характеризуются лучшими агрохимическими показателями благодаря наличию густого травяного покрова и листовного опада.

По С.Ф. Негруцкому (1986), при благоприятном сочетании почвенных и других факторов, корневая губка может длительное время существовать в лесных почвах в неактивном состоянии, а после рубок ухода и при использовании в качестве субстрата древесины пней, патоген переходит в активное состояние и заражает растущие деревья.

Для пораженных корневой губкой насаждений отличительной особенностью является очаговый и куртинный характер заболевания. В.Г. Стороженко и И.Г. Вишневская (1980) очагом инфекции считают участок леса или культур, в котором возбудитель болезни обладает способностью поражать живые деревья. По данным В.Г. Стороженко (2018), в сосновых древостоях до приспевающего возраста встречаемость корневой губки может достигать 100%.

С.Ф. Негруцкий (1986) характеризует очаг корневой губки как групповое поражение деревьев с четко выраженным процессом патологического ослабления и усыхания деревьев, приводящего к ветровалу. Обычно развитие очага начинается с инфицирования одного, реже нескольких деревьев. От них грибок распространяется более - менее равномерно во все стороны, вызывает заражение рядом стоящих деревьев и последующее их отмирание. Скорость появления инфицированных деревьев возрастает после формирования на усохших деревьях, чаще ветровальных деревьях, плодовых тел.

За очагом, окружённым здоровыми деревьями, возникают новые очаги. Образовавшийся одиночный очаг соединяется с вновь образовавшимся, появляется сложный очаг различной конфигурации и площади. Границы

сложного очага быстро увеличиваются из-за происходящего массового усыхания, происходит частичное или полное расстройство насаждений. Очаговый характер болезни более всего характерен для сосны, поскольку отмирание её наступает быстрее, по сравнению с другими породами (рис. 2).



Рис. 2. Типичный очаг усыхания сосны обыкновенной от корневой губки

В «Рекомендациях по защите хвойных пород от корневой губки в лесах европейской части России» (2001) очагом корневой губки считается весь выдел, в котором обнаружены больные деревья. Очаг усыхания - это площадь, занятая группой ослабленных, усыхающих и усохших деревьев.

Участки древостоя, расположенные между очагами усыхания с ненарушенной структурой древостоя, относятся к межочаговому пространству. Квартал или таксационный выдел принято считать заражённым, если в них обнаружен хотя бы один очаг корневой губки, а поражённая площадь исчисляется в гектарах или процентах от общей площади квартала или выдела.

Формирование очагов усыхания обычно начинается с первых рубок ухода, где свежие пни служат кормовой базой гриба и последующим источником инфекции. Поэтому особенно сильно подвержены поражению корневой губкой хвойные насаждения, часто подвергающиеся малоинтенсивным рубкам.

Очаговый характер развития корневой губки чаще всего характерен для микропонижений рельефа, что связано со стабильной обеспеченностью почвы влагой и минеральным питанием и со структурой самой почвы. Анализ почвы в действующих очагах усыхания в разнотравных вейниковых, орляковых, кипрейных, малинниковых и ежевиковых типах леса, проведённый О.Н. Гусевой (2011), показал, что содержание в них ионов кальция, калия, магния и фосфора было больше, чем в межочаговом пространстве. Кроме того, исследования А.И. Побегайло (1969) показали, что содержание азота и гумуса возле поражённых корневой губкой деревьев сосны значительно выше, чем за пределами корневой системы деревьев.

В зависимости от степени и характера развития очагов корневой губки С.Ф. Негруцкий (1986) подразделяет их на три группы:

- а) возникающие очаги характеризуются наличием на выделе куртины поражения из 5-10 ослабленных, усыхающих и усохших деревьев;
- б) действующие очаги характеризуются прогрессирующим усыханием деревьев в ближайшие 2-3 года с появлением сухостоя и прогалин диаметром более 5 м;

в) затухающие очаги характеризуются снижением интенсивности усыхания при отсутствии или наличии единичного свежего усыхания, или единично зараженных свежих пней.

И.А. Алексеев (2013) выделяет 6 категорий очагов усыхания: возникающий, формирующийся, прогрессирующе действующий, затухающий, затухший и потенциальный.

Возникающий очаг усыхания в основном характерен для чистых сосновых культур с полнотой 0,8 и выше. Такие очаги усыхания чаще всего формируются по микропонижениям рельефа и определяются по более зеленому фону среди мертвой подстилки. Выпадает только тонкомер. Наличие возникающих очагов не сказывается ни на снижении полноты, ни на снижении запаса. Проведение осветления или первой прочистки даже низовым способом ускоряет переход в следующую категорию – формирующегося очага. Удаление же пораженных деревьев в возникающем очаге часто приводит к прекращению развития очага. При сильной загущенности лучше проводить двух-трехприемные сплошные рубки (прием через 5 лет) с образованием коридоров шириной 4,5–5,5 м. Для ускорения развития бурых гнилей в пнях рекомендуется направление коридоров с юга на север.

Формирующийся очаг усыхания отличается от возникающего тем, что в пределах четко обозначившихся границ очага начинают выпадать от болезни только деревья основного яруса (I–III классов роста по Крафту). Но в пределах границ очага еще сохраняется относительно высокая полнота (0,6–0,8), сохраняется четко выраженный травяно-моховой покров. Уровень отпада по площади сечения превышает показатель повышенного естественного изреживания, а по запасу еще совпадает с уровнем естественного изреживания. На выпадающих деревьях еще не высокая плотность заселения стволовыми вредителями. Рубки ухода выборочным способом по формирующимся очагам приводят к ускорению перехода в следующую, более опасную категорию – прогрессирующе действующий

очаг. Выборочные санитарные рубки свежего и старого сухостоя, благодаря удалению деревьев куртинами, увеличивают освещенность, что привлекает опасных светолюбивых стволовых вредителей: черного соснового, короткоусого и деревенского усачей, синюю сосновую златку, сосновую стволовую смолевку и др.

Прогрессирующе действующий очаг усыхания характеризуется полностью оформившимся «окном» (если удалены свежий и старый сухостой) или полностью усохшими деревьями в пределах границ очага. Под пологом хорошо развивается травяно-моховой покров и куртины самосева сосны, березы и кустарниковых ив, которые с учетом преобладающего участия пород определяют тип зарастания очага. Проведение выборочных санитарных рубок свежего и старого сухостоя с оставлением заселенных энтомовредителями деревьев с зеленой кроной и уничтожением базы размножения энтомофагов приводит к увеличению патологического отпада. Отпад от вредных насекомых постепенно начинает преобладать над патогенным отпадом. В прогрессирующе действующем очаге усыхание деревьев происходит по всему периметру. Прогрессирующе действующие очаги постепенно сливаются и переходят в очагово-диффузный и диффузный тип разрушения.

При благоприятных для роста деревьев условиях (например, при преобладании кипрейно-малиновых, березово-кустарниковых, осиновых типов зарастания) прогрессирующе действующие очаги с возраста древостоя в 40 лет и старше переходят в *хронически действующие*. Хронически действующее состояние развития очагов усыхания лучше всего можно установить по формированию опушечной формы деревьев по краю очага (с низко опущенной кроной), а при очагово-диффузном и диффузном поражении – по отсутствию отпада на половине периметра очага. При стихийных бедствиях (буреломе, ветровале, снеговале) хронически действующие очаги быстро переходят в прогрессирующе действующие с очагово-диффузным и диффузным типами разрушения.

Затухающие типы очагов характеризуются уменьшением отпада в очагах с благоприятными типами зарастания на уровень годичного отпада ниже двух нормальных отпадов при естественном изреживании насаждений при данном запасе с учетом проведенных лесоводственных вмешательств.

Если древесный отпад не превышает уровень естественного изреживания в течение трех и более лет, то очаг считается *затухшим*. Затухший очаг остается на учете у лесопатологов как *потенциальный очаг* инфекции. После проведения рубок главного пользования такие потенциальные очаги могут превратиться в действующие очаги усыхания вторичного заражения.

За последние годы во всех странах мира наблюдается количественное увеличение площади очагов корневой губки. Площадь очагов корневой гнили в сосновых насаждениях Российской Федерации составляет 195 тысяч га, в Республике Беларусь к началу 2011 г. выявлено 121 078 га очагов заболевания, в Польше сосновые древостои поражены корневой губкой на площади 10 тысяч га, или на 2,22% лесопокрытой площади страны (Волченкова и др., 2012, 2015, 2017; Звягинцев и др., 2014). По результатам исследований Г.А. Волченковой и др. (2017), в общей структуре пораженных корневой губкой хвойных насаждений Республики Беларусь возникающие очаги составляют 8%, действующие - 73% и затухающие – 19%. Увеличение размеров очагов корневой губки, считает С.Ф. Негруцкий (1986), в значительной степени зависит от многих факторов: лесорастительных условий, рельефа местности, возраста и полноты насаждений, почвенно-грунтовых условий и др. В течение года размер очага по радиусу может увеличиться от 20-30 см до 1-1,5 м.

Развитие очага усыхания деревьев от корневой губки происходит в течение нескольких лет, последовательно проходя все стадии развития от возникающих до затухших очагов. Схема многолетнего действующего очага усыхания деревьев, пораженных корневой губкой, в сосновом насаждении по С.Ф. Негруцкому представлена на рис. 3.

На схеме достаточно чётко просматривается дифференциация деревьев сосны по категориям санитарного состояния. Характерно то, что в очаге усыхания имеется достаточно большое количество условно здоровых деревьев без внешних признаков поражения корневой губкой. Такие деревья расположены в основном по периферии очага.

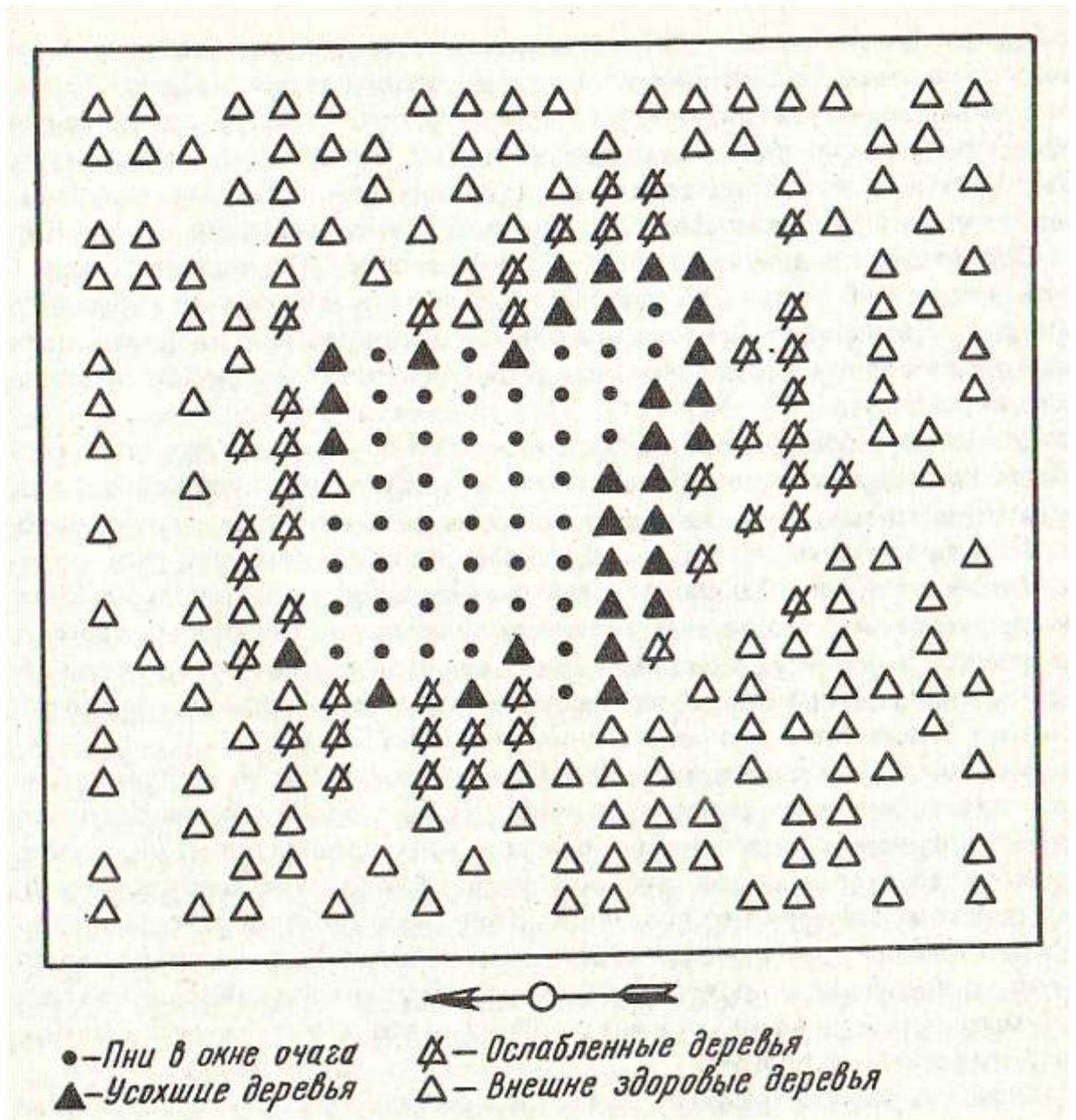


Рис. 3. Схема многолетнего очага корневой губки в сосновом насаждении (по С.Ф. Негруцкому, 1986)

Дифференциация деревьев в очагах усыхания и последующий распад древостоев приводит к значительному изменению продуктивности

насаждений, к изменению светового, температурного и влажностного режимов, следствием чего является нарушение сложившейся лесной обстановки и экологического равновесия в лесу. В результате этого происходят изменения в процессах естественного возобновления леса. Для оценки состояния деревьев применяются различные классификации категорий состояния деревьев (Данилов, 1965; Алексеев, 1973; Воропанов, 1979; Крангауз и др., 1979; Шепятене и др., 1989; Алексеев, 2000; Gibbs, 1968; Blank and others, 1988; Stokland and others, 2013).

Продуктивность насаждений, пораженных корневой губкой, в разное время в различных регионах изучали П.И. Ключник (1962), В.И. Саутин и др. (1971), Н.В. Катичева и др. (1982), В.М. Ахметов (2007), Б.П. Чураков и др. (2013б, 2015а, б; 2019б), В.Н. Федорчук и др. (2014), И.Н. Павлов (2015), И.Н. Кутявин и др. (2016, 2017), С.Г. Битяев и др. (2020а); J. Braun-Blanquet (1964); H. Blastad (1967) и др.

В связи с переходом лесного хозяйства на новые рыночные экономические отношения значительно сократились объёмы искусственного возобновления лесов. Арендаторы, заинтересованные в максимальном получении, прибыли от арендуемых территорий, не особенно заботятся о лесовосстановлении вырубаемых лесных угодий. Поэтому приходится надеяться только на естественное зарастание вырубок и гарей. Но давно доказано, что в зоне лесостепи в условиях часто повторяющихся засух наиболее надёжным способом лесовосстановления всегда считалось создание лесных культур. Известно, что лесные насаждения естественного происхождения, которые формируются чаще всего как разновозрастные насаждения, отличаются большей биологической устойчивостью и продуктивностью по сравнению с насаждениями искусственного происхождения (Стороженко и др., 1992; Романовский и др., 2002; Рожков, 2003; Собачкин и др., 2013; Стороженко, 2018). Первыми самыми общими условиями формирования устойчивых лесных биогеоценозов можно считать соответствие породного состава фитоценоза коренному экотопу и наличие

достаточного количества естественного возобновления главных пород (Стороженко, 2018).

Но при ориентации на естественное лесовозобновление возникает другая проблема. Если при создании лесных культур можно регулировать их породный состав, исходя из целевой установки создаваемых насаждений, то при естественном лесовозобновлении такой возможности не имеется. Кроме того, естественное возобновление леса часто сопровождается нежелательной сменой древесных пород вне зависимости от того, в каких лесных насаждениях и по каким причинам происходит эта смена: сплошные рубки, лесные пожары, ветровалы, болезни и т.д.

Уже отмечалось, что корневой гнилью чаще всего поражаются искусственные насаждения, созданные на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования, в которых В.Г. Стороженко и И.Г. Вишневская (1980) выделяют участки культур, где возбудитель болезни обладает патогенностью, позволяющей ему поражать растущие деревья.

По данным некоторых исследователей (Саутин и др., 1971; Ладейщикова и др., 1974; Ладейщикова, 1980; Синадской, 1983; Федоров, 1984; Негруцкий, 1986; Василяускас, 1989; Полещук, 1991; Артюховский и др., 1993; Павлов, 2006; Ахметов, 2007; Гусева, 2011; Волченкова, 2017; Zycha, 1980; Woodward and all, 1998) в очагах усыхания сосны от корневой губки имеется определённое количество деревьев без признаков ослабления, которые располагаются в различных местах очага. Например, на схеме многолетнего очага корневой губки, приведённой в монографии С.Ф. Негруцкого (1986) условно здоровые сосны располагались по периферии очага. Также О.Н. Гусева (2011) указывает на сохранность хорошо развитых деревьев по периметру хронически действующих очагов усыхания. Но В.Б. Звягинцев и Г.А. Волченкова (2014), наоборот, указывают на наличие устойчивых к корневой гнили деревьев сосны в центре очага. О сохранности условно здоровых деревьев сосны в очагах корневой губки сообщает также А.Г. Черных (1964, 1965). В связи с этим Л.В. Ширнина и др. (2014) пишет о

необходимости выявления возможности дерева передавать своему потомству способность противостоять заболеванию. На необходимость отбора устойчивых к болезням биотипов среди лесных древесных растений указывали многие отечественные и зарубежные ученые (Пятницкий, 1954; Альбенский, 1959; Вересин, 1963; Яблоков, 1963; Озолин, 1972; Vicentic, 1952; Bingham and all, 1971; Heath, 1980; Powers and all, 1980; Arefjev, 1995).

Выявленные условно здоровые деревья могут стать генетическим потенциалом для появления жизнеспособного естественного возобновления леса в очагах корневой губки. Это особенно актуально в связи с тем, что самосев сосны более устойчив к поражению корневой губкой, по сравнению с лесными культурами. Биологической устойчивости лесных культур может способствовать постепенно происходящий на лесокультурной площади процесс развития флористического разнообразия (Гайер, 1898; Гринченко, 1972; Юр, 1984; Василяускас, 1989; Демаков, 1997, 2000; Вялых, 2000; Алексеев и др., 2001; Горнов и др., 2018).

Представление о биоразнообразии является основополагающим в современной экологии и лесоведении (Черных, 1964; Шевченко и др., 1964; Шенников и др., 1964; Алексеев, 1973; Мелехов и др., 1980; Василяускас, 1989; Биоразнообразие ..., 1993, 1994; Мониторинг биоразнообразия, 1997; Лебедева и др., 1999; Харченко и др., 1999; Чибисов, 2000; Алексеев и др., 2001; Романовский и др., 2002; Чупров, 2003; Цветков, 2010; Арефьев, 2013; Залесов и др., 2013; Широких и др., 2016; Чеботарев и др., 2016; Мухин и др., 2018; Стороженко, 2018; Mayr, 1976; Diversity of insect faunas, 1978; Dimitri and all, 1980; Cooke and all, 1980; Donnelly and all, 1985; Global biodiversity..., 1992). Исследования А.К. Ибрагимова и др. (2012) показали, что биоразнообразие обуславливает формирование и смену различных типов растительности на различных стадиях дигрессивных и демутационных сукцессий в процессе лесовосстановления или деградации лесной растительности. А.В. Горнов и др. (2018) также указывают на большую устойчивость лесных растительных сообществ при формировании в

ценопопуляциях основных эдификаторов древостоя полночленной структуры. Это подтверждается также исследованиями Л.А. Иванчиной и др. (2017а, б), Л.А. Иванчиной (2020), в ельниках зоны Пермского края.

О.Н. Гусева (2011) отмечает, что в восприимчивых к первичному заражению корневой губкой насаждениях, лишенных подроста и подлеска, происходит смена состава живого напочвенного покрова: почти полностью исчезают полевые травянистые растения такие как тысячелистник обыкновенный – *Achillea millefolium* L., чистотел большой – *Chelidonium majalis* L. и др., но появляются в редком стоянии представители лесной флоры: грушанка зелёноцветная – *Pirola chlorantha* Sw., грушанка круглолистная – *P. rotundifolia* L., рамишия однобокая – *Ramischia sekunda* Grecke, появляются также островки кукушкина льна малого – *Polytrichum piliferum* Schreb.

По данным В.М. Ахметова (2007) также в чистых сосновых культурах живой напочвенный покров не развит, отсутствуют подрост и подлесок, ксилотрофная микобиота в основном представлена консументной частью, а редуцентная часть обеднена почти в 50 раз. В таких культурах ярусность древостоев формируется в основном за счёт изменения параметров категорий санитарного состояния деревьев.

И.Н. Павлов (2006, 2015) считает, что в очагах усыхания после гибели части деревьев разновозрастный, смешанный по составу древостой сохраняется за счет естественного возобновления. Такой древостой отличается большей биологической устойчивостью к вредителям, болезням, и климатическим аномалиям.

На возможность управления биоразнообразием в лесных экосистемах с целью повышения их устойчивости указывает Ю.П. Демаков (1997, 2000), М.Г. Романовский (2002), А.С. Исаев и др. (2008), А.А. Широких и др. (2015).

Некоторые авторы (Василяускас, 1989; Алексеев и др., 2001; Гусева, 2011; Чураков и др., 2013а; Звягинцев и др., 2014; Стороженко, 2018) отмечают, что состав растительности, которая появляется в очагах усыхания,

определяет скорость их затухания. Следовательно, варианты зарастания очагов усыхания разными древесно-кустарниковыми породами и травяно-моховым покровом могут быть различными.

Появление флористического разнообразия в чистых лесных культурах в виде живого напочвенного покрова, самосева, подроста и подлеска древесно-кустарниковых пород во многом зависит от лесорастительных и почвенно-гидрологических условий. Например, в сосняках лишайниковых процесс формирования флористического разнообразия идёт довольно слабо. Но в этих типах леса и сама возможность появления очагов корневой гнили минимизирована. Еще С.Ф. Негруцкий (1986) указывал на практически незначительное распространение корневой губки в насаждениях сосны низких бонитетов, произрастающих на сухих и бедных почвах. В «Рекомендациях по защите хвойных пород от корневой губки в лесах европейской части России» (2001) также указывается значительную подверженность поражению корневой губкой хвойных древостоев, произрастающие в высокопродуктивных типах леса. В лесах Беларуси среди распространенных типов леса наибольшая поражённость корневой губкой выявлена в сосняках орляковых – *Pinetum pteridiosum* (5,8%) и мшистых – *Pinetum pleuroziosum* (4,8%). Устойчивыми к гнили корней оказались сосняки черничные – *Pinetum myrtillosum*. Этой болезнью поражено только 0,3% общей лесопокрытой площади, несмотря на широкую распространённость данного типа леса в Беларуси, (Волченкова и др., 2012; Волченкова, 2017). С.В. Шевченко и др. (1986) наибольшее поражение корневой губкой отмечают в сосняках злаково-орляковых.

Процесс формирования флористического разнообразия идёт гораздо активнее в более благоприятных условиях местопроизрастания. Но здесь идет жёсткая конкуренция между различными видами растений, а сосновые культуры быстро заглушаются самосевом и порослью лиственных пород, что требует проведения рубок ухода (Гринченко, 1974; Дыренков, 1984; Авров,

2000; Демичева и др., 2011; Залесов и др., 2014; Ахметьева и др., 2018; Горнов и др., 2018).

Н.А. Харченко (2010) считает, что важным показателем устойчивости деревьев к поражению корневыми гнилями является строение корневой системы. Исследования Н.В. Кречетовой (1990) показали, что для устойчивых к воздействию патологического фактора деревьев характерно развитие стержневой корневой системы в более глубоких слоях почвы и ограниченное распределение всасывающих корней в поверхностных слоях.

Можно предположить, что при наличии в очагах корневой губки условно здоровых деревьев без признаков поражения патогеном, при благоприятных почвенно-климатических условиях и достаточном количестве здоровых семян вполне возможно естественное возобновление сосны. Успешность его будет зависеть от множества факторов биотического и абиотического характера. При этом можно рассматривать два варианта развития ситуации.

Первый вариант характерен для сосновых насаждений на богатых почвах с достаточным увлажнением, с большим разнообразием подлеска, сопутствующих древесных пород и травяного покрова: типы леса орляковые, сложные, разнотравные с преобладанием злаков и др. При развитии очагов корневой губки в таких типах леса при распаде древостоя, в формирующихся окнах полога может появиться самосев таких лиственных древесных и кустарниковых пород как липа мелколистная, клён остролистный, дуб черешчатый, лещина обыкновенная. При наличии в составе древостоя берёзы и осины помимо самосева этих пород возможно появление также их поросли и корневых отпрысков после рубки деревьев. В таких условиях самосев сосны, даже при наличии достаточного количества семян, не всегда сможет сформировать благонадёжный подрост из-за высокой конкурентной борьбы с дерновыми злаками и лиственным самосевом. Большим препятствием естественному возобновлению сосны будет служить реально существующая опасность вторичного поражения подростка корневой губкой. В таких

лесорастительных условиях на площади очага корневой губки в лучшем случае может произойти смена сосны на лиственные породы с единичным участием коренной породы.

Во втором варианте сосняков на сухих и бедных почвах (сосняки лишайниковые, брусничные, черничные, зеленомошные и др.) в окнах полога при распаде древостоя сосны в очагах корневой губки наряду с лиственным может сформироваться дубовый, а иногда и сосновый подрост.

Регулярное проведение рубок ухода с целью предотвращения заглушения сосны и дуба лиственными породами может способствовать сохранению такого подроста. Постепенно на таких участках сможет восстановиться сосновый древостой с частичным участием дуба или других лиственных пород. В.Ф. Цветков (2010) считает, что критериями восстановительно-возрастной динамики лесных сообществ являются: период лесовосстановления, темпы и направление смены породного состава и густоты древостоя, динамика возрастной структуры, соотношения фитосоциального статуса и фитоценотической структуры преобладающей и сопутствующих пород.

Некоторые исследователи (Василяускас, 1989; Алексеев и др., 2001; Гусева, 2011; Иванчина, 2020) отмечают, что состав растительности, появляющейся в очагах усыхания, может определять характер и скорость затухания очагов. Таким образом, варианты зарастания очагов усыхания древесно-кустарниковой и травянистой растительностью будут разными.

В связи с тем, что зарастание распадающихся очагов усыхания лиственными породами является часто происходящим естественным процессом смены пород, то с точки зрения возобновления леса коренными породами этот процесс не представляет значительного практического интереса. Гораздо более важным представляется вопрос возможности появления и сохранения в очагах корневой губки самосева сосны и дуба.

Проведённые ранее исследования (Чураков и др., 2016, 2017а, б; 2018; 2019а; Битяев и др., 2020б) дают основание говорить о том, что в очагах

корневой губки происходит процесс естественного возобновления леса различной степени интенсивности. При этом в очагах появляется разновозрастный и смешанный по составу самосев и подрост древесных пород. Но И.П. Глущкий (1959) рекомендует в очагах корневой губки создавать искусственные насаждения.

Еще С.Ф. Негруцкий (1986) в своей монографии «Корневая губка» указывал на то, что в центре очагов корневой губки, на прогалинах и в окнах полога обычно появляется подрост из сосны, березы, бузины, ивы и других пород. Далее он отмечал: «Часто на прогалинах произрастает самосев сосны, среди которого иногда наблюдается усыхание. Появляющийся в очагах корневой губки самосев, а также подрост следует тщательно сохранять, поскольку растет он лучше повторных культур, хотя возможно и весьма сильное поражение сеянцев сосны».

Целью данной работы является изучение процессов дифференциации древостоев сосны обыкновенной - *Pinus sylvestris* L. и хода естественного возобновления леса в очагах корневой губки и их влияния на поддержание устойчивости патологически нарушенных лесных экосистем.

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

1. Изучить влияние некоторых эколого-лесоводственных факторов на характер распространения очагов корневой губки в сосновых насаждениях Ульяновской области.

2. Изучить влияние процессов дифференциации древостоев по категориям санитарного состояния и их последствий на сохранение экологической устойчивости лесных экосистем в очагах корневой губки.

3. Определить роль естественного возобновления леса в поддержании и восстановлении экологической устойчивости лесных экосистем в очагах корневой губки.

Глава 2. Характеристика природно-климатических условий региона исследований

2.1. Общие сведения о регионе

Ульяновская область находится в центре Среднего Поволжья и расположена на обоих берегах р. Волги в двух лесорастительных зонах: лесостепной и зоне хвойно-широколиственных лесов. Ее площадь составляет 37,2 тыс. км². На севере область граничит с Чувашской Республикой и Республикой Татарстан, на юге – с Саратовской областью, западе - с Пензенской областью и республикой Мордовией, на востоке – с Самарской областью, с запада на восток территория области протянулась на 290 км, с севера на юг - на 250 км. Область делится рекой Волга на две неравные части: правобережную площадью 28,1 тыс. км², или 75% и левобережную - площадью 9,1 тыс. км², или 25% от общей площади. В области выделены 21 административный район. Численность населения составила 1 292 200 человек (в том числе сельчан – 342 800, горожан – 949 400). Плотность населения – 40 человек на 1 км² (Основные положения ..., 1992).

Леса области, в соответствии со статьей 15 Лесного кодекса Российской Федерации и приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 28.03.2007 № 68 «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации», относятся к двум лесорастительным зонам: лесостепной и хвойно-широколиственных лесов. К лесостепному району лесостепной лесорастительной зоны европейской части Российской Федерации отнесены Базарносызганский, Барышский, Кузоватовский, Мелекесский, Николаевский, Новомалыклинский, Новоспасский, Павловский, Радищевский, Сенгилеевский, Старокулаткинский, Старомайнский, Тереньгульский, Чердаклинский административные районы области и областной центр г. Ульяновск с подведомственной территорией.

В хвойно-широколиственном районе хвойно-широколиственной лесорастительной зоны европейской части Российской Федерации расположены Вешкаймский, Инзенский, Карсунский, Майнский, Сурский, Ульяновский, Цильнинский административные районы области.

2.2. Рельеф и почвы

В целом территория области имеет равнинный характер. Колебания высот поверхности незначительны и не превышают нескольких сот метров, средняя абсолютная высота поверхности составляет 380 м над уровнем моря. Самая высокая точка области гора Вотлама (353 м) южнее р.п. Новоспасское.

Главной водной артерией области является р. Волга. Она пересекает регион с севера на юг на протяжении 150 км и делит ее на две части: правобережную занимающую 3/4 всей территории, и левобережную. Правобережье расположено на Приволжской возвышенности и представляет собой всхолмленную равнину, постепенно понижающуюся с юга на север и расчлененную долинами рек Свияга, Сура и их многочисленными мелкими притоками, а также оврагами и балками. Коэффициент расчлененности рельефа варьирует от 0,7 до 1,75 км/км². На юге правобережья абсолютные высоты достигают 342 м, на западе в верховьях Суры 330 м, на берегу Волги 230-270 м. В сторону Волги правобережье обрывается крутым уступом, образуя Ундоровские, Кременские и Сенгилеевские горы. Геологическую основу правобережья составляют в основном юрские меловые и третичные породы, которые с поверхности перекрыты четвертичными отложениями.

Низинное левобережье области располагается в Заволжье, представляет собой древнюю долину р. Волги и характеризуется полого-увалистыми формами рельефа. На протяжении длительного геологического периода русло реки постепенно смещалось в западном направлении, оставляя за собой равнинные пространства. Левобережье области отличается более ровным, равнинным характером рельефа с преобладающими высотами от 50

до 150 м над уровнем моря. Коэффициент расчлененности здесь составляет всего 0,2-0,3 км/км². В целом высоты местности Заволжья постепенно увеличиваются в восточном направлении, к отрогам Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Низовья волжских притоков (Большой Черемшан и др.) были подтоплены после сооружения Волжской ГЭС и превратились в заливы Куйбышевского водохранилища.

На территории Среднего Поволжья отчетливо проявляется явление меридианной и широтной зональности, заключающейся в закономерном изменении с запада на восток и с севера на юг не только климата и растительности, но и почв. Значительное разнообразие почвенно-климатических условий способствует и разнообразию растительного покрова. Разнообразие почв связано с разнообразием зональных условий почвообразования в хвойных, широколиственных, смешанных, лесостепных лесах и степных подзонах.

Условия почвообразовательного процесса складываются здесь неодинаково и по отдельным геоморфологическим районам. В лесах области встречаются все типы почв, характерные для лесостепной и, частично, лесной зон. Наибольшую площадь занимают серые лесные (75,3%) и дерново-подзолистые (21,6%) почвы. Меньшее распространение имеют пойменные (1,9%), болотные (0,8%), дерново-карбонатные (0,3%), оподзоленные и выщелочные черноземы (0,1%) (Основные положения ..., 1992).

В северной части правобережья наиболее распространены серые, темно-серые и лесные глинистые темно-коричневые почвы, на юге кроме серых и лесных темно-серых почв встречаются выщелоченные, деградированные оподзоленные черноземы. На них произрастают свежие высокопродуктивные дубово-кленово-липовые насаждения I-II, реже III классов бонитета смешанного семенно-порослевого происхождения. Здесь проходит восточная граница ареала ясеня, составляющего более или менее

заметную примесь в насаждениях. Вдоль реки Суры, на песчаных почвах, произрастают сосновые насаждения.

В восточной части левобережья кроме серых лесных почв распространены типичные тяжелосуглинистые черноземы, в которых по мере движения к югу содержание гумуса уменьшается, а карбонатность увеличивается. Встречаются значительные площади борových песков, занятые сосновыми лесами. В юго-восточной части появляются маломощные обыкновенные черноземы и черноземно-карбонатные почвы, подстилаемые глинами, известняками и мергелями. На этих почвах произрастают порослевые сухие и свежие дубравы и производные мягколиственные леса.

Последовательное увеличение содержание гумуса связано с переходом от светло-серых к темно-серым почвам, с повышением мощности гумусового горизонта, емкости поглощения и уменьшением оподзоленности. Характерным для всех видов лесных и дерново-подзолистых почв и их подтипов являются плотное сложение и наличие довольно мощного, сильно уплотненного (иллювиального) горизонта, плотность сложения которого достигает 1,5-1,75 г/см³. Высокая плотность препятствует глубокому проникновению корней растений и способствует поверхностному переувлажнению почвы во влажное время года (Дедков, 1978).

Естественным высоким плодородием характеризуются серые лесные, дерново-карбонатные и коричнево-серые почвы. Худшими водно-физическими свойствами обладают маломощные черноземы, сформированные на плотных подстилающих породах. Главными и основными лесообразующими породами являются сосна, береза, клен, липа, осина и дуб.

2.3. Климат

Климат района исследований характеризуется как умеренно-континентальный с преобладанием малооблачных и ясных дней в период

вегетации. Ульяновская область по обеспеченности атмосферными осадками относится к зоне с недостаточным увлажнением. Количество тепла, которое определяется по величине суммарной солнечной радиации за год, составляет 105-150 КДж/см².

По сравнению с западными областями РФ на тех же широтах, зима в данном регионе более суровая и продолжается 5 месяцев. Самым холодным периодом зимы является период с января по февраль. Средне январская температура от -11 до -15⁰С с абсолютным минимумом в -30⁰С. В годы наиболее низких зимних температур сильно повреждаются морозами клен, дуб, вязи ясень. Средняя температура января в Заволжье на 3⁰С ниже, чем в правобережье. Наибольшая продолжительность морозного периода в среднем равна 50 дням. За холодный период, с декабря по март, на территории области выпадает от 100 до 120 мм осадков.

Наиболее частыми являются юго-западные ветры. Самые сильные из них приходятся на январь-март. Этот же период характеризуется самыми сильными метелями. Наибольшее количество сильных ветров приходится на июль. Максимальная скорость ветра может достигать 30 м/с.

Лето очень жаркое, среднемесячная температура июля +18⁰С ... +21⁰С. Наиболее теплым месяцем региона является июль с абсолютным максимумом в +40⁰С. Изотермы июля имеют почти зональное распределение и изменяются от +17⁰С на севере до +19⁰...+22⁰С на юге.

В условиях Ульяновской области процесс прогревания верхнего 10 см слоя почвы до устойчивой положительной температуры (+10⁰С), при которой активизируется деятельность микроорганизмов, растянут на одну декаду. В северных районах оттаивание и прогревание почвы до температуры +10⁰С наступает в конце апреля – начале мая, а в южных районах этот процесс происходит 20-23 апреля. Температура воздуха выше 0⁰С отмечается в начале апреля в южных районах, а на остальной территории – в конце первой декады апреля.

Продуктивность лесных насаждений во многом зависит от продолжительности вегетационного периода, начало и конец которого определяются переходом среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$, а почвы через $+5^{\circ}\text{C}$. Период вегетации в Ульяновской области в среднем продолжается 120-158 дней. Сумма эффективных температур воздуха (выше $+10^{\circ}\text{C}$) составляет в этот период 1650...1800...2200...2400 $^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность летнего периода в большей части региона исследований составляет 130-140 дней.

Сумма осадков за месяцы со средней температурой выше 0°C в условиях Ульяновской области распределяется неравномерно: на юге рассматриваемого региона 260-300 мм осадков, что в 1,5 раза меньше, чем в северных его частях.

В природных зонах, расположенных на территории исследований, соотношение между температурами воздуха и почвы имеет разный характер. В северной части региона на протяжении апреля-июля температура почвы ниже температуры воздуха в среднем на 1°C , после чего температурный перепад становится одинаковым, а в южной лесостепной части в период середина апреля – конец мая температура почвы ниже температуры воздуха на небольшую величину ($0,5^{\circ}\text{C}$), затем наблюдается превышение температуры почвы над температурой воздуха (Дедков, 1978).

2.4. Гидрологические условия

Ульяновская область характеризуется довольно густой гидрографической сетью. На ее территории протекает 196 рек, речек и ручьев, суммарной протяженностью около 3000 км. Наполнение гидрологической сети водой происходит в основном за счет снеготаяния, в меньшей степени – дождевыми и подземными водами. Наибольшая часть поверхностного стока приходится на весеннее половодье, общие эксплуатационные запасы которого оцениваются в 1,9-2,8 млн. м³.

Изменение уровня воды в реках в течение года характеризуется быстрым подъемом в весеннее половодье и относительно замедленным спадом. Летний межень низок и устойчив и характеризуется незначительным повышением уровня вследствие выпадения осадков и сброса воды из водохранилищ.

Наиболее густая гидрологическая сеть развита в правобережной части области, особенно на Волго-Сурском водоразделе в бассейне р. Барыш. Главной водной артерией области является крупнейшая река Европы – Волга, которая вступает в пределы области севернее с. Ундоры и течет на юг на протяжении 200 км. Все другие реки области относятся к ее бассейну. В северной части правобережья наиболее крупными реками после Волги являются Сура и Свияга, которые текут в северном направлении и впадают в Волгу далеко за пределами области.

Заволжье характеризуется негустой гидрологической сетью. Плохо обводнены также южная и юго-восточная части области. Общая оросительная способность всех водоисточников оценивается примерно в 400 тысяч га. Устойчивый ледяной покров на реках устанавливается в первой половине ноября и сохраняется в среднем пять месяцев. Реки вскрываются в конце апреля. Ледоход продолжается в течении 2-4 дней.

Озерная сеть в области слабая. Выделяют три группы озер: водораздельные, пойменные и надпойменных террас. Водораздельные озера расположены на водоразделах основных рек. Больше всего пойменных озер, средняя площадь которых не более 3 га. Озера надпойменных террас расположены в основном в левобережной части на террасах Волги.

Наиболее крупным озером области считается Белое озеро в Николаевском районе. Его длина 1,7 км, ширина около 1 км, максимальная глубина 6 м. Вторым по размерам является Белолебяжье озеро в Майнском районе. Его длина 2,3 км, ширина 1,3 км. Третье по крупности озеро Светлое расположено в Николаевском районе.

В области насчитывается свыше 250 прудов и водохранилищ, из которых 85 используется для орошения. Крупнейшим в области является Юловский пруд в Инзенском районе. Его длина 2 км и глубина около 20 м. Область обладает большими запасами подземных вод. Их эксплуатационные ресурсы оцениваются в 89 млн. м³. Имеются также источники минеральных вод, обладающие лечебными свойствами. Наиболее известна минеральная вода «Волжанка» Ундоровского минерального источника (Дедков, 1978).

2.5. Лесной фонд

По данным учета на 01.01.18 г. лесной фонд Ульяновской области составляет 1065,3 тысяч га. Защитные леса занимают 78,7%, эксплуатационные – 21,3% площади лесного фонда. Лесистость территории области равна 26,7%, что характеризует ее по шкале В.П. Цепляева (1965) как средне лесистую территорию. Но размещены леса крайне неравномерно: в восточной части лесистость достигает 30-55%, в северной – 12-22%, в западной – 51%, а в южной снижается до 1,5% (Курашов, 2005).

В Ульяновской области преобладают 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 (Благовещенский, 2005).

Основными лесобразующими породами в лесах области являются сосна, лиственница, ель, береза, дуб, осина, липа, клен, вяз, ясень, тополь, ива. Во втором ярусе встречаются липа мелколистная и клен остролистный. Подлесок представлен лещиной обыкновенной, бересклетом бородавчатым, рябиной обыкновенной, жимолостью татарской, раkitником русским (Казаков, 2005).

Для практического применения с учетом местоположения, типов почв, продуктивности насаждений, породного состава, характеристики подроста, подлеска и напочвенного покрова проведена классификация типов условий местопроизрастания и типов леса области.

При определении типа условий местопроизрастания существенным критерием является состав древесных пород. По эдафической сетке Алексеева-Погребняка в условиях Ульяновской области выделены следующие типы условий местопроизрастания:

А (боры) – произрастают только сосна и береза; дуб и осина могут встречаться очень редко в форме подлеска в свежих условиях (А₂, А₃).

В (субори) - произрастают сосна и береза – в 1-м ярусе, дуб и осина – во 2-м; липа может встречаться только в форме подлеска и единичными экземплярами в виде деревьев 2-го яруса.

С (судубравы) - произрастают сосна, береза, осина, дуб и липа; в форме подлеска может встречаться ильм, клен остролистный.

Д (дубравы) - произрастают дуб, липа, осина и береза (редко), сосна только в культурах; в составе древостоя обычны ильм, клен остролистный, в лучших условиях правобережья – ясень.

Из всей лесопокрытой площади хвойные насаждения занимают 42%, твердолиственные насаждений – 11% и мягколиственные – 47%. Преобладание мягколиственных насаждений отмечается в лесах пяти из семи лесничеств области, расположенных в зоне хвойно-широколиственных лесов. Хвойные насаждения преобладают в лесах двух лесничеств зоны хвойно-широколиственных лесов и в семи из двенадцати лесничеств, расположенных в лесостепной зоне.

Все вышесказанное дает основание констатировать, что почвенно-грунтовые, лесорастительные и климатические условия Ульяновской области вполне благоприятны для произрастания сосны обыкновенной.

Глава 3. Материал и методика исследований

Исследования проводились с 2010 по 2018 г. в сосновых насаждениях Ульяновской области. Совместно с сотрудниками филиала ФБУ «Рослесозащита» - «ЦЗЛ Ульяновской области» были проведены маршрутные рекогносцировочные лесопатологические обследования насаждений с целью выявления очагов корневой губки и очагов усыхания сосны от этого патогена. Результаты лесопатологических обследований заносятся в ведомости учета, где указывается общая площадь очагов корневой губки и очагов усыхания с подразделением ее по основным таксационным показателям (типам леса, классам возраста и бонитета, полнотам, степени развития очагов усыхания).

Детальное исследование дифференциации, продуктивности древостоев, запасов естественного и патологического отходов, а также естественного возобновления леса проводилось в сосновых насаждениях искусственного происхождения Кузоватовского и Николаевского лесничеств Ульяновской области. Для обследования были выбраны 2 типа леса: из группы высокопроизводительных – сосняк орляковый, из группы низкопроизводительных – сосняк бруснично-зеленомошниковый.

В Кузоватовском лесничестве были обследованы очаги усыхания сосны от корневой губки в 11 квартале 21 выделе (площадью 10,5 га), в 22 квартале 15 выделе (площадью 35,3 га) и в 23 квартале 27 выделе (площадью 16,3 га) Кузоватовского семенного лесничества; в Николаевском лесничестве были исследованы очаги в 27 квартале 7 выделе (площадью 5,8 га) и в 83 квартале 19 выделе (площадью 31,6 га) Славкинского участкового лесничества.

На подобранных лесных участках были исследованы имеющиеся на момент обследования очаги усыхания: в кв. 11 Кузоватовского семенного лесничества это были действующие, в кв. 22 и 23 того же лесничества – возникающие, действующие, затухающие и затухшие очаги усыхания. В

Славкинском участковом лесничестве в 27 и 83 кварталах изучению подверглись действующие, затухающие и затухшие очаги усыхания. Возникающие очаги усыхания в данном кварталах не были обнаружены.

Очаги усыхания имели округлую форму со средним диаметром 42 м (рис. 4). В Кузоватовском семенном лесничестве было обследовано 30 очагов (24 очага в 23 кв. и 6 - в 11 кв.), в Славкинском участковом лесничестве 18 очагов усыхания - по 6 для каждой категории усыхания. На межочаговом пространстве, для сравнения, было заложено по 6 контрольных площадей размером 35x40 м, сопоставимым по площади и характеристике очагам усыхания. Следовательно, всего в обоих лесничествах было обследовано 48 пробных и 18 контрольных площадей. Средняя площадь контрольной площади и очага усыхания составляла 0,14 га.

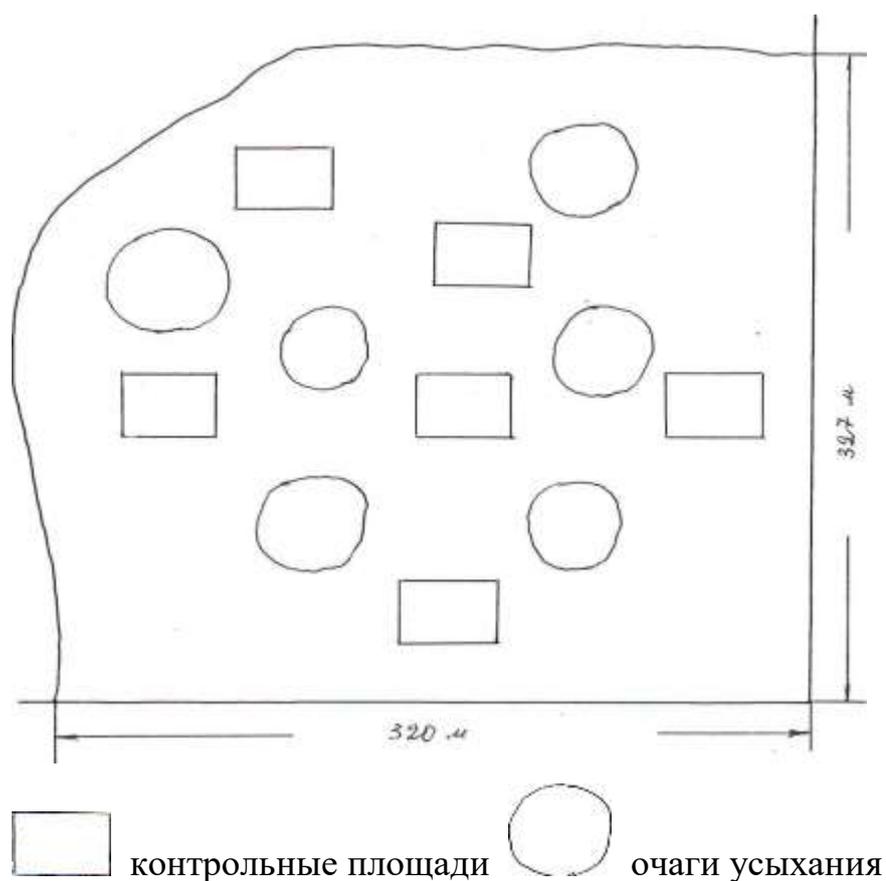


Рис. 4. Схема расположения контрольных площадей и очагов усыхания в 21 выделе 11 квартала

Таксационная характеристика обследованных насаждений в Кузоватовском семенном лесничестве:

Квартал 11 выдел 19 (площадь 10,5 га): тип леса сосняк бруснично - зелёномошниковый - БРЗМ, тип условий местопроизрастания - суборь свежая – В₂, состав 10С с единичной примесью осины, клёна остролистного, берёзы повислой, липы мелколистной и дуба черешчатого, культуры сосны 1956 г., класс возраста III, класс бонитета II, средняя высота 19 м, средний диаметр 22 см, полнота 0,8, почва супесчаная, скрытоподзолистая. В этом квартале обследования очагов усыхания последовательно проводились в 2010, 2012 и 2014 годах. Исследования начались в августе 2010 г. на 6 контрольных площадях и в 6 действующих очагах усыхания (рис. 4). Среднее число деревьев на контрольных площадях 103 шт., в очагах усыхания 99 шт.

Ярус подлеска разрежен и представлен рябиной обыкновенной – *Sorbus aucuparia* L., лещиной обыкновенной – *Corylus avellana* L., ракитником русским – *Cytisus ruthenicus* Fisch. и бересклетом бородавчатым – *Evonymus verrucosa* Scop. В травяно - кустарничковом ярусе представлены брусника обыкновенная – *Vaccinium vitis-idaea* L., фиалка собачья – *Viola canina* L., костяника – *Rubus saxatilis* L., земляника обыкновенная – *Fragaria vesca* L., ландыш майский – *Convallaria majalis* L., чина весенняя – *Lathyrus vernus* Bernh., ортилия (рамишия) однобокая – *Orthilia secunda* (L.) House, грушанка круглолистная – *Pyrola rotundifolia* L., герань лесная – *Geranium sylvaticum* L., Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса находится на уровне 45%. Ярус зеленых мхов хорошо выражен и представлен – *Dicranum undulatum* L. и *Pleurocium schreberi* L. В среднем общая замоховелость составляет 50%.

Повторное обследование участков было проведено в августе 2012 г. Таксационная характеристика выдела: тип леса сосняк бруснично – зелёномошниковый - БРЗМ, тип условий местопроизрастания суборь свежая В₂, состав 10С с единичной примесью осины, берёзы повислой, клёна остролистного, липы мелколистной и дуба черешчатого, культуры сосны

1956 г., класс возраста III, класс бонитета II, средняя высота 19 м, средний диаметр 23 см, полнота 0,7. Среднее число деревьев на контрольных площадях 95 шт., в очагах усыхания – 90 шт.

Несколько изменился травяно-кустарничковый ярус. Кроме видов, зарегистрированных в 2010 г. появились новые травянистые растения: прострел раскрытый – *Pulsatilla patens* L., мятлик узколистный – *Poa angustifolia* L., марьянник луговой – *Melampyrum pratense* L. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в среднем составляет 55%. Присутствуют отдельные пятна зелёных мхов, замоховелость составляет в среднем 45%.

Последнее изучение дифференциации деревьев и естественного возобновления в очагах усыхания в квартале 11 проведено в августе 2014 г. Таксационная характеристика выдела: тип леса сосняк бруснично - зелёномошниковый - БРЗМ, тип условий местопроизрастания суборь свежая (В₂), состав 10С с единичной примесью берёзы повислой, осины, клёна остролистного, липы мелколистной и дуба черешчатого, культуры сосны 1956 г., класс возраста III, класс бонитета II, полнота 0,6, средняя высота 20 м, средний диаметр 24 см. Среднее число деревьев на контрольных площадях 91 шт., в очагах усыхания – 84 шт.

Травяно-кустарничковый ярус также несколько изменился. Появились новые травянистые растения: кошачья лапка двудомная – *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., подмаренник северный - *Galium boreale* L., но исчезли некоторые теневыносливые - ортилия однобокая и грушанка круглолистная. Проективное покрытие травяно - кустарничкового яруса в среднем составляет 65%. Наблюдаются отдельные пятна зелёных мхов, замоховелость составляет в среднем 35%.

Таксационная характеристика выдела 15 в квартале 22 и 27 выдела в квартале 23 Кузоватовского семенного лесничества: тип леса сосняк орляковый – ОРЛ, тип условий местопроизрастания суборь свежая - В₂, состав 8С2Б +ДН+ЛП, ед. Кл, Ос, культуры 60 лет, класс возраста сосны III,

класс бонитета I, средняя высота 22 м, средний диаметр 24 см, полнота 0,8, почва серая лесная, легкосуглинистая. Среднее число деревьев на контрольных площадях равно 87 шт., на возникающих очагах – 76 шт., на действующих – 61 шт. на затухающих – 52 шт. В этих кварталах были изучены процессы дифференциации деревьев по категориям санитарного состояния и хода естественного лесовозобновления.

Ярус подлеска выражен довольно хорошо и представлен лещиной обыкновенной – *Corylus avellana* L., бересклетом бородавчатым – *Euonymus verrucosus* Scop., рябиной обыкновенной – *Sorbus aucuparia* L. и ракитником русским – *Cytisus ruthenicus* Fisch. В травяно - кустарничковом ярусе представлены папоротник орляк обыкновенный – *Pteridium agulinum* L., костяника обыкновенная - *Rubus saxatilis* L., чина весенняя – *Lathyrus vernus* Bernh., ландыш майский – *Convallaria majalis* L., брусника обыкновенная – *Vaccinium vitis-idaea* L., земляника обыкновенная – *Fragaria vesca* L., купена лекарственная – *Polygonatum odoratum* L., герань лесная – *Geranium sylvaticum* L., грушанка круглолистная – *Pyrola rotundifolia* L., ортилия однобокая – *Orthilia secunda* (L.) House, фиалка собачья – *Viola canina* L. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет в среднем 70%. Ярус зеленых мхов слабо выражен и состоит из *Pleurocium schreberi* L. и *Dicranum undulatum* L.

Таксационная характеристика выдела 7 в 27 квартале и выдела 19 в 83 квартале Славкинского участкового лесничества: тип леса сосняк бруснично-зеленомошниковый – БРЗМ, тип условий местопроизрастания - суборь свежая - В₂, состав 10С+Б+СЕ ед. Кл,Д,Ос,Л, культуры 70 лет, класс возраста сосны IV, класс бонитета I, средняя высота 24 м, средний диаметр 26 см, полнота 0,7. Среднее число деревьев на контрольных площадях равно 88 шт., на действующих – 65 шт., на затухающих – 59 шт., на затухших – 51 шт. Почва супесчаная, скрытоподзолистая. Ярус подлеска сильно разрежен и представлен лещиной обыкновенной – *Corylus avellana* L., бересклетом

бородавчатым – *Euonimus verrucosus* Scop., рябиной обыкновенной – *Sorbus aucuparia* L., и единично раkitником русским – *Cytisus ruthenicus* Fisch.

Травяно - кустарничковый ярус представлен брусникой - *Vaccinium vitis-idaea* L., черникой – *V. myrtillus* L., костяником обыкновенной *Rubus saxatilis* L., купеной лекарственной – *Polygonatum odoratum* L., земляникой обыкновенной – *Fragaria vesca* L., геранью лесной – *Geranium sylvaticum* L., ландышем майским – *Convallaria majalis* L., грушанкой круглолистной – *Pyrola rotundifolia* L., фиалкой собачьей – *Viola canina* L. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в среднем составляет 40%. Ярус зеленых мхов сильно выражен и представлен – *Dicranum undulatum* L. и *Pleurocium schreberi* L.

Для определения степени дифференциации деревьев сосны по категориям санитарного состояния в каждом очаге усыхания и на каждой контрольной площади проводился сплошной переcчет деревьев с подразделением их по категориям санитарного состояния. При изучении процесса дифференциации сосновых древостоев была использована шкала категорий санитарного состояния деревьев, рекомендованная «Руководством по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований» (2008). В соответствии с ними 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. Буреломные, ветровальные, и снеголомные деревья при расчете средней категории состояния приравниваются к свежему или старому сухостою. Свежим ветровалом, буреломом или снеголомом считаются 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. Если значение средневзвешенной величины категории состояния 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 (2008).

Средний запас древесины в m^3 по каждой категории состояния в различных по степени развития очагах корневой губки определялся по сортиментным таблицам.

Для изучения процесса естественного возобновления леса в очагах усыхания 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. Подлесок из кустарников не учитывался. Пнёвая поросль лиственных пород после выборочной санитарной рубки учитывалась по числу пней с порослью, а каждый корневой отпрыск осины учитывался как самостоятельное растение. Количество самосева и подроста во всех вариантах приводится на площадь 50 m^2 . При учёте естественного возобновления по возрасту 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 двухфакторного дисперсионного анализа без повторений и прикладной программы Excel-2010. 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 (Леонтьев, 1966).

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.

Глава 4. Результаты исследований и их обсуждение

4.1. Влияние эколого - лесоводственных факторов на распределение очагов корневой губки

Важнейшими эколого-лесоводственными факторами, влияющими на функционирование и структуру лесных биогеоценозов, являются лесорастительные условия, тип леса, лесоводственная полнота, продуктивность и возраст древостоев.

Лесорастительные условия представляют собой совокупность почвенно-климатических и гидрологических факторов, которые определяют условия роста и развития лесонасаждений. Участки леса с общим типом лесорастительных условий, с одинаковым составом древесных пород и другой растительности формируют определенный *тип леса*. Таким образом, лесорастительные условия и тип леса, зависящие от почвенных, гидрологических и климатических условий, являются не только важнейшими лесоводственными, но и существенными экологическими факторами в лесных экосистемах.

Лесоводственная полнота характеризуется степенью сомкнутости древесного полога. То есть с изменением степени сомкнутости древесного полога (полноты) в лесном фитоценозе меняются и такие экологические условия как освещенность, влажность, температурный и ветровой режимы.

Бонитет является показателем продуктивности древостоев и зависит от почвенно-климатических и лесорастительных условий: чем они лучше, тем выше бонитет древостоя.

Возраст – это биологический показатель древостоя, отражающий его индивидуальное развитие, т.е. онтогенез.

Следовательно, все перечисленные морфологические признаки древостоев являются не только лесоводственными, но и важными

экологическими факторами, оказывающими существенное влияние на формирование, структуру и функционирование лесных экосистем.

Одним из важнейших биологических факторов, влияющим на устойчивость лесных экосистем, является патологический фактор. В сосновых фитоценозах функцию основного патологического фактора выполняет корневая губка (Чураков и др., 2019в; Битяев и др., 2020).

В Ульяновской области очаги корневой губки в сосновых насаждениях занимают площадь 3422 га, или 1,0% от общей площади сосновых лесов. В табл. 1 представлены данные по результатам учета очагов корневой губки и очагов усыхания сосны в основных типах сосновых лесов.

Таблица 1

Распределение очагов корневой губки и очагов усыхания по основным типам сосняков

№ п/п	Тип леса	Площадь			
		Очаги корневой губки		Очаги усыхания	
		га	%	га	%
1.	Сосняк ОРЛ	765	22,4	204	24,6
2.	Сосняк СНЯС	674	19,7	158	19,0
3.	Сосняк КРТ	564	16,5	137	16,5
4.	Сосняк МТР	533	15,6	112	13,5
4.	Сосняк ЗЛРК	349	10,3	87	10,5
5.	Сосняк Ч	253	7,4	62	7,5
7.	Сосняк БРЗМ	241	7,1	58	7,0
8.	Сосняк Л	43	1,0	12	1,4
	Итого	3422	100	830	100

Анализ данных табл. 1 показывает, что наибольшая площадь очагов корневой губки и очагов усыхания сосны находится в сосняках с наилучшими лесорастительными условиями: ОРЛ, СНЯС, КРТ и МТР. В них

сосредоточено 74,1% площади очагов корневой губки и 73,6% площади очагов усыхания сосны. Необходимо также отметить, что в сосняках Ч, БРЗМ и Л с наихудшими показателями плодородия и влажности почвы наблюдается сравнительно низкая зараженность сосняков корневой губкой. В этих типах сосняков площадь очагов корневой губки составляет всего 15,5%, а очагов усыхания сосны 15,9% от общей площади очагов.

Важным эколого-лесоводственным фактором, влияющим на формирование, структуру и функционирование лесного насаждения, является лесоводственная полнота, регулирующая тепловой, влажностный и световой режимы в лесу. Поэтому представляет практический интерес выявление роли лесоводственной полноты в распределении очагов усыхания сосны в различных типах леса (табл.2).

Таблица 2

Распределение очагов усыхания сосны от корневой губки по полнотам

Тип сосня ков	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

Полученные результаты дают основание говорить о том, что 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 двухфакторный дисперсионный анализ достоверно показал высокую степень зависимости площади очагов усыхания сосны от лесоводственной полноты древостоя ($F_{\text{факт.}}=19,6 \gg F_{\text{крит.}}=2,7$; приложение 1). Кроме того, результаты этого анализа достоверно указывают на увеличение площади усыхания сосны по мере улучшения лесорастительных условий от сосняков орляковых к соснякам лишайниковым ($F_{\text{факт.}}=10,7 \gg F_{\text{крит.}}=2,4$; приложение 1). Увеличение полноты древостоя приводит к снижению солнечной инсоляции, к повышению влажности атмосферы и почвы, а это способствует созданию более благоприятных условий для развития корневой губки и увеличению площади очагов усыхания сосны.

Продуктивность древостоев является одним из существенных эколого-лесоводственных характеристик лесного насаждения и зависит от таких экологических факторов как плодородие и влажность почвы. В связи с этим важно выявить зависимость площади очагов усыхания сосны от продуктивности древостоев (табл. 3).

Таблица 3

Распределение очагов усыхания сосны от корневой губки по классам бонитета

Тип сосня- ков	Площадь по классам бонитета											
	I		II		III		IV		V		Всего	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ОРЛ	68	33,3	57	27,9	49	24,0	21	10,3	9	4,5	204	100
СНЯС	48	30,4	57	36,1	32	20,2	16	10,1	5	3,2	158	100
КРТ	42	30,7	38	27,7	37	27,0	14	10,2	6	4,4	137	100
МТР	34	30,3	36	32,2	28	25,0	9	8,1	5	4,4	112	100

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЗЛРК	28	32,2	31	35,6	16	18,4	8	9,2	4	4,6	87	100
Ч	19	30,6	20	32,3	14	22,6	6	9,7	3	4,8	62	100
БРЗМ	18	31,0	16	27,6	14	24,1	7	12,1	3	5,2	58	100
Л	4	33,3	3	25,0	2	16,7	2	16,7	1	8,3	12	100
Итого	261	31,2	258	31,1	192	23,3	83	10,0	36	4,4	830	100

Наибольшая площадь очагов усыхания сосны приходится на высокопродуктивные древостои I и II классов бонитета (62,3%), в древостоях же IV и V классов бонитета площадь очагов усыхания составляет всего 14,4%. Зависимость площади очагов усыхания сосны от продуктивности древостоев подтверждается и результатами дисперсионного анализа ($F_{\text{факт.}}=18,8 \gg F_{\text{крит.}}=2,7$; приложение 2). Во всех классах бонитета по мере улучшения лесорастительных условий достоверно увеличивается площадь очагов усыхания ($F_{\text{факт.}}=10,9 \gg F_{\text{крит.}}=2,4$; приложение 2). Таким образом, можно утверждать, что более благоприятные почвенно-грунтовые условия способствуют не только повышению продуктивности древостоев, но и увеличению площади очагов усыхания.

Одним из важных морфологических характеристик лесного фитоценоза является возраст древостоев. Изучено влияние классов возраста сосновых древостоев на распределение площади очагов усыхания (табл. 4).

Таблица 4

Распределение очагов усыхания сосны по классам возраста

Тип сосня- ков	Площадь по классам возраста											
	I		II		III		IV		V		Всего	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ОРЛ	52	25,5	50	24,2	73	35,9	20	9,7	9	4,2	204	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
СНЯС	40	25,4	40	25,4	55	34,7	18	11,4	5	3,1	158	100
КРТ	37	27,0	33	24,1	49	35,8	14	10,2	4	2,9	137	100
МТР	30	26,8	27	24,1	38	33,9	15	13,4	2	1,8	112	100
ЗЛРК	22	25,3	28	32,2	21	24,1	13	14,9	3	3,5	87	100
Ч	17	27,4	19	30,6	15	24,2	9	14,4	2	3,2	62	100
БРЗМ	15	25,9	16	27,6	14	24,1	11	18,9	2	3,5	58	100
Л	3	25,0	3	25,0	2	16,7	2	16,7	2	16,6	12	100
Итого	216	26,0	216	26,0	267	32,2	102	12,3	29	3,5	830	100

Анализируя полученные результаты можно констатировать, что возрастные этапы развития древостоев оказывают влияние на распространение корневой губки. 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. В сосняках ОРЛ площадь очагов усыхания в первых 3 классах возраста составляет 85,2%, в сосняках СНЯС – 86,7%, в сосняках КРТ – 86,9%, что подтверждается и результатами дисперсионного анализа ($F_{\text{факт.}}=14,4 \gg F_{\text{крит.}}=2,7$; приложение 3). Во всех классах возраста площадь очагов усыхания увеличивается по мере улучшения лесорастительных условий ($F_{\text{факт.}}=9,2 \gg F_{\text{крит.}}=2,4$; приложение 3). Таким образом, поражая наиболее жизнеспособную и быстро развивающуюся часть популяции сосны, корневая губка вызывает не только гибель и распад древостоя, но и приводит к снижению устойчивости лесной экосистемы в целом.

С практической точки зрения важно выявить характер распределения площадей усыхания сосны в зависимости от степени развития очагов:

возникающие, действующие, затухающие и затухшие. Это важно не только для понимания существующего санитарного состояния сосновых древостоев, но и для прогнозирования лесопатологической ситуации в будущем, так как от характера развития патологического процесса в очагах корневой губки будет зависеть судьба популяции сосны в патологически нарушенных лесных экосистемах.

В табл. 5 представлены данные по распределению площади очагов усыхания в зависимости от степени их развития в различных типах сосняков.

Таблица 5

Распределение очагов усыхания по степени их развития

Тип сосня ков	Площадь очагов усыхания									
	О _в		О _д		О _з		О _т		Всего	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
ОРЛ	23	11,3	58	28,4	69	33,8	54	26,5	204	100
СНЯС	22	14,0	46	29,1	49	31,0	41	25,9	158	100
КРТ	20	14,6	30	21,9	49	35,8	38	27,7	137	100
МТР	17	15,2	31	27,7	31	27,7	33	29,4	112	100
ЗЛРК	14	16,1	26	29,9	29	33,3	18	20,7	87	100
Ч	12	19,4	17	27,4	18	29,0	15	24,2	62	100
БРЗМ	8	13,8	18	31,0	22	37,9	10	17,3	58	100
Л	1	8,3	3	25,0	6	50,0	2	16,7	12	100
Итого	117	14,1	229	27,6	273	32,9	211	25,4	830	100

Данные табл. 5 указывают на то, что 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 ($F_{\text{факт.}}=9,8 \gg F_{\text{крит.}}=2,4$; приложение 4), т.е. по мере развития очагов от возникающих к затухшим прослеживается тенденция к увеличению площади очагов усыхания. Также достоверно подтверждается увеличение площади очагов по мере улучшения

лесорастительных условий во всех обследованных очагах усыхания ($F_{\text{факт.}}=18,4 \gg F_{\text{крит.}}=2,7$; приложение 4). Незначительная площадь возникающих очагов усыхания (14,1%) указывает на то, что в обследованных популяциях сосны зараженность деревьев корневой губкой идет на спад. По нашему мнению, это связано с тем, что в лесном фонде за последние 30 лет резко сократилась площадь искусственно созданных лесных насаждений. По данным большинства лесных фитопатологов, корневая губка в наибольшей степени поражает сосновые древостои, созданные искусственным путем, т.е. посадкой.

4.2. Дифференциация и продуктивность древостоев в очагах корневой губки

4.2.1. Дифференциация деревьев в очагах корневой губки

Дифференциация деревьев по росту и развитию в чистых одновозрастных насаждениях является естественным закономерным процессом, постоянно происходящим во всех лесных насаждениях. Движущими силами этого процесса являются индивидуальная изменчивость и наследственность деревьев, а также естественный отбор. Но на ход этого процесса могут оказать заметное влияние факторы окружающей среды, в том числе патогенный фактор.

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. Это связано с тем, что процесс дифференциации деревьев и последующий распад древостоев в очагах усыхания приводит к существенному изменению светового и температурного режимов в

Анализ полученных результатов указывают на то, что в лесных культурах в сосняке бруснично–зелёномошниковом на контрольных площадях в процессе дифференциации деревьев по категориям состояния в 2010 г. в среднем было 45 деревьев (44%) без внешних признаков ослабления, то есть условно здоровых деревьев. Деревья с различной степени ослабления, составили 53%, а усыхающих и сухостойных деревьев было всего 3%. На аналогичной площади в очагах усыхания (рис. 5) деревьев без внешних признаков ослабления сохранилось 41 штука, то есть 41%. Следовательно, получены почти сравнимые результаты по условно здоровым деревьям.



Рис. 5. Возникающий очаг усыхания в сосняке БРЗМ

Но существенно изменилось количество деревьев в последующих категориях состояния. Сократилось количество деревьев с различной степенью ослабления (40%), но зато в 6 раз увеличилось количество деревьев, усыхающих и усохших до 18%. В 2012 г. на контрольных площадях условно здоровых деревьев учтено в среднем 43 штуки (45%), ослабленных - 44%, а засыхающих и усохших – 11%. В очагах усыхания в 2012 г.

количество условно здоровых деревьев насчитывалось 33%, ослабленных - 36%, засыхающих и усохших - 31%.

В 2014 г. на контрольных площадях условно здоровых деревьев насчитывалось в среднем 44%, ослабленных – 42%, засыхающих и усохших – 14%. В очагах усыхания в 2014 г. количество условно здоровых деревьев было 13%, ослабленных - 32%, засыхающих и усохших – 55%.

Полученные результаты дают основание констатировать, что за 5 лет исследований 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 увеличилось с 18 до 55%, то есть более чем в 3 раза.

Проведён расчёт корреляционной связи между категориями состояния и количеством деревьев каждой категории состояния на контрольных площадях и в очагах усыхания по годам исследований (табл. 7).

Таблица 7

Расчёт корреляционной связи между категориями состояния и количеством деревьев на контрольных площадях и в очагах усыхания

Вид проб	X	Y	$\sum X^2_0$	$\sum Y^2_0$	$\sum X_0 Y_0$	r	m_r	t
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2010 г.								
К	3,5	17,0	17,5	1570	-129,0	-0,78	0,16	5
О _в	3,5	17,0	17,5	1117	-131,5	-0,94	0,05	19
2012 г.								
К	3,5	16,0	17,5	1463	-146,5	-0,92	0,06	15
О _ф	3,5	15	17,5	414	-74,5	-0,88	0,13	7
2014 г.								

1	2	3	4	5	6	7	8	9
К	3,5	15	17,5	1243	-131,5	-0,89	0,08	11
О _п	3,5	14	17,5	34	+19,0	+0,79	0,15	5

Анализ корреляционных связей между санитарным состоянием деревьев и их количеством в каждой категории состояния показывает, что на контрольных площадях за все годы наблюдений сохранялась довольно сильная отрицательная и вполне достоверная корреляция между изучаемыми показателями. То есть по мере ухудшения санитарного состояния деревьев от I к VI категории состояния количество деревьев в них сокращалось. Таким образом, на контрольных площадях количественно преобладают деревья первых двух категория состояния – условно здоровые и незначительно ослабленные.

Несколько другая ситуация складывается в очагах усыхания. В 2010 и 2012 годах в них наблюдалась достоверная и сильная отрицательная корреляция между изучаемыми показателями, но в 2014 г. эта связь становится положительной, что указывает на то, что по мере повышения степени ослабления деревьев количество их увеличивается.

Увеличение числа сильно ослабленных и отмерших деревьев в очагах усыхания вызывает распад древостоев, снижение полноты, появление окон полога и прогалин, что сопровождается изменением светового, теплового, влажностного режимов и микроклимата в насаждении. В итоге это приводит к изменениям состава и структуры растительного сообщества.

В связи с тем, что количество условно здоровых деревьев в очагах усыхания в 2010 г. снизилось незначительно по сравнению с контролем (с 45 до 41 шт.), действующие в это время очаги усыхания можно отнести по классификации И.А. Алексева (Чураков и др., 2013) к категории *возникающих* (рис. 5), характеризующиеся выпадением только тонкомерных

деревьев, что сильно не сказывается на снижении полноты и запаса древостоя.

Очаги усыхания, действующие в изучаемом выделе в 2012 г., можно отнести к категории *действующих* (рис. 6), которые характеризуются наличием полностью сформировавшихся окон полога и небольшого количества условно здоровых деревьев, расположенных между окнами, или сплошь усохшими деревьями в пределах контура очага. В период с 2012 г. по 2014 г. очаги переходят в категорию *затухающих* (рис.7) . В них сохраняются единичные условно здоровые деревья, затухают процессы дифференциации деревьев и уменьшается древесный отпад.



Рис.6. Действующий очаг усыхания в сосняке БРЗМ

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. Полученные средние значения категорий состояния деревьев на контрольных площадях (1,83 в 2010 г., 1,90 в 2012 г., 1,97 в 2014 г) вполне сопоставимы с таковыми, приведенными В.Г. Стороженко (2011) для коренных древостоев в зоне лесостепи (1,9).

Таким образом, очаги усыхания сосняков от корневой губки за период времени с 2010 по 2014 г. прошли путь от возникающих до затухающих, 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: сосняке орляковом Кузоватовского семенного лесничества и сосняке бруснично-зеленомошниковом Славкинского участкового лесничества. Результаты представлены в табл. 8.

Таблица 8

Распределение деревьев по категориям состояния в очагах усыхания сосны от корневой губки

Вид проб	Кол-во деревьев, шт.	Кол-во деревьев по категориям состояния, шт.					
		I	II	III	IV	V	VI
1	2	3	4	5	6	7	8
Сосняк ОРЛ							
К	87±1,6	37±1,2	28±1,1	12±1,2	7±1,0	2±0,6	1±0,4
О _в	76±1,5	21±1,3	28±1,3	12±1,4	9±1,1	4±1,0	2±0,8
p	<0,05	<0,05	-	-	>0,05	<0,05	>0,05
О _д	61±1,6	10±0,8	17±1,4	14±1,1	12±1,0	5±0,9	3±0,7
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
O ₃	52±1,4	7±0,9	10±1,1	12±1,0	8±0,6	8±0,8	7±1,0
p	<0,05	<0,05	<0,05	-	>0,05	<0,05	<0,05
O _T	49±1,2	5±0,8	9±1,0	9±0,8	8±0,9	9±0,8	9±1,0
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05
Ср _о	59	11	16	12	9	6	5
Сосняк БРЗМ							
К	88±1,7	39±1,4	22±1,3	14±1,2	7±1,0	4±0,6	2±0,5
O _д	65±1,4	13±1,2	18±1,1	14±1,0	12±0,9	5±1,0	3±0,6
p	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	>0,05	>0,05
O ₃	59±1,3	10±1,1	12±1,2	13±1,2	9±0,7	8±0,6	7±0,4
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05
O _T	51±1,7	6±1,2	8±1,3	10±1,4	8±0,9	10±1,0	9±0,6
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05
Ср _о	58±1,5	10±1,1	13±1,2	12±1,2	10±1,0	7±0,6	6±0,5

Проведенный анализ полученных результатов даёт основание констатировать следующее. На контрольных площадях в сосняке ОРЛ количество внешне здоровых деревьев составляют в среднем 42%, в сосняке БРЗМ – 44% от общего количества учтённых деревьев. Количество деревьев в различной степени ослабления в среднем насчитывается на контрольных площадях в сосняке ОРЛ 46%, в сосняке БРЗМ – 41%; усыхающих деревьев, свежего и старого сухостоя в сосняке ОРЛ – 12%, в сосняке БРЗМ – 15%.

В возникающих очагах усыхания внешне здоровых деревьев сохранилось в сосняке ОРЛ 28%. Количество ослабленных и сильно ослабленных деревьев в возникающих очагах насчитывается в сосняке ОРЛ

5%, засыхающих и засохших деревьев – 20%. В сосняке БРЗМ возникающих очагов не зафиксировано.

В действующих очагах усыхания деревья без признаков ослабления сохранилось в сосняке ОРЛ 16%, в сосняке БРЗМ – 20%. Количество деревьев в различной степени ослабления в действующих очагах составляет в сосняке ОРЛ 51%, в сосняке БРЗМ – 49%; усыхающих и засохших соответственно – 33 и 31%.

В затающих очагах внешне здоровых деревьев учтено в сосняке БРЗМ - 17% (рис. 7), в сосняке ОРЛ (рис. 10) 13%,. Деревьев с различной степенью ослабления в затающих очагах выявлено в сосняке ОРЛ 43%, в сосняке БРЗМ 42%; усыхающих и усохших соответственно – 44 и 41%.



Рис.7. Затухающий очаг усыхания в сосняке БРЗМ

В затухших очагах усыхания деревьев без признаков ослабления сохранилось в сосняке ОРЛ (рис. 11) 10%, сосняке БРЗМ - 12%; ослабленных и сильно ослабленных соответственно – 37 и 35%; засыхающих и усохших – 53 и 53%. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа (приложение

5)показывает, что в сосняке ОРЛ характер распределения количества деревьев по категориям состояния не зависит от степени развития очага усыхания ($F_{\text{факт.}}=0,96 \leq F_{\text{крит.}}=3,2$). Во всех очагах усыхания, кроме затухшего, наблюдается общая тенденция уменьшения количества деревьев по мере ухудшения санитарного состояния деревьев (от I к VI категории). Достоверно не подтверждена также зависимость количества деревьев в категориях состояния от степени развития очагов ($F_{\text{факт.}}=2,35 \leq F_{\text{крит.}}=2,9$).

Дисперсионный анализ по сосняку БРЗМ (приложение 6) показывает, что характер распределения количества деревьев по категориям состояния не зависит от степени развития очага усыхания ($F_{\text{факт.}}=0,8 \leq F_{\text{крит.}}=4,1$). Не установлена также зависимость количества деревьев в категориях состояния от степени развития очагов ($F_{\text{факт.}}=1,7 \leq F_{\text{крит.}}=3,3$). Следовательно, можно утверждать, что в обоих типах сосняков количество деревьев по категориям состояния и в самих категориях не зависит от степени развития очагов. На рис. 8 представлена диаграмма распределения деревьев по категориям состояния в очагах усыхания в сосняке ОРЛ.

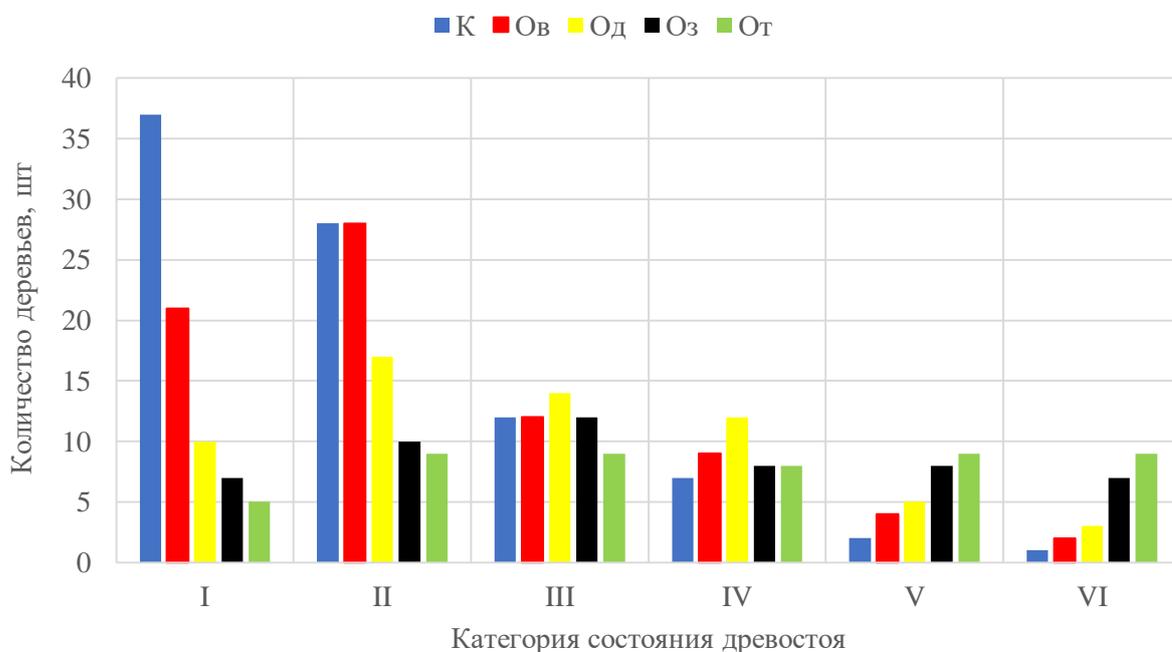


Рис. 8. Диаграмма распределения деревьев по категориям состояния в очагах усыхания сосны от корневой губки в сосняке орляковом

Количество условно здоровых деревьев I категории состояния в орляковом сосняке постепенно снижается от возникающих очагов к затухшим. Количество ослабленных деревьев II категории состояния также постепенно уменьшается от возникающих к затухшим очагам усыхания. 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 действующим 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 усыхания.

Распределение деревьев по категориям состояния в очагах усыхания в сосняке БРЗМ представлено на диаграмме (рис. 9).

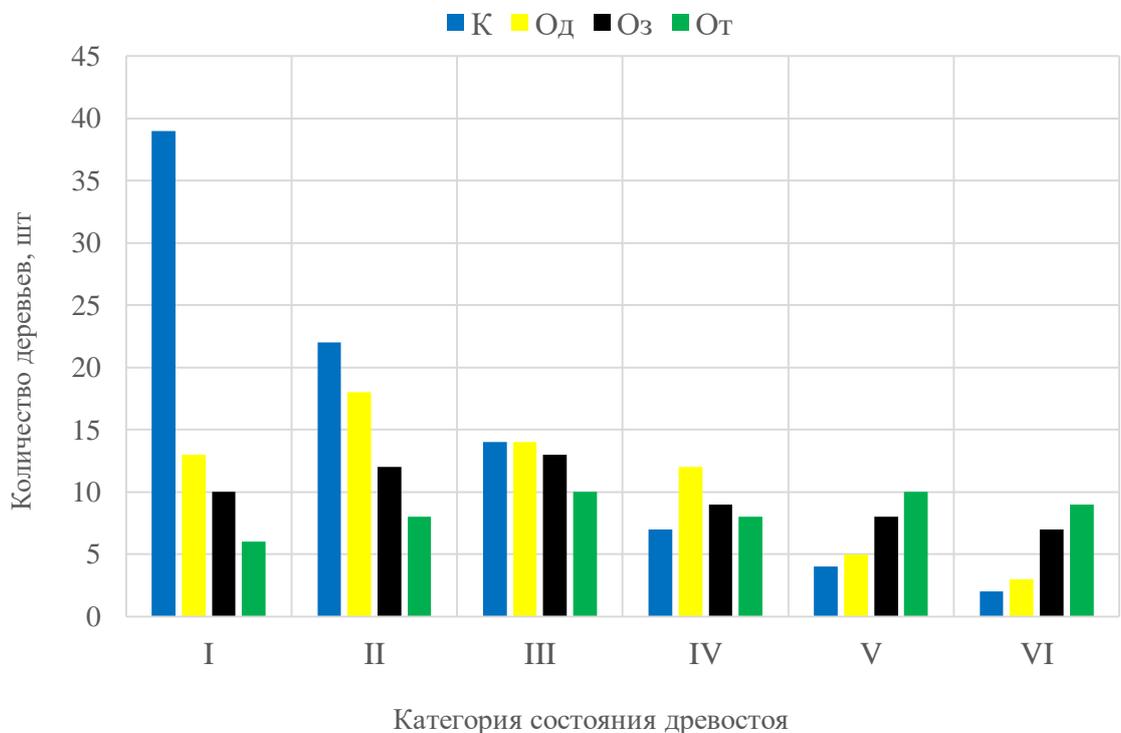


Рис. 9. Диаграмма распределения деревьев по категориям состояния в очагах усыхания в сосняке бруснично-зеленомошниковом

Следовательно, постепенный переход очагов усыхания от возникающих к затухшим вызывает значительное снижение жизнеспособности древостоев, проявляющееся в резком увеличении количества сильно ослабленных, усыхающих и засохших деревьев.

В сосняке БРЗМ, как и в сосняке ОРЛ, на контрольных площадях 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 и старого сухостоя постепенно увеличивается от действующих к затухшим очагам усыхания.

Средневзвешенная величина категории состояния деревьев в сосняке ОРЛ 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 $K_{cp}=3,52$. Таким образом, сосняки в контроле и возникающих очагах можно отнести к ослабленным, в действующих и затухающих - к сильно ослабленным, а в затухших очагах – к засыхающим.

В сосняке БРЗМ 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 $K_{cp}=3,53$. То есть, в контрольном варианте древостой можно отнести к ослабленным, в действующих и затухающих очагах - к сильно ослабленным, а в затухших – к засыхающим.

Таким образом, развитие очагов от возникающих к затухшим приводит к постепенному сокращению количества внешне здоровых деревьев в обоих типах сосняков. В сосняке ОРЛ этот процесс в начальном периоде развития очагов идёт более интенсивно, чем в сосняке БРЗМ, но в затухших очагах

процесс дифференциации деревьев стабилизируется примерно на одном уровне в обоих типах сосняков. По-видимому, это связано с тем, что в сосняке ОРЛ более благоприятные условия для развития корневой губки, чем в сосняке БРЗМ, поэтому там процесс дифференциации происходит более активно, благодаря патологическому фактору. Постепенное разреживание древостоев в процессе дифференциации вызывает изменение экологических факторов (освещенности, температуры и влажности почвы и воздуха), что в итоге сказывается на снижении влияния патологического фактора и приводит к стабилизации процессов деградации в очагах усыхания сосны.

4.2.2. Продуктивность сосновых древостоев в очагах корневой губки

Дифференциация деревьев по категориям санитарного состояния сопровождается изменением основных таксационных показателей деревьев – средней высоты и диаметра, что сказывается на продуктивности древостоев. Средневзвешенные показатели высот и диаметров деревьев различных категорий состояния в сосняках ОРЛ и БРЗМ представлены в табл. 9.

Таблица 9

Показатели средневзвешенных высот и диаметров деревьев различных категорий состояния

Вид проб	Средняя высота и диаметр деревьев по категориям состояния, м/см						
	I	II	III	IV	V	VI	C _{вз}
1	2	3	4	5	6	7	8
Сосняк ОРЛ							
К	23±1,1	21±0,8	20±0,9	18±0,9	16±0,8	14±0,7	21
	25±1,2	23±1,1	22±1,2	20±1,3	18±1,0	14±0,6	23
O _в	23±1,3	21±1,2	20±1,2	18±1,1	16±0,7	14±0,8	20
	24±1,4	22±1,3	21±1,0	18±1,2	17±1,0	12±0,7	21

1	2	3	4	5	6	7	8
O _д	22±1,2	21±1,0	19±1,1	17±1,1	15±1,1	13±1,0	19
	24±1,3	21±1,2	20±1,0	16±1,1	14±0,8	12±0,8	19
O _з	22±1,3	20±1,1	18±1,2	16±1,0	14±1,0	12±1,1	17
	23±1,2	21±1,2	19±1,3	15±1,2	12±0,9	11±1,0	17
O _т	22±1,0	20±1,2	17±1,0	16±1,1	13±1,1	11±0,7	16
	22±1,1	20±1,3	18±1,1	14±1,0	12±1,0	10±0,8	16
Срв _о	22	21	19	17	15	12	18
	24	21	20	16	14	11	18
Сосняк БРЗМ							
Конт- роль	25±1,4	25±1,3	24±1,5	23±1,3	20±1,1	16±1,0	24
	28±1,5	27±1,6	24±1,3	22±1,1	20±1,3	18±1,3	26
O _д	25±1,3	24±1,4	22±1,2	21±1,2	18±1,2	15±1,0	22
	28±1,4	26±1,5	23±1,4	20±1,3	18±1,1	16±1,1	24
O _з	24±1,2	24±1,1	21±1,0	20±1,4	16±1,3	14±1,2	20
	27±1,5	25±1,3	22±1,1	20±1,2	17±1,0	16±1,4	21
O _т	24±1,1	23±1,2	21±1,2	20±1,1	15±1,1	14±0,9	19
	26±1,3	25±1,4	20±1,1	20±1,3	16±1,2	15±1,1	20
Срв _о	24	24	21	20	16	14	20
	27	25	22	20	17	16	21

Анализ полученных данных показывает следующее. В сосняке БРЗМ средние показатели высот и диаметров деревьев всех категорий состояния на 10-12% выше, чем в орляковом типе сосняка. Это связано, с тем, что в сосняке БРЗМ древостой IV класса возраста, а в сосняке ОРЛ III класса возраста, что сказывается на морфометрических характеристиках древостоев и их продуктивности.

Кроме того, нужно учитывать, что, несмотря на более благоприятные почвенно-климатические условия роста деревьев в сосняке ОРЛ, здесь же

более активно развивается и корневая губка, что в итоге приводит к снижению продуктивности древостоев, а это проявляется, прежде всего, в снижении прироста деревьев по высоте и диаметру.



Рис.10. Затухающий очаг усыхания в сосняке орляковом

В обоих типах сосняков на контрольных площадях деревья всех категорий состояния имеют более высокие морфометрические показатели, по сравнению с очагами усыхания. Как на контрольных площадях, так и в очагах усыхания по мере движения от I к VI категории состояния средние показатели высот и диаметров деревьев снижаются в обоих типах сосняков. Кроме того, в обоих типах леса наблюдается устойчивая тенденция к снижению морфометрических показателей деревьев по мере развития очагов от возникающих к затухшим.

Рассчитаны коэффициенты корреляции и степень их достоверности между степенью развития очагов от возникающих к затухшим и средневзвешенными таксационными показателями деревьев по высоте и диаметру (табл. 10).

Расчёты коэффициентов корреляции и их достоверности между степенью развития очагов и средневзвешенными высотами и диаметрами

Показатели	X	Y	$\sum X^2_0$	$\sum Y^2_0$	$\sum X_0 Y_0$	r	m_r	t
Сосняк орляковый								
Высота	2,5	18	5	10	-7,0	-0,98	0,02	49,0
Диаметр	2,5	18	5	15	-8,5	-0,98	0,02	49,0
Сосняк бруснично-зеленомошниковый								
Высота	3	20	2	5	-3	-0,94	0,07	13,4
Диаметр	3	21	2	10	-4	-0,89	0,12	7,4

Данные табл. 10 показывают, что между степенью развития очагов усыхания и средними показателями высот и диаметров деревьев имеется устойчивая и достоверная отрицательная корреляционная связь в обоих обследованных типах леса, т.е. по мере развития очагов от возникающих к затухшим таксационные показатели деревьев (высота и диаметр) заметно снижаются в обоих типах леса, особенно в сосняке ОРЛ.

Представляет практический интерес динамика продуктивности древостоев в связи с изменением санитарного состояния деревьев на контрольных площадях и в очагах усыхания разной степени развития. Изменение запаса древесины по категориям состояния деревьев имеет прямое отношение к размеру выборки древесины при назначении выборочных санитарных рубок в насаждениях.

В табл. 11 представлены данные по запасам древесины в очагах усыхания и на контрольных площадях. Запас древесины в контроле и очагах усыхания определялся путём умножения объема среднего дерева на количество деревьев в каждой категории состояния.



Рис. 11. Затухший очаг усыхания в сосняке орляковом

Таблица 11

Объем среднего дерева и запас древесины по категориям состояния

Вид проб	Объём среднего дерева и запас древесины, м ³						
	I	II	III	IV	V	VI	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Сосняк ОРЛ							
К	0,51 18,87	0,36 10,08	0,28 3,36	0,24 1,68	0,19 0,38	0,11 0,11	34,48
О _в	0,50 10,50	0,34 9,52	0,26 3,12	0,22 1,98	0,18 0,72	0,10 0,20	26,04
О _д	0,44 4,40	0,32 5,44	0,22 3,08	0,18 2,16	0,13 0,65	0,09 0,27	16,00

1	2	3	4	5	6	7	8
О _з	0,40	0,29	0,20	0,15	0,10	0,06	10,52
	2,80	2,90	2,40	1,20	0,80	0,42	
О _т	0,36	0,24	0,15	0,11	0,08	0,04	7,27
	1,80	2,16	1,35	0,88	0,72	0,36	
Всего	19,50	20,02	9,95	6,22	2,89	1,25	59,83
Сосняк БРЗМ							
К	0,71	0,65	0,51	0,38	0,24	0,21	53,17
	27,69	14,30	7,14	2,66	0,96	0,42	
О _д	0,70	0,60	0,42	0,31	0,22	0,16	31,08
	9,10	10,80	5,88	3,72	1,10	0,48	
О _з	0,65	0,53	0,39	0,30	0,20	0,15	23,28
	6,50	6,36	5,07	2,70	1,60	1,05	
О _т	0,61	0,48	0,35	0,30	0,19	0,12	16,38
	3,66	3,84	3,50	2,40	1,90	1,08	
Всего	19,26	21,00	14,45	8,82	4,60	2,61	70,74

Анализируя полученные данные можно констатировать следующее. В обоих типах сосняков суммарные запасы древесины на контрольных площадях больше, чем в очагах усыхания. В связи с тем, что в сосняке БРЗМ древостой старше, чем в сосняке ОРЛ, запас древесины в них больше. Суммарный запас древесины в обоих типах леса уменьшается по мере движения от I к VI категории состояния, но наиболее чётко этот процесс наблюдается только в возникающих очагах усыхания. По мере же развития очагов от действующих к затухшим этот процесс несколько сглаживается (рис. 12).

В сосняке ОРЛ запас древесины в контроле постепенно уменьшается по мере ухудшения санитарного состояния деревьев. Запас условно здоровых

(I категория состояния) и ослабленных деревьев (II категория состояния) также



Рис. 12. Распределение запаса древесины по категориям состояния в сосняке ОРЛ

снижается от возникающих к затухшим очагам усыхания. В возникающих и действующих очагах запас древесины сильно ослабленных деревьев (III категория состояния) находится на одном уровне с последующем снижением его в затухающих и затухших очагах усыхания.

Запас древесины усыхающих деревьев (IV категория состояния) сначала увеличивается в возникающих и действующих очагах, затем снижается в затухающих и затухших очагах усыхания. Запас древесины свежего сухостоя (V категория состояния) во всех очагах усыхания находится примерно на одном уровне, а запас старого сухостоя и валежа (VI категория состояния) незначительно увеличивается от возникающих к затухшим очагам усыхания.

На рис. 13 графически представлено распределение запаса древесины в сосняке БРЗМ.

Как и в сосняке ОРЛ в сосняке 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

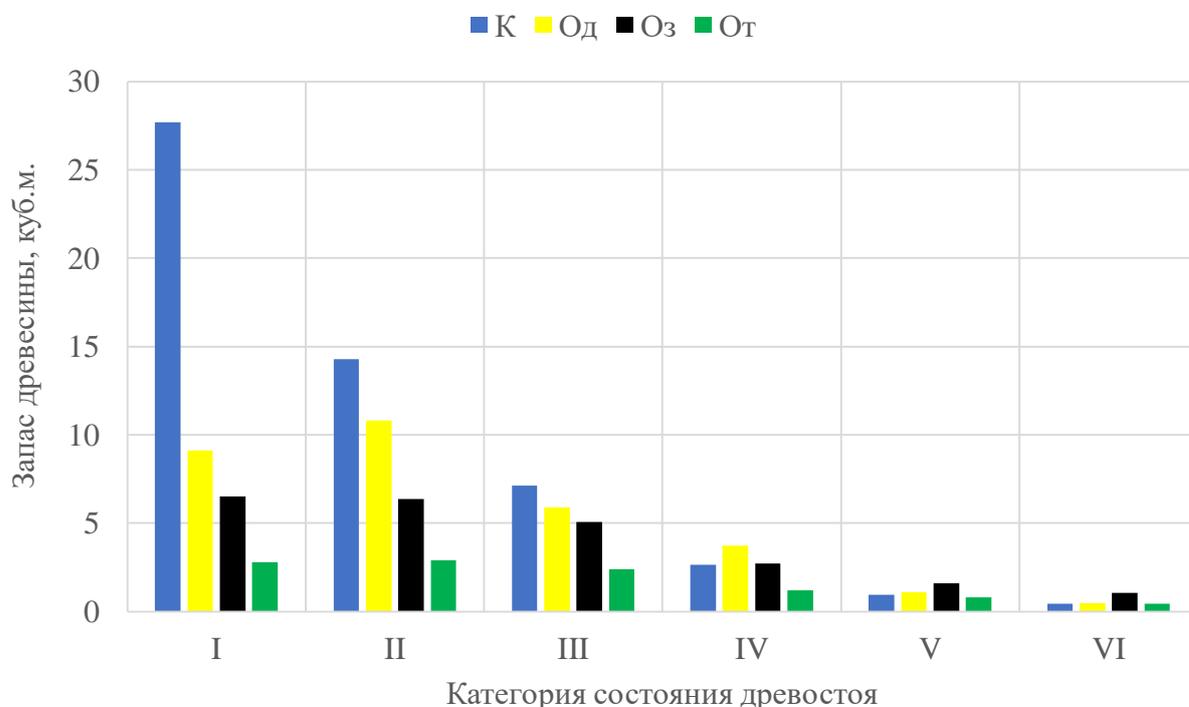


Рис. 13. Распределение запаса древесины по категориям состояния в сосняке БРЗМ

сравнению с контролем. Особенно резкий спад запаса древесины отмечен в действующих очагах усыхания у деревьев I категории состояния.

Запас древесины деревьев с I по IV категорию состояния в сосняке БРЗМ постепенно снижается во всех очагах усыхания. В V и VI категориях состояния запас древесины незначительно увеличивается от действующих к затухшим очагам усыхания.

Определена корреляционная связь между категориями состояния деревьев и запасами древесины на контрольных площадях и очагах усыхания. Результаты представлены в табл. 12.

Полученные результаты показывают, что между категориями состояния и запасами древесины на контрольных площадях и в очагах усыхания наблюдается сильная и достоверная отрицательная корреляция в обоих типах леса.

Таблица 12

Расчёты коэффициентов корреляции между категориями состояния деревьев и запасами древесины

Вид проб	X	Y	$\sum X^2_0$	$\sum Y^2_0$	$\sum X_0 Y_0$	r	m_r	t
Сосняк ОРЛ								
К	3,5	5,75	17,5	273,8	-64,70	-0,93	0,06	15,5
O _B	3,5	4,34	17,5	102,08	-39,52	-0,93	0,06	15,5
O _д	3,5	2,67	17,5	20,93	-17,97	-0,94	0,05	18,8
O _з	3,5	1,75	17,5	5,81	-9,67	-0,96	0,04	29,1
O _T	3,5	1,21	17,5	2,34	-6,0	-0,94	0,03	31,3
Сосняк БРЗМ								
К	3,5	8,86	17,5	559,77	-90,42	-0,91	0,07	13,0
O _д	3,5	5,18	17,5	67,43	-31,43	-0,91	0,07	13,0
O _з	3,5	3,88	17,5	29,03	-21,94	-0,97	0,03	32,3
O _T	3,5	2,73	17,5	6,20	-9,89	-0,95	0,05	19,0

Следовательно, можно утверждать, что снижение жизнеспособности деревьев в процессе дифференциации древостоев приводит к снижению их продуктивности. Особенно заметно этот процесс усиливается при действии на лесные экосистемы патологического фактора, в качестве которого, в данном случае, выступает корневая губка.

4.2.3. Древесный отпад в очагах корневой губки

Неотъемлемой частью общей биологической массы лесных сообществ является древесный отпад. В иностранной литературе древесный отпад характеризуется как крупные древесные остатки (*course woody debris*), к которым относятся сухостой, лежащие на земле стволы деревьев и их крупные части (Krankina and all, 1995).

В отечественной литературе содержание термина «древесный отпад» несколько шире иностранного. В состав древесного отпада у нас кроме валежных стволов входят и стоящие на корню деревья текущего древесного отпада, в состав которого, помимо свежего и старого сухостоя, включены деревья из категории усыхающих (Стороженко, 2018). Основным качественным признаком перехода деревьев из категории продуцентов в категорию древесного отпада является прекращение в них процессов фотосинтеза и метаболизма. В.Г. Стороженко (2011) отмечает, что древесный отпад, как компонент лесного биогеоценоза, принимает участие в формировании других структур леса, в частности в лесовосстановительных процессах.

В лесу древесный отпад представлен двумя видами: естественным и патологическим. По И.А. Алексееву (Чураков и др., 2013а), *естественный отпад* характеризуется отмиранием и 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 деревьями, свежими и старыми сухостойными деревьями на контрольных площадях, т.е. вне пределов воздействия на древостой корневой губки. Патологический отпад наблюдается в очагах усыхания деревьев и также представлен деревьями IV, V и VI категорий состояния. Средние

запасы естественного и патологического отходов в сосняках орляковом и бруснично-зеленомошниковом по категориям состояния в абсолютных (м³) и относительных единицах (%) от общего запаса древостоев представлены в табл. 13.

Данные табл. 13 показывают, что средний естественный отпад на контрольных площадях в сосняке ОРЛ равен 2,17 м³ (15,5 м³/га), или 6,3% от общего запаса древостоя. В сосняке БРЗМ этот показатель равен 4,04 м³ (7,6%), или 28,9 м³/га, т.е. примерно в 2 раза больше, чем в сосняке орляковом. Это связано с тем, что в сосняке БРЗМ древостои более старшего

Таблица 13

Средние запасы естественного и патологического отходов по категориям состояния

Вид проб	Объем отпада по категориям состояния							
	IV		V		VI		Итого	
	м ³	%	м ³	%	м ³	%	м ³	%
Сосняк ОРЛ								
К	1,68	4,8	0,38	1,1	0,11	0,3	2,17	6,3
О _в	1,98	7,6	0,72	2,7	0,20	0,8	2,90	11,1
О _д	2,16	13,5	0,65	4,1	0,27	1,7	3,08	19,2
О _з	1,20	11,4	0,80	7,6	0,42	4,0	2,42	23,0
О _т	0,88	12,1	0,72	9,9	0,36	4,9	1,96	27,0
Всего	6,22	10,4	2,89	4,8	1,25	2,1	10,36	17,3
Сосняк БРЗМ								
К	2,66	5,0	0,96	1,8	0,42	0,8	4,04	7,6
О _д	3,72	12,0	1,10	3,5	0,48	1,5	5,30	17,1
О _з	2,70	11,6	1,60	6,9	1,05	4,5	5,35	23,0
О _т	2,40	14,6	1,90	11,6	1,08	6,6	5,38	32,8
Всего	8,82	12,5	4,60	6,5	2,61	3,7	16,03	22,7

Примечание: расчет относительного объема отпада произведен от общего объема древесины в очаге усыхания.

возраста, имеют большой запас древесины и соответственно дают большой объем древесного отпада по сравнению с сосняком ОРЛ.

В очагах усыхания суммарный объём патологического отпада в обоих типах леса больше естественного отпада на контрольных площадях. Причём в сосняке ОРЛ эта разница составляет 8,19 м³ (79%), в сосняке БРЗМ – 11,99 м³ (75%). Суммарный патологический отпад в относительных (%) единицах в обоих типах леса увеличивается по мере развития очагов от возникающих к затухшим.

Определена корреляционная связь и её достоверность между степенью развития очагов усыхания и объёмами патологического отпада в обследованных древостоях сосны (табл. 14).

Таблица 14

Расчёты коэффициентов корреляции между степенью развития очагов усыхания и объёмами патологического отпада

Категории состояния	X	Y	$\sum X^2_0$	$\sum Y^2_0$	$\sum X_0 Y_0$	r	m _r	t
Сосняк ОРЛ								
IV	2,5	1,56	5	1,13	-2,13	-0,89	0,11	8,1
V	2,5	0,72	5	0,011	+0,075	+0,47	0,39	1,2
VI	2,5	0,31	5	0,028	+0,315	+0,84	0,15	5,6
Сосняк БРЗМ								
IV	3,0	2,94	2	0,96	-1,32	-0,95	0,06	15,8
V	3,0	1,53	2	0,327	+0,80	+0,99	0,02	49,5
VI	3,0	0,87	2	1,245	+1,42	+0,90	0,05	18,0

В сосняке ОРЛ 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 сосняке БРЗМ 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 сосняке ОРЛ, в сосняке БРЗМ по мере развития очагов от действующих к затухшим объем патологического отпада уменьшается. В V и VI категориях состояния (свежий и старый сухостой) отмечена сильная и достоверная положительная корреляция между степенью развития очагов и величиной патологического отпада.

Проведенный дисперсионный анализ (приложения 7 и 8) показывает, что в обоих типах леса степень развития очагов усыхания не оказывает влияния на объем патологического отпада (сосняк ОРЛ $F_{\text{факт.}}=0,56 \ll F_{\text{крит.}}=4,8$; сосняк БРЗМ $F_{\text{факт.}}=0,001 \ll F_{\text{крит.}}=6,9$). В самих же категориях состояния объем патологического отпада зависит от степени развития очагов усыхания (сосняк ОРЛ $F_{\text{факт.}}=10,5 \gg F_{\text{крит.}}=5,1$; сосняк БРЗМ $F_{\text{факт.}}=8,9 \gg F_{\text{крит.}}=6,9$)

Таким образом, можно констатировать, что в результате естественного процесса дифференциации в древостоях происходит ранжирование деревьев по категориям санитарного состояния и жизнеспособности, выявляются устойчивые к патогену экземпляры с высокими наследственными свойствами. Такие деревья могут стать источником обсеменения и появления в очагах корневой губки естественного возобновления сосны.

Выводы по разделам 4.1 и 4.2

1. Существенное влияние на распространение очагов корневой губки и очагов усыхания оказывают эколого-лесоводственные факторы: по мере

улучшения лесорастительных условий, продуктивности и полноты древостоев, снижения их возраста площади обоих очагов увеличиваются.

2. Уменьшение площади возникающих очагов усыхания указывает на постепенное затухание очагов корневой губки и стабилизацию процессов распада древостоев.

3. На формирование очагов усыхания сосны существенное влияние оказывает патологический фактор: за период с 2010 по 2014 г. они прошли путь от возникающих до затухающих, а сосновые древостои в этих очагах - от ослабленных до усыхающих.

4. Характер воздействия патологического фактора на древостои мало зависит от типа леса. В исследованных типах сосняков ОРЛ и БРЗМ постепенный переход от возникающих очагов к затухшим вызывает значительное снижение жизнеспособности древостоев, что проявляется в резком увеличении количества сильно ослабленных, усыхающих и засохших деревьев.

5. По мере ухудшения санитарного состояния деревьев во всех очагах усыхания средние морфометрические показатели, запас древесины и патологического отпада снижается от I категории состояния к VI в обоих типах сосняков.

6. В обоих типах сосняков отмечается устойчивая и достоверная тенденция к снижению продуктивности древостоев по мере развития очагов усыхания от возникающих к затухшим.

7. По мере перехода очагов усыхания от категории возникающих к затухшим происходит постепенное увеличение относительного объема (в %) патологического отпада в обоих типах леса.

8. В обоих типах сосняков по мере ухудшения санитарного состояния древостоев в очагах усыхания от IV к VI категории и абсолютный и относительный объемы патологического отпада уменьшаются.

4.3. Естественное лесовозобновление в очагах корневой губки

К числу одних из основных критериев устойчивости лесных сообществ исследователи (Рудский, 1881; Мелехов, 1980; Проскураков, 1982; Негруцкий, 1986; Василяускас, 1989; Стороженко и др., 1992; Авров, 2000; Демаков, 2000; Полянская, 2005; Павлов, 2006; Гусева, 2011; Петухов и др., 2014; Ковалева и др., 2015; Коновалова, 2015; Калачев и др., 2016; Стороженко, 2018; Vidakovic, 1970; Troedsson and all, 1980) относят присутствие естественного возобновления на площади лесного биогеоценоза.

По мере дифференциации деревьев в древостоях, особенно в очагах усыхания, происходит постепенное изменение таксационных характеристик насаждений, экологических и лесорастительных условий: снижается полнота, изменяется состав и структура компонентов леса, увеличивается освещенность, изменяются температура и влажность местообитаний, накапливается естественный и патологический отпады и т.д. Разлагающийся валеж служит для подроста незаменимым источником питания.

Всё это приводит к изменению характера и направления естественных лесовосстановительных процессов. Кроме того, в очагах усыхания на эти процессы существенное влияние оказывает патологический фактор, связанный с накоплением и сохранением инфекционного начала корневой губки. С учётом всех этих факторов довольно сложно прогнозировать ход и успешность процессов естественного лесовозобновления в очагах усыхания.

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 в условиях лесостепи главными и наиболее хозяйственно ценными лесообразующими породами являются сосна обыкновенная и дуб черешчатый, то вполне понятно, что речь идёт, прежде всего, о наличии и сохранении в очагах усыхания молодого поколения именно этих пород. С

биологической точки зрения важно также появление и сохранение в очагах усыхания самосева и подроста других лиственных пород (клёна, березы, липы, осины) как более устойчивых к корневой губке и основных компонентов сохранения флористического разнообразия в патологически нарушенных лесных экосистемах. Кроме того, с практической точки зрения очень важно выявить характер влияния лесорастительных условий на возможность естественного лесовозобновления в очагах корневой губки, на количественную и качественную стороны этого процесса. На появление самосева в окнах полога в очагах корневой губки указывают С.Ф. Негруцкий (1986); А.П. Василяускас (1989); О.Н. Гусева (2011); В.Г. Стороженко (2018).

В связи с вышеизложенным был проведен учёт естественного возобновления леса в очагах усыхания и на контрольных площадях. 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. Для этого были использованы пробные площадки размером 25x2 м. Результаты учёта естественного возобновления леса представлены в табл. 15.

Таблица 15

Учёт самосева и подроста в очагах корневой губки

Вид проб	Количество самосева подроста, шт.		
	хвойные	лиственные	всего
1	2	3	4
Результаты учёта 2010 г.			
К	5 \pm 0,8	19 \pm 2,1	24
О _в	7 \pm 1,0	17 \pm 1,9	24
р	>0,05	>0,05	-
Результаты учёта 2012 г.			
К	8 \pm 1,1	12 \pm 1,6	20

1	2	3	4
О _д	11±1,4	12±1,1	23
P	>0,05	-	-
Результаты учёта 2014 г.			
К	11±1,2	12±1,4	23
О _з	16±1,0	14±1,5	30
p	>0,05	>0,05	-

Проведенный анализ показывает, что в 2010 г. на контрольных площадях самосев и подрост лиственных пород составил в среднем 79% сосновый - 21% от общего учтённого количества естественного лесовозобновления. В очагах усыхания самосев и подрост сосны в среднем составил 29%, лиственный – 70% от общего учтённого количества самосева и подрост.

В 2012 г. лиственный самосев и подрост на контрольных площадях составил в среднем 60%, сосновый - 40% от общего числа учтённого естественного лесовозобновления. В очагах усыхания лиственный самосев и подрост составил 52%, сосновый - 48%. Таким образом можно сделать вывод о том, что в очагах усыхания относительное количество соснового самосева и подрост увеличилось на 19%, а лиственного – уменьшилось также на 19% по сравнению с очагами в 2010 г.

В 2014 г. на контрольных площадях самосев и подрост лиственных пород составил в среднем 52%, сосны - 48% от общего количества естественного лесовозобновления. В очагах усыхания среднее количество самосева и подрост сосны несколько увеличилось по сравнению с контрольными площадями и составило 53% от общего количества естественного лесовозобновления. Самосев и подрост лиственных пород в очагах представлены 47%.

Количественное увеличение естественного возобновление сосны в очагах усыхания в 2012 и 2014 г.г. по сравнению с 2010 г. связано, по-видимому, со следующими причинами. В 2010 г. в Ульяновской области была сильная засуха, что отрицательно сказалось на урожае и всхожести семян древесных пород, а также на жизнеспособности естественного лесовозобновления. Кроме того, при развитии очагов усыхания в следующие после засухи более благоприятные для естественного возобновления леса годы, в них появляются окна полога, в которых создаются более благоприятные условия для естественного возобновления древесных пород, в т.ч. и сосны (рис. 14).



Рис. 14. Редкий сосновый самосев в окне полога

Рассчитана корреляционная связь между количеством естественного возобновления леса и степенью развития очагов усыхания (табл. 16).

Расчет корреляции между степенью развития очагов и количеством самосева
и подроста

Показатели	X	Y	ΣX^2_0	ΣY^2_0	$\Sigma X_0 Y_0$	r	m_r	t
Хвойные породы								
К	2	8	2	18	+6	+1,0	-	-
О	2	11	2	41	+9	+0,99	0,01	99
Лиственные породы								
К	2	14	2	33	-3	-0,37	0,51	0,7
О	2	14	2	13	-3	-0,59	0,38	1,6

Приведенные в табл. 16 результаты показывают, что 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, поскольку отношение коэффициента корреляции к его средней ошибке меньше 4.

С точки зрения сохранения и поддержания флористического разнообразия в патологически нарушенных лесных экосистемах практический интерес представляет изучение распределения естественного лесовозобновления в очагах усыхания по породам, возрасту и происхождению.

В табл. 17 представлены результаты изучения породного состава естественного возобновления основных лесобразующих древесных пород на контрольных площадках и в очагах усыхания.

Распределение самосева и подроста по породам

Вид проб	Количество самосева и подроста по породам, шт.						Итого
	хвойные	лиственные					
	сосна	дуб	клён	берёза	осина	липа	
Результаты учёта 2010 г.							
К	5±0,8	3±0,4	5±0,6	7±0,5	2±0,3	2±0,4	24
О _в	7±1,0	2±0,3	4±0,4	8±0,6	1±0,4	2±0,3	24
р	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	-	-
Результаты учёта 2012 г.							
К	8±1,1	2±0,4	2±0,3	4±0,3	2±0,3	2±0,4	20
О _д	11±1,4	2±0,3	3±0,5	4±0,5	1±0,3	2±0,3	23
р	>0,05	-	>0,05	-	<0,05	-	-
Результаты учёта 2014 г.							
К	11±1,2	2±0,4	3±0,5	3±0,6	2±0,3	2±0,4	23
О _з	16±1,0	3±0,4	2±0,4	5±0,6	2±0,2	2±0,3	30
р	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05	-	-	-
Среднее по годам							
К	8	2	3	5	2	2	22
О	11	2	3	6	1	2	25

Данные табл.17 показывают, из лиственных пород наибольшим количеством в контроле и очагах усыхания представлены берёза повислая и клён остролистный. В среднем по годам естественное возобновление березы в контроле составляет 21%, клена – 36% общего количества молодого поколения лиственных пород, в очагах усыхания соответственно – 21 и 43%. На долю самосева и подроста дуба в контроле и в очагах усыхания приходится в среднем по 14%.

Распределение самосева и подроста лиственных древесных пород по происхождению представлено в табл. 18.

Таблица 18

Распределение самосева и подроста лиственных пород по происхождению

Вид проб	Количество самосева и подроста, шт.											
	Дуб		Клён		Берёза		Осина		Липа		Всего	
	С	В	С	В	С	В	С	В	С	В	С	В
Результаты учёта в 2010 г.												
К	2±0,6	1±0,5	5±0,4	0	5±0,5	2	0	2±0,4	2±0,3	0	14	5
О _в	1±0,3	1±0,4	4±0,4	0	6±0,5	2	0	1±0,2	2±0,3	0	13	4
р	>0,05	-	>0,05	-	>0,05	-	-	<0,05	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Результаты учёта в 2012 г.												
К	2±0,3	0	2±0,2	0	3±0,3	1	0	2±0,3	2±0,2	0	9	3
О _д	2±0,3	0	3±0,3	0	4±0,4	0	0	1±0,2	2±0,3	0	11	1
р	-	-	<0,05	-	>0,05	-	-	<0,05	-	-	-	-
Результаты учёта в 2014 г.												
К	2±0,4	0	3±0,4	0	3±0,5	0	0	2±0,3	2±0,3	0	10	2
О _з	2±0,3	1±0,2	2±0,3	0	4±0,6	1	0	2±0,4	1±0,2	1±0,3	9	5
р	-	-	>0,05	-	>0,05	-	-	-	<0,05	-	-	-
Среднее по годам												
К	2	0	3	0	4	1	0	2	2	0	11	3
О	2	1	3	0	4	1	0	1	2	0	11	3

Анализ данных табл. 18 дает основание констатировать следующее. 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 корневыми отпрысками.

Важным качественным показателем естественного возобновления древесных пород является возраст, поскольку по разным причинам с течением времени сохранность самосева и подроста заметно снижается. В табл. 19 представлены данные по распределению самосева и подроста древесных пород по возрасту.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что 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 действующих и особенно в затухающих очагах ситуация коренным образом изменяется. Так, если в 2012

Таблица 19

Распределение естественного возобновления в очагах усыхания по возрастным группам

Вид проб	Количество самосева и подроста, шт.											
	Сосна		Дуб		Клён		Берёза		Липа		Всего	
	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Результаты учёта 2010 г.												
К	2±0,3	3	1±0,2	2	2±0,3	3	2	5	0	2±0,3	7	15
О _в	3±0,2	4	1±0,3	1	2±0,3	2	2	6	1	1±0,3	9	14
p	<0,05	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	-		-	<0,05	-	-
Результаты учёта 2012 г.												
К	4±0,6	4	0	2	0	2±0,4	1	3±0,3	0	2±0,2	5	13
О _ф	8±0,6	3	2±0,3	0	1±0,2	2±0,3	0	4±0,3	0	2±0,3	11	11
p	<0,05	<0,05	-	-	-	-	-	<0,05	-	-	-	-
Результаты учёта 2014 г.												
К	6±0,5	5	1±0,3	1	1	2±0,3	0	3±0,5	0	2±0,5	8	13
О _п	14±0,6	2	1±0,2	2	0	2±0,3	2	3±0,4	0	2±0,3	17	11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
p	<0,05	<0,05	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Среднее по годам												
К	4	4	1	2	1	2	1	4	0	2	7	14
О	8	3	2	1	1	2	1	4	0	2	12	12

году (действующие 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. (затухающие очаги) такое сокращение достигло семикратной величины, т.е. наблюдалась массовая гибель самосева старше 2-х летнего возраста.

Полученные результаты дают основание сделать следующий вывод. В очагах усыхания и, особенно в окнах полога, может сформироваться определенное количество разновозрастного естественного возобновления различных древесных пород. В пересчёте на 1 га это будет выглядеть следующим образом: в 2010 г. – 4800 шт., в том числе сосны – 1400 шт.; в 2012 г. соответственно – 4600 и 2200 шт. и в 2014 г. – 6000 и 3200 шт. То есть вроде бы идёт увеличение количества соснового самосева и подроста по мере развития очагов усыхания. Но на самом деле всё выглядит гораздо сложнее. Дело в том, дальнейшая судьба естественного возобновления сосны непредсказуема. Самосев и подрост сосны в очагах усыхания хотя и разновозрастный, но в основном представлен растениями в возрасте до 2 лет. Что указывает на то, что часть молодого поколения сосны в очагах усыхания погибает в результате поражения корневой губкой и по другим причинам. К аналогичным выводам пришли в своих работах И.А. Алексеев (1974), О.Н. Гусева (2011) и Г.А. Волченкова (2017).

С точки зрения практического лесоводства значительный интерес представляет изучение процесса естественного возобновления основных лесобразующих древесных пород в различных лесорастительных условиях.

В табл. 20 представлены результаты учета породного состава самосева и подроста древесных пород на контрольных площадях и в очагах усыхания сосны от корневой губки в сосняках орляковом и бруснично-зеленомошниковом.

Таблица 20

Распределение самосева и подроста по породам

Вид проб	Количество самосева и подроста, шт.							
	Хвойные	Лиственные						Итого
	Сосна	Всего	Дуб	Клён	Береза	Осина	Липа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сосняк ОРЛ								
К	6±0.3	19	4±0.2	5±0.3	4±0.2	3±0.1	3±0.1	25
О _в	8±0.4	16	3±0.1	4±0.2	3±0.1	4±0.2	2±0.1	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Р	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
О _д	10±0.5	16	2±0.1	5±0.2	4±0.2	3±0.2	2±0.2	26
р	<0,05	-	<0,05	-	-	-	<0,05	-
О _з	14±0.4	15	2±0.2	3±0.1	5±0.2	3±0.1	2±0.1	29
р	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	-
О _т	12±0,6	14	2±0,2	4±0,3	4±0,3	2±0,2	2±0,1	26
р	<0,05	-	<0,05	>0,05	-	<0,05	<0,05	-
Ср _о	11	15	2	4	4	3	2	26
Сосняк БРЗМ								
К	25±0.4	39	9±0.3	10±0.3	9±0.2	7±0.2	4±0.1	64
О _д	26±0.3	43	8±0.2	11±0.4	11±0.4	8±0.3	5±0.2	69
р	>0,05	-	<0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
О _з	28±0.4	40	6±0.1	11±0.3	10±0.3	6±0.2	7±0.3	68
р	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	-
О _т	31±0.5	37	8±0.3	9±0.3	9±0.3	5±0.1	6±0.2	68

1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	<0,05	-	>0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	-
Cp _o	28	40	8	10	10	6	6	68

В обследованном сосняке орляковом в контрольном варианте естественное возобновление сосны составляет 24% от общего количества самосева и подроста. В возникающих очагах усыхания самосев и подрост хвойных пород, в данном случае сосны, составляет 33%. В действующих очагах молодое поколение сосны составляет 38%, в затухающих – уже 48% и в затухших – 46% от общего количества естественного лесовозобновления в данном типе леса.

В сосняке бруснично-зеленомошниковом в контрольном варианте молодое поколение сосны представлено 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% от общего количества естественного лесовозобновления.

Исходя из процентного соотношения древесных пород можно составить следующие формулы породного состава естественного возобновления леса на контрольных площадях и в очагах усыхания сосны (табл. 21).

В сосняке ОРЛ наблюдается постепенное количественное увеличение самосева и подроста сосны и уменьшение количества самосева и подроста клена в очагах усыхания. В сосняке БРЗМ породный состав самосева находится примерно на одном уровне во всех очагах усыхания. Во всех вариантах исследования очагов лиственный самосев и подрост преобладают над сосновым.

Формулы породного состава естественного возобновления леса

Тип леса	Вид пробных площадей	Формула состава
Сосняк ОРЛ	Контроль	2С2Д2Кл2Б1Ос1Л
	Возникающий очаг	3С1Д2Кл1Б2Ос1Л
	Действующий очаг	4С1Д2Кл1Б1Ос1Л
	Затухающий очаг	5С1Д1Кл1Б1Ос1Л
	Затухший очаг	5С1Д1Кл1Б1Ос1Л
	Среднее по очагам	4С1Д2Кл1Б1Ос1Л
Сосняк БРЗМ	Контроль	4С1Д2Кл1Б1Ос1Л
	Действующий очаг	4С1Д2Кл1Б1Ос1Л
	Затухающий очаг	4С1Д2Кл1Б1Ос1Л
	Затухший очаг	5С1Д1Кл1Б1Ос1Л
	Среднее по очагам	4С1Д2Кл1Б1Ос1Л

Разнообразный породный состав естественного возобновления в очагах корневой губки способствует формированию в будущем биорезистентных насаждений, повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды (Юр, 1984; Федорчук и др., 2014; Арефев и др., 2017; Arevjev, 1995). В таких биогруппах формируется естественный биоценоз, повышающий общее биоразнообразие и биологическую устойчивость лесных насаждений (Арефьев, 2013; Арефьев и др., 2017; Kowalski and all, 1978; Renvall, 1995; Renvall, 1995; Ramos and all, 2008). Разнообразие породного состава естественного возобновления способствует подавлению популяций патогенных организмов (Арефьев, 2013а, б; Стороженко, 2018; Greig, 1980; Pagonu 1980), а случайно возникающие микроочаги патогенов локальны и постепенно затухают, поскольку в них формируется инбридинг (Арефьев, 2013а, 2013б; Steilid and all, 1989; Platt and all, 1995). Кроме того, формирующийся естественный биоценоз благоприятствует микоризообразованию. Микоризные древесные растения более устойчивы к

болезням, недостатку воды и питательных веществ и, таким образом, в очагах усыхания формируются устойчивые биоценозы.

Увеличение количества естественного возобновления сосны в очагах усыхания по мере их развития от возникающих к затухшим в обоих типах леса связано, по-видимому, со следующими факторами. Во-первых, в очагах усыхания и на межочаговом пространстве имеется достаточное количество условно здоровых деревьев сосны, которые могут быть источником семян для естественного возобновления. Во-вторых, по мере распада древостоя в очаге усыхания снижается полнота, появляются окна полога и прогалины, в которых создаются более благоприятные условия для появления самосева сосны. Большое количество самосева сосны в сосняке БРЗМ связано, по-видимому, с меньшей конкуренцией всходов сосны с травянистой растительностью, проективное покрытие которой составляет здесь всего 40%, по сравнению с 70% в сосняке ОРЛ. Кроме того, обилие и разнообразие видов травянистых растений в обследованном сосняке БРЗМ беднее, чем в сосняке ОРЛ.

Среди лиственных древесных пород в сосняке орляковом наибольшим количеством представлено молодое поколение клёна остролистного и берёзы повислой. Они составляют соответственно в возникающих очагах 25 и 19%; в действующих – 31 и 25%; в затухающих – 20 и 33% в затухших – по 29%. На контрольных участках самосев и подрост клена составляет 26% и берёзы 21% от общего количества естественного возобновления лиственных пород.

В связи с тем, что дуб черешчатый представляет, наряду с сосной обыкновенной, наибольшую хозяйственную ценность в изучаемом регионе, по сравнению с другими лиственными породами, очень важно выявить его долю участия в процессах естественного лесовозобновления вообще и в очагах усыхания в частности. Это актуально и важно не только в плане общего лесовосстановления, но и с точки зрения появления лесных насаждений из древесных пород, устойчивых к поражению корневой губкой.

На рис. 15 представлена диаграмма распределения естественного возобновления основных лесообразующих древесных пород на контрольных площадях и в очагах усыхания разной степени развития в сосняке орляковом.

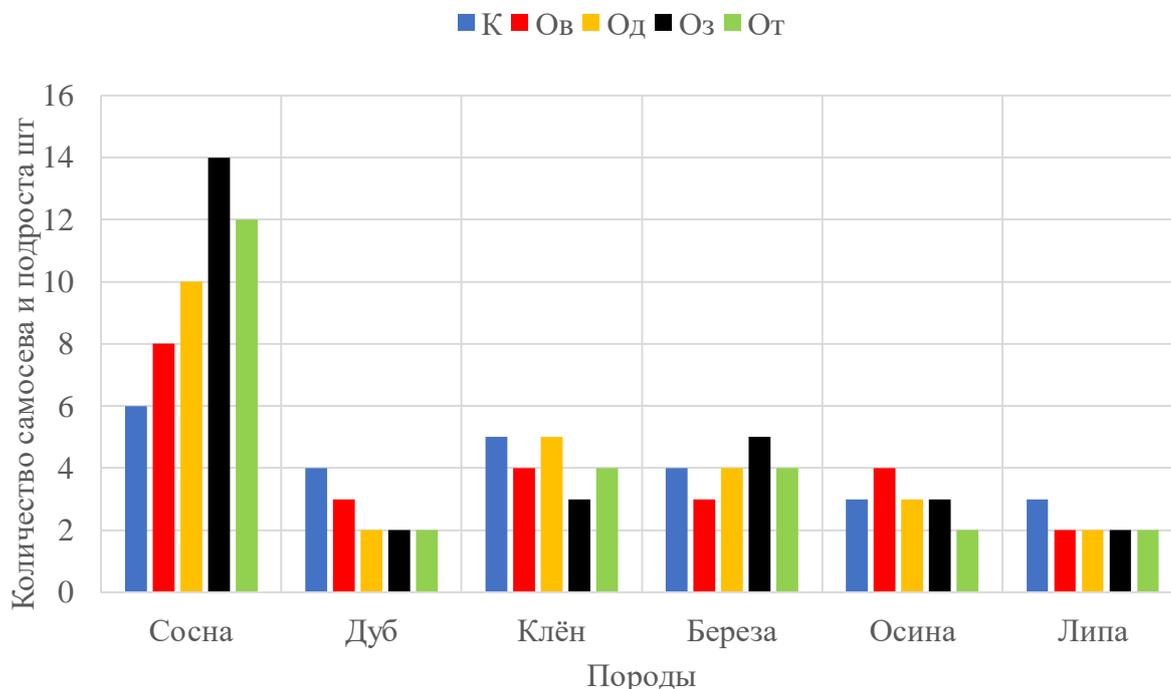


Рис. 15. Распределение естественного возобновления хвойных и лиственных пород в очагах усыхания разной степени развития в сосняке ОРЛ

В обследованном сосняке орляковом самосев и подрост дуба составил в контроле 21%, в возникающих очагах – 19%, в действующих – 12%, в затухающих – 13% и в затухших – 14% от общего количества естественного возобновления лиственных пород. Среди лиственных древесных пород количественно преобладает естественное возобновление клена остролистного и березы повислой. По убывающей за ними следуют осина и липа.

В сосняке бруснично-зеленомошниковом среди лиственных древесных пород наибольшим количеством представлено также молодое поколение клёна остролистного и берёзы повислой. Они составляют соответственно в действующих очагах по 26%, в затухающих – 28 и 25%; в затухших – по 29%;

на контрольных участках – 26 и 23% от общего количества самосева и подроста лиственных пород (рис.16).

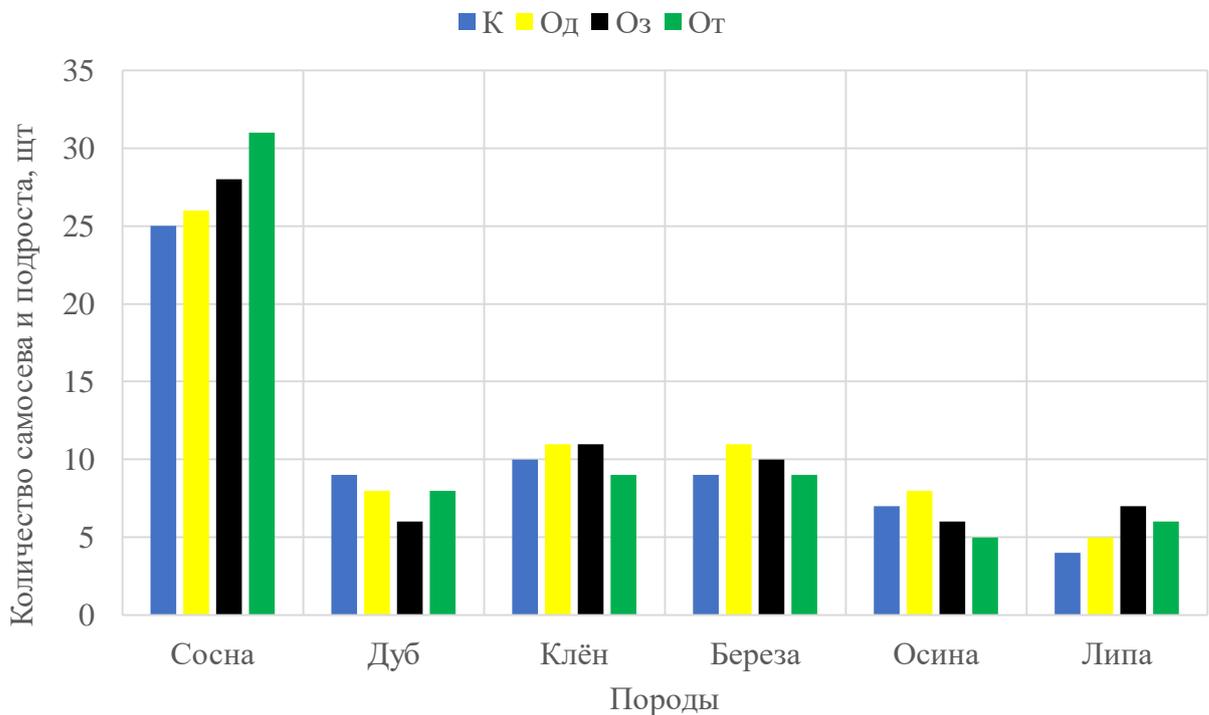


Рис. 16. Распределение естественного возобновления хвойных и лиственных пород в очагах усыхания разной степени развития в сосняке БРЗМ

В сосняке БРЗМ доля дубового самосева и подроста составляет: на контрольных площадках 23%, в действующих очагах – 19%, в затухающих – 15% и в затухших – 22% от общего количества молодого поколения лиственных пород. Несколько меньшим количеством представлено естественное возобновление осины и липы. Следовательно, характер распределения естественного возобновления основных лесобразующих пород в обоих типах сосняков примерно одинаков.

С позиций появления более жизнеспособных насаждений представляет интерес соотношение семенного и вегетативного возобновления лиственных пород в очагах усыхания сосны от корневой губки (табл. 22).

Соотношение семенного и вегетативного возобновления лиственных пород в
очагах усыхания

Вид проб	Количество самосева и подроста, шт.											
	Дуб		Клён		Берёза		Осина		Липа		Всего	
	С	В	С	В	С	В	С	В	С	В	С	В
Сосняк ОРЛ												
К	3±0.3	1	5±0.4	0	3±0.2	1	0	3±0.3	2±0.2	1	13	6
О _в	2±0.2	1	4±0.3	0	3±0.3	0	0	4±0.3	2±0.2	0	11	5
О _д	2±0.1	0	5±0.3	0	3±0.2	1	0	3±0.2	2±0.1	0	12	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
О _з	1±0.2	1	3±0.3	0	4±0.3	1	0	3±0.2	2±0.2	0	10	5
О _т	1±0,1	1	4±0,3	0	3±0,2	1	0	2±0,2	2±0,1	0	10	4
Сосняк БРЗМ												
К	9±0.4	0	10±0.3	0	8±0.2	1	0	7±0.3	3±0.2	1	30	9
О _д	8±0.2	0	11±0.4	0	10±0.4	1	0	8±0.3	4±0.2	1	33	10
О _з	6±0.1	0	11±0.5	0	9±0.3	1	0	6±0.2	5±0.1	2	31	9
О _т	8±0.3	0	9±0.3	0	7±0.3	2	0	5±0.2	4±0.2	2	28	9
Ср _о	8	0	10	0	9	1	0	6	4	2	31	9

Анализ полученных результатов показывают, что на контрольных площадях в сосняке ОРЛ семенное возобновление лиственных пород существенно превосходит по количеству вегетативное и в среднем составляет 68% от общего количества. В обследованных насаждениях клён остролиственный представлен самосевом и подростом только семенного происхождения, а осина только корневыми отпрысками.

В среднем по всем изученным очагам усыхания доля семенного возобновления составляет 69% от общего учтенного количества самосева и

подроста. Клён остролистый и липа мелколистная в очагах усыхания представлены возобновлением только семенного происхождения, а осина - корневыми отпрысками. Молодое поколение берёзы и дуба представлено в основном семенным поколением: берёза – 75%, дуб - 67%.

В сосняке БРЗМ в контрольном варианте семенное возобновление лиственных пород составляет в среднем 77% от общего количества и значительно превосходит вегетативное. Как и сосняке ОРЛ в изучаемых насаждениях дуб черешчатый и клён остролистный представлены самосевом и подростом только семенного происхождения, а осина только корневыми отпрысками.

По всем обследованным очагам усыхания доля семенного возобновления составляет в среднем 77% от учтенного количества самосева и подроста. Что касается соотношения семенного и вегетативного поколений в конкретных очагах усыхания, то оно выглядит следующим образом: в действующих и затухающих очагах семенное поколение составляет 77%, в затухших – 75%. Дуб и клён остролистый в очагах усыхания представлены только самосевом и подростом семенного происхождения, а осина корневыми отпрысками. Самосев и подрост берёзы и липы представлены в основном семенным поколением: берёза – 90%, липа – 67%.

Результаты исследования Н.П. Ахметьевой и др. (2018) по восстановлению растительности в ослабленных и погибших насаждениях, в частности на гарях, показали, что восстановление травяной и древесной растительности там происходило особенно интенсивно в первые 2-3 года после пожара.

Интересно было бы выяснить характер естественного возобновления в очагах усыхания сосны от корневой губки в привязке к его возрастной структуре. Это важно также с точки зрения перспектив развития и сохранения самосева и подроста в будущем (табл. 23).

Распределение самосева и подроста по возрасту

Вид проб	Количество самосева и подроста, шт.											
	Сосна		Дуб		Клён		Берёза		Липа		Всего	
	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2	< 2	> 2
Сосняк ОРЛ												
К	4±0,3	2	2±0,2	1	2±0,2	3	1±0,2	2	1±0,1	1	10	9
О _в	5±0,2	3	1±0,1	1	2±0,1	2	2±0,2	1	2±0,2	0	12	7
О _д	8±0,3	2	1±0,1	1	3±0,2	2	2±0,2	1	1±0,2	1	15	7
О _з	13±0,4	1	1±0,2	0	2±0,2	1	2±0,2	2	0	1	17	6
О _т	11±0,4	1	1±0,1	1	2±0,2	2	2±0,3	2	1±0,1	1	16	8
Ср _о	9	2	1	1	2	2	2	1	1	1	15	7
Сосняк БРЗМ												
К	14±0,4	11	6±0,2	3	6±0,3	4	5±0,3	3	2±0,1	1	33	22
О _д	18±0,5	8	4±0,2	4	7±0,3	4	6±0,4	4	2±0,2	2	37	22
О _з	23±0,5	5	3±0,1	3	6±0,2	5	4±0,2	5	3±0,2	2	36	20
О _т	27±0,6	4	4±0,2	4	5±0,2	4	4±0,3	3	2±0,2	2	42	17
Ср _о	23	5	4	4	6	4	5	4	2	2	39	20

Полученные результаты показывают, что на контрольных участках и в очагах усыхания в сосняке орляковом 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 затухшим. Например, если на контрольных площадях самосев до 2-х лет составляет 67% от общего количества, то в возникающих очагах этот показатель равен 63%, в действующих – 80%, в затухающих – 86% и в затухших – 82%.

В сосняке бруснично-зеленомошниковом на контрольных участках самосев сосны обеих возрастных групп распределяется примерно поровну: по 56% до двух лет и по 44% старше 2-х лет. В очагах усыхания самосев сосны в возрасте до 2-х лет по количеству преобладает над естественным возобновлением старше 2-х летнего возраста. Причем этот разрыв резко увеличивается в очагах усыхания по мере их развития от действующих к затухшим. Например, на контрольных площадях самосев до 2-х лет составляет 56% от общего количества самосева, в действующих очагах этот показатель равен 69%, в затухающих – 71% и в затухших – 87%.

В связи с тем, что наибольшую хозяйственную ценность для лесного хозяйства представляет молодое поколение сосны, была рассчитана корреляционная связь и степень ее достоверности между степенью развития очагов усыхания и количеством сохраненного самосева и подроста этой древесной породы (табл. 24).

Таблица 24

Расчет корреляции между степенью развития очагов усыхания и количеством самосева и подроста сосны разных возрастов

Возраст	X	Y	$\sum X^2_0$	$\sum Y^2_0$	$\sum X_0 Y_0$	r	m_r	t
Сосняк ОРЛ								
<2	2,5	9	5	37	+11,5	+0,85	0,14	6,1
>2	2,5	2	5	3	-3,5	-0,90	0,05	18,0
Сосняк БРЗМ								
<2	2	23	2	41	+9	+0,98	0,02	49,0
>2	2	5	2	10	-4	-0,89	0,12	7,4

Полученные результаты дают основание констатировать следующее. Как в сосняке ОРЛ, так и в сосняке БРЗМ между степенью развития очагов и количеством естественного возобновления сосны в возрасте до двух лет наблюдается сильная и достоверная положительная корреляционная связь.

То есть по мере развития очагов усыхания от возникающих к затухшим в них увеличивается количество соснового самосева и подроста, причем в основном за счет самосева текущего года.

Количество молодого поколения сосны в возрасте старше двух лет резко сокращается по мере развития очагов усыхания от возникающих к затухшим. Выявлена значительная и достоверная отрицательная корреляция между степенью развития очагов и количеством естественного возобновления сосны в обоих обследованных типах леса.

Следовательно, можно констатировать, что при наличии плодоносящих деревьев и благоприятных условий в очагах усыхания появляется довольно приличное количество соснового самосева и подроста, но сохранность его в будущем находится под большим вопросом. Это связано с тем, что некоторая часть самосева погибает из-за конкуренции с другими древесно-кустарниковыми породами и травянистой растительностью, а значительная его часть прекращает свой рост и развитие из-за высокого инфекционного фона в очагах усыхания. На это указывает значительное снижение количества самосева сосны на следующий год после его появления.

В связи с тем, что породный состав изменяется с возрастом самосева, представляет определенный интерес сравнение этих изменений в формулах состава естественного возобновления (табл. 25).

Таблица 25

Формулы породного состава естественного возобновления леса

Тип сосняка	Вид проб	Формула состава самосева	
		<2 лет	>2 лет
1	2	3	4
ОРЛ	К	4С2Д2Кл1Б1Л	2С1Д4Кл2Б1Л
	О _в	4С1Д2Кл2Б1Л	4С1Д3Кл2Б
	О _д	5С1Д2Кл1Б1Л	3С1Д3Кл2Б1Л

1	2	3	4
ОРЛ	О _з	7С1Д1Кл1Б	2С2Кл4Б2Л
	О _т	6С1Д1Кл1Б1Л	1С1Д3Кл3Б2Л
	Ср _о	6С1Д1Кл1Б1Л	3С1Д3Кл2Б1Л
БРЗМ	К	4С2Д2Кл1Б1Л	5С1Д2Кл1Б1Л
	О _в	-	-
	О _д	5С1Д2Кл1Б1Л	3С2Д2Кл2Б1Л
	О _з	6С1Д1Кл1Б1Л	3С2Д2Кл2Б1Л
	О _т	6С1Д1Кл1Б1Л	2С2Д2Кл2Б1Л
	Ср _о	6С1Д1Кл1Б1Л	3С2Д2Кл2Б1Л

В сосняке ОРЛ на контрольных площадях количество самосева сосны и дуба старше 2-х лет сократилось в 2 раза по сравнению с их количеством в возрасте до 2-х лет. В сосняке БРЗМ на контрольных площадях количество самосева сосны в возрасте старше 2-х лет увеличилось на 25%, а дуба уменьшилось в 2 раза по сравнению с самосевом в возрасте до 2-х лет. Анализ формул породного состава самосева в очагах усыхания обоих типов леса подтверждает выводы, сделанные выше по корреляционной связи между степенью развития очагов и количеством самосева сосны.

Анализируя полученные результаты можно обратить внимание на следующее: в сосняке бруснично-зеленомошниковом учтённое количество самосева и подроста всех древесных пород (хвойных и лиственных) превосходит в 2 с лишним раза молодое поколение в сосняке орляковом, хотя типы условий местопроизрастания (В₂) одинаковые, но тип почвы разный: в сосняке БРЗМ скрытоподзолистая, супесчаная, а в сосняке ОРЛ – серая лесная, легко суглинистая. По-видимому, это связано со следующими обстоятельствами. В сосняке орляковом почвенно-грунтовые условия более благоприятны для успешного развития живого напочвенного покрова. Он представлен травяно-кустарничковым ярусом, более многочисленный и

разнообразный по составу (проективное покрытие 70%), по сравнению с сосняком БРЗМ (проективное покрытие 40%). Кроме того, в сосняке орляковом более многочисленный и плотный кустарниковый подлесок (в основном за счет лещины обыкновенной), по сравнению с подлеском в сосняке бруснично-зеленомошниковом, где он сильно разрежен.

Следовательно, в сосняке БРЗМ самосев и подрост основных лесообразующих древесных пород испытывает меньшее конкурирующее влияние со стороны травяно-кустарничкового яруса и подлеска. К тому же, малое проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса и разреженность подлеска в сосняке БРЗМ создают более благоприятные экологические условия для появления и роста самосева древесных пород.

Как отмечалось выше по мере дифференциации деревьев по категориям санитарного состояния и деградации древостоя в очагах усыхания изменяются микроклиматические условия лесного фитоценоза, нарушается режим влажности, световой и тепловой режимы. Все это в комплексе сильно влияет на процессы естественного возобновления леса, которые в очагах усыхания, не в последнюю очередь, будут зависеть от количества оставшихся внешне здоровых деревьев, выполняющих роль семенников.

Изучена корреляционная связь и ее достоверность между количеством внешне здоровых деревьев сосны и количеством естественного возобновления сосны в различных очагах усыхания (табл.26).

Таблица 26

Расчет корреляционной связи между количеством внешне здоровых деревьев и количеством самосева и подроста сосны в очагах усыхания

Возраст	X	Y	$\sum X^2_0$	$\sum Y^2_0$	$\sum X_0 Y_0$	r	m_r	t
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сосняк ОРЛ								
<2	11	9	153	37	-67	-0,89	0,1	8,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
>2	11	2	153	3	+20	+0,93	0,07	13,3
Сосняк БРЗМ								
<2	10	23	25	41	-31	-0,97	0,04	24,2
>2	10	5	25	10	+13	+0,82	0,16	5,1

Результаты расчетов показывают, что между количеством внешне здоровых деревьев и количеством естественного возобновления сосны в возрасте до 2-х лет как в сосняке орляковом, так и в сосняке бруснично-зеленомошниковом 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 сделать вывод о том, 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 сосняке БРЗМ. Увеличение количества самосева по мере уменьшения числа семенников объясняется общим снижением количества деревьев в очагах по мере их развития.

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 сосняке ОРЛ и $+ 0,82$ в сосняке 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 достоверно снижается.

В 2017 и 2018 гг. Кузоватовском семенном лесничестве был проведен повторный учет естественного возобновления леса. Исследования проводились на тех же пробных объектах, что и в 2010-2014 гг. в 11 квартале, выделе 21 площадью 10,5 га, тип леса – сосняк БРЗМ. Поскольку к этому времени возникающих очагов не было обнаружено, обследованию подверглись действующие, затухающие и затухшие очаги.

В табл. 27 представлены результаты изучения распределения естественного возобновления леса по породному составу. Анализ результатов указывает на то, что при учете естественного лесовозобновления в 2017 г. в контроле самосев сосны составил 5,8%, в действующих очагах усыхания – 5,6% от общего количества самосева на исследуемых объектах (рис. 17). В затухающих очагах молодое поколение сосны составляет 6,5%, а в затухших – 7,3% от общего количества самосева.

Таблица 27

Распределение самосева и подроста по породам

Вид проб	Количество самосева, шт.							
	хвойные	лиственные						Итого
	сосна	всего	дуб	клён	берёза	осина	липа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Формула состава 2017 г.:1С1Д2Кл5Б1Л+Ос								
К	24±0.5	393	34±1.2	95±1.6	204±1.7	17±0.8	43±1.1	417
Формула состава 2018 г.: 1С1Д3Кл4Б1Л+Ос								
К	26±0,4	311	28±0,9	92±1,4	144±1,8	12±0,5	35±0,8	337
Формула состава 2017 г.:1С1Д2Кл5Б1Л+Ос								
О _д	23±0.6	389	38±1.1	94±1.4	208±1.8	14±0.9	35±0.9	412
Формула состава 2018 г.:1Д3Кл5Б1Л+С и Ос								
О _д	14±0,4	370	34±1,3	98±1,6	196±1,4	11±0,5	31±0,7	384
Формула состава 2017 г.:1С1Д2Кл5Б1Л+Ос								
О _з	27±0.5	391	35±1.1	97±1.2	224±1.9	12±0.7	23±0.7	418

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Формула состава 2018 г.:1Д3Кл5Б1Л+С и Ос								
О _з	16±0,3	376	26±0,8	101±1,1	218±1,4	6±0,4	25±0,8	392
Формула состава 2017 г.:1С1Д2Кл6Б+Ос и Л								
О _т	31±0.6	396	31±1.2	103±1.5	231±1.4	15±0.8	16±0.8	427
Формула состава 2018 г.:1С1Д3Кл5Б+Ос и Л								
О _т	22±0,5	343	23±0,8	97±1,1	196±1,2	8±0,4	19±0,7	365
Формула состава 2017 г.:1С1Д2Кл5Б1Л+Ос								
Ср _о	27	392	35	98	221	13	25	419
Формула состава 2018 г.:1Д3Кл5Б1Л+С и Ос								
Ср _о	17	363	28	99	203	8	25	380

Среди лиственных древесных пород наибольшим количеством в 2017 г. представлено естественное возобновление клена остролистного и берёзы повислой: соответственно на контрольных участках – 22,8 и 48,9%; в действующих очагах 22,8 и 50,4%; в затухающих – 23,2 и 53,9%; в затухших – 24,1 и 54,1%; от общего количества самосева всех древесных пород.

Так как дуб черешчатый, наряду с сосной обыкновенной, имеет наибольшую хозяйственную ценность по сравнению с другими лиственными древесными породами, очень важно выявить долю его участия в процессах естественного возобновления вообще и в очагах усыхания в частности. Это важно не только с точки зрения общего лесовосстановления, но и перспектив появления насаждений из древесных пород, устойчивых к корневой губке. В изученных в 2017 г. насаждениях самосев дуба (рис. 18) составил в контроле 8,1%, в действующих очагах 9,2%; в затухающих – 8,3%, в затухших – 7,2%, от общего количества молодого поколения всех древесных пород.



Рис. 17. Самосев сосны обыкновенной

При учете естественного лесовозобновления в 2018 г. в контрольном варианте самосев сосны составил 7,7%, в действующих очагах усыхания - 3,6%, в затухающих - 4,1% и в затухших - 6,0% от общего количества естественного возобновления леса.

При учете лесовозобновления в 2018 г. наибольшим количеством среди лиственных пород представлено молодое поколение берёзы повислой и клёна остролистного. Оно составляет соответственно на контрольных участках - 42,7 и 27,3% в действующих очагах 51,0 и 25,5%; в затухающих - 55,6 и 25,8%; в затухших - 53,7 и 26,6%; от общего количества самосева лиственных пород. В обследованных насаждениях самосев 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 молодого поколения лиственных пород. В 2018 г. формула состава естественного возобновления на контрольных площадях по сравнению с 2017 г. почти не изменилась. Если же посмотреть средние формулы состава молодого

поколения леса по очагам усыхания, то видно, что в среднем количество самосева сосны в 2018 г. заметно снизилось по сравнению с 2017 г.



Рис. 18. Самосев дуба черешчатого

Обращает на себя внимание то, что по сравнению с учетами естественного лесовозобновления в этом квартале в предыдущие годы (2010-2014) в 2017 и 2018 гг. резко увеличилось количество как хвойного, так и лиственного самосева. Например, если в среднем за три года в контроле было учтено 8 шт. самосева сосны, в очагах 11 шт., то в 2017 г. эти показатели выросли до 24 и 27 шт., а в 2018 г. – до 26 и 17 шт. соответственно, т.е. увеличились в 3 раза в контроле и более чем в 2 раза в очагах усыхания в 2017 г., а в 2018 г. - в 3 и 1,5 раза соответственно.

По лиственным породам картина еще более впечатляющая. В среднем за 2010-2014 гг. на контрольных площадях было учтено 22 шт., в очагах 25 шт. самосева лиственных пород. При учете 2017 г. эти показатели

увеличились до 393 и 392 шт., т.е. в 18 раз в контроле и в 16 раз в очагах усыхания. В 2018 г. количество молодого поколения лиственных пород достигло в контроле 311 шт., в очагах усыхания 363 шт., т.е. увеличение в 14 и 15 раз соответственно.

С чем связано резкое количественное увеличение естественного возобновления в 2017 и 2018 гг.? По нашему мнению, причин здесь несколько. Во-первых, ранней 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 прорастанию семян лесных пород. 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).

Изучено соотношение семенного и вегетативного возобновления лиственных пород в очагах корневой губки. Результаты учета представлены в табл. 28.

Таблица 28

Результаты учета семенного и вегетативного возобновления леса в очагах корневой губки

Вид проб	Количество самосева и подроста, шт.									
	Дуб		Клён	Берёза		Осина	Липа		Всего	
	С	В	С	С	В	В	С	В	С	В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Учет 2017 г.										
К	32±1.3	2	95±1.8	199±2.2	5	17±1.3	34±1.5	9	360	33
О _д	35±1.2	3	94±1.6	202±2.1	6	14±1.1	29±1.3	6	360	29
О _з	34±1.1	1	97±1.9	219±2.2	5	12±1.2	19±1.1	4	369	22
О _т	29±0.9	2	103±2.1	225±2.3	6	15±1.2	14±0.8	2	371	25

Окончание табл. 28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ср _о	33	2	98	215	6	13	21	4	367	25
Учет 2018 г.										
К	24±0,9	4	92±1,4	138±1,8	6	12±0,5	32±1,1	3	286	25
О _д	31±1,2	3	98±1,6	191±1,7	5	11±0,5	28±0,9	3	348	22
О _з	21±1,1	5	101±1,1	211±1,6	7	6±0,4	21±0,8	4	354	22
О _т	20±0,7	3	97±1,1	191±2,0	5	8,0±0,4	17±0,8	2	325	18
Ср _о	24	4	99	197	6	8	22	3	342	21

Данные табл. 28 показывают, что при обследовании в 2017 и 2018 гг. на контрольных площадках и в очагах усыхания семенное возобновление лиственных пород значительно превосходит по количеству вегетативное и составляет в среднем 92 и 94% соответственно. Береза повислая и дубчерешчатый представлены, в основном, семенным поколением, клён остролистый представлен самосевом и подростом только семенного происхождения, а осина только корневыми отпрысками. Это согласуется с результатами исследований, проведенными в период 2010-2015 гг. и представленными выше в табл. 18 и 22. Изучен характер распределения естественного возобновления по возрастным группам (табл. 29).

Таблица 29

Распределение семенного самосева по возрастным группам

Вид проб	Количество самосева по годам, шт.									
	Сосна		Дуб		Клён		Берёза		Липа	
	◀2	▶2	◀2	▶2	◀2	▶2	◀2	▶2	◀2	▶2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Учет 2017 г.										
К	17±0.8	7	21±1.2	11	72±1.6	23	103±1.7	96	18±0.8	16
О _д	18±1.1	5	18±1.1	17	52±1.3	42	112±1.5	90	16±0.6	13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
O _з	23±1.3	4	19±1.1	15	63±1.1	34	122±1.2	97	11±0.4	8
O _т	29±1.2	2	14±0.7	15	65±1.4	38	164±1.8	61	6±0.4	8
Ср _о	23	4	17	16	60	38	133	82	11	10
Учет 2018 г.										
К	15±0,8	11	14±0,9	14	51±1,2	41	87±1,1	57	13±0,6	22
O _д	9±0,7	5	20±1,0	14	51±1,4	47	101±1,8	95	17±0,5	14
O _з	13±0,9	3	13±0,8	13	45±1,1	56	117±1,9	101	13±0,6	12
O _т	20±1,0	2	12±0,7	11	51±1,4	46	103±1,8	93	8±0,4	11
Ср _о	14	3	15	13	49	50	107	96	13	12

Полученные результаты показывают следующее. Общее количество самосева 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 до 2 лет. Например, в контроле это сокращение составило 22%, а в очагах усыхания в среднем – 19%. В возрасте старше двух лет сокращение количества самосева составило в контроле 5%, а в очагах усыхания отмечено увеличение количества самосева в среднем на – 16%.

Что касается естественного возобновления сосны, то оно в возрасте до 2-х лет в 2017 и 2018 г. по количеству преобладает над молодым поколением старше 2-х летнего возраста. Причем этот разрыв резко увеличивается в очагах усыхания по мере их развития от действующих к затухшим. Например, в действующих очагах этот показатель равен 78%, в затухающих – 85%, в затухших – 94%. Несмотря на то, что в 2017 г. самосева сосны в возрасте до 2-х лет было почти на 40% больше, чем в 2018 г. в возрастной группе старше 2-х лет в обоих случаях его сохранилось очень мало в 2017 г. 17%, в 2018 г. – 21%.

Как и ранее полученные результаты исследований (Чураков и др., 2015, 2016, 2017, 2018, 2019) говорят о том, что даже при наличии плодоносящих деревьев, при благоприятных условиях и при появлении в очагах усыхания приличного количества самосева сосны, сохранность его в дальнейшем находится под большим вопросом. Такое положение, по нашему мнению, связано с несколькими причинами. Во-первых, некоторая часть самосева сосны погибает, не выдерживая жесткой конкуренции с другими древесными породами и травянистой растительностью. Во-вторых, значительная его часть гибнет из-за высокого инфекционного фона в очагах усыхания.

Определена корреляционная связь между степенью развития очагов усыхания и количеством самосева сосны и дуба разных возрастных групп (табл. 30).

Таблица 30

Расчет корреляции между степенью развития очагов усыхания и количеством самосева и подроста сосны и дуба разных возрастов

Возраст	X	Y	$\sum X^2_0$	$\sum Y^2_0$	$\sum X_0 Y_0$	r	m_r	t
Сосна. Учет 2017 г.								
⟨2	3	23	2	61	+11	+0,99	0,01	99,0
⟩2	3	4	2	5	-3	-0,94	0,05	18,8
Дуб. Учет 2017 г.								
⟨2	3	17	2	14	-4	-0,76	0,25	3,1
⟩2	3	16	2	6	-3	-0,86	0,15	5,7
Сосна. Учет 2018 г.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
⟨2	3	14	2	62	+11	+0,98	0,03	32,7
⟩2	3	3	2	5	-3	-0,94	0,05	18,8
Дуб. Учет 2018 г.								
⟨2	3	15	2	38	-8	-0,92	0,06	15,3
⟩2	3	13	2	5	-3	-0,94	0,06	18,8

Результаты проведенного расчета показывают, что между степенью развития очагов и количеством самосева сосны в возрасте до двух лет 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 старше двух лет картина меняется на обратную: по мере распада насаждений количество самосева и подроста 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 естественного возобновления лиственных пород 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, повышает продуктивность и устойчивость таких насаждений (Глуцкий, 1959; Гринченко, 1972; Гловацкая, 2017; Горнов и др., 2018). На зарастание очагов усыхания древесно-кустарниковой и разнообразной травянистой растительностью указывает другие исследователи (Негруцкий, 1986; Василюскас, 1989; Полещук, 1991; Павлов, 2006; Гусева, 2011; Волченкова, 2017). Как отмечают Ю.Ф. Арефьев и М.М. Мамедов (2017), проблема контроля патогенеза в развивающихся лесных фитоценозах решается путем формирования смешанных насаждений, устойчивых к внешним и внутренним изменениям.

Тип зарастания очагов усыхания может по-разному влиять на активность патологического процесса. По данным О.Н. Гусевой (2011)

вейниковый и зеленомошниковый типы зарастания поддерживают патологический процесс. И.С. Мелехов (1980), И.С. Мелехов и др. (1980) указывают на то, что вейниковый покров препятствует формированию лесной среды и вызывает иссушение поверхностных слоев почвы, в результате чего корневая система сосны ослабляется и быстро поражается корневой губкой, а появляющийся самосев древесных пород, прежде всего хвойных, погибает. Поскольку для Ульяновской области характерен дефицит почвенной влаги в летний период, то вполне понятно, что вейниковый тип зарастания будет оказывать негативное влияние на процессы затухания очагов усыхания. Заращение очагов усыхания лиственными древесно-кустарниковыми породами и разнотравьем приводит к постепенному затуханию очагов корневой губки.

Сосновые леса Ульяновской области представлены, в основном, условно-одновозрастными насаждениями естественного или искусственного происхождения с различными лесотипологическими и лесотаксационными характеристиками. А еще А.Ф. Рудзкий (1881) отмечал, что в большей степени сопротивляется разрушительным воздействиям разновозрастный лес. А.А. Рожков (2003) также определяет одним из критериев устойчивости лесов возраст древостоя.

Как правило, условно-одновозрастные леса не имеют достаточного количества естественного возобновления для формирования разновозрастных насаждений. В.Г. Стороженко (2018) относит их к неустойчивым формациям и при естественном ходе развития они обречены на распад и смену пород. Такие сосняки часто имеют плотный подлесок из лещины, рябины, клена остролистного, липы и кустарников, который препятствует появлению следующего поколения леса. Кроме того, неустойчивые сосняки поражаются различными возбудителями болезней в т.ч. дереворазрушающими грибами, которые определены эволюцией как механизм корректировки неустойчивых структур лесных сообществ в структуры, более отвечающие критериям устойчивости. Следовательно,

единственным надежным способом получения устойчивых лесов необходимо считать соблюдение законов эволюционного развития лесных сообществ (Стороженко, 2007).

Выводы по разделу 4.3

1. На всех обследованных контрольных площадях и в очагах усыхания естественное возобновление лиственных древесных пород преобладает над хвойным лесовозобновлением.

2. Из лиственных древесных пород наибольшим количеством представлены самосев и подрост берёзы повислой и клёна остролистного.

3. Самосев и подрост дуба черешчатого, берёзы повислой и липы мелколистной представлены, в основном, семенным поколением, клёна остролистного – только семенным, а осины – только вегетативным.

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

5. Самосев и подрост дуба черешчатого и липы мелколистной распределяются примерно равномерно по обеим возрастным группам, как в контроле, так и в очагах усыхания.

6. Количество самосева и подростка берёзы повислой и клёна остролистного в возрасте до двух лет в среднем в 1.5 раза превышает количество самосева и подростка более старшего возраста.

7. По мере усиления распада древостоя в очагах усыхания наблюдается некоторое увеличение количества молодого поколения сосны обыкновенной в возрасте до двух лет и существенное снижение представительства самосева и подростка старше двухлетнего возраста.

8. Достоверно невозможно утверждать, что весь самосев и подрост сосны обыкновенной окажется в будущем благонадёжным, поскольку часть его погибает по различным причинам. Это особенно чётко подтверждается

резким снижением количества соснового подроста в возрастной группе старше двух лет.

9. Появление разновозрастного естественного возобновления разных пород в очагах усыхания и количественное преобладание самосева и подроста лиственных пород дает основание утверждать, что в очагах усыхания идет успешное восстановление лесных фитоценозов, которые послужит основой для успешной реабилитации патологически нарушенных лесных экосистем.

Общие выводы

1. Эколого-лесоводственные факторы (тип леса, полнота, бонитет, возраст, степень развития очагов усыхания) оказывают заметное влияние на характер распространения очагов корневой губки – с улучшением лесорастительных условий, с повышением полноты и бонитета древостоев, с ухудшением их санитарного состояния площади очагов корневой губки и очагов усыхания увеличиваются, а с повышением возраста древостоев, наоборот, падают.

2. При постепенном развитии очагов усыхания от возникающих к затухшим происходит существенное снижение жизнеспособности и продуктивности сосновых древостоев, что проявляется в резком увеличении количества сильно ослабленных, усыхающих и засохших деревьев, в уменьшении древесной продукции и увеличении патологического отпада.

3. Процесс дифференциации деревьев способствует созданию в очагах усыхания сосны благоприятных экологических условий для естественного возобновления древесных пород, прежде всего лиственных пород, устойчивых к корневой губке.

4. На успешность естественного возобновления сосны в очагах усыхания очень сильное отрицательное влияние оказывает патологический

фактор. Несмотря на вполне удовлетворительное состояние самосева сосны в возрасте до 2 лет, в последующие годы количество его резко снижается.

5. Таким образом, при наличии достаточного количества семян и появлении в очагах усыхания самосева сосны обыкновенной, невозможно гарантировать его жизнеспособность в будущем, поскольку часть его погибает по различным причинам. Что касается листовного естественного возобновления, то оно идет довольно успешно и можно надеяться на его сохранность и коренную смену породного состава насаждений в очагах усыхания, что будет способствовать восстановлению и повышению устойчивости лесного фитоценоза в патологически нарушенных лесных экосистемах.

6. Появление смешанных насаждений может служить одним из важнейших факторов регуляции патогенеза в очагах усыхания сосновых насаждений, пораженных корневой губкой. В таких насаждениях подавляются популяции важнейших патогенных грибов.

Практические рекомендации

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

Перечень обозначений и сокращений

К – контрольная площадь.

О – очаг усыхания сосны от корневой губки

О_в – возникающий очаг усыхания.

О_д – действующий очаг усыхания

О_з – затухающий очаг усыхания

О_т – затухший очаг усыхания

Ср_о – среднее по очагам.

С – семенное возобновление леса.

В – вегетативное возобновление леса.

р – достоверность различий между сравниваемыми средними показателями.

м³ – кубические метры.

С_{вз} – средневзвешенная единица измерений.

ОРЛ – сосняк орляковый.

СНЯС – сосняк снытьево-ясменниковый.

КРТ – сосняк крупнотравный.

МТР – сосняк мелкотравный.

ЗЛРК – сосняк злаково-раkitниковый.

Ч – сосняк черничный.

БРЗМ – сосняк бруснично-зеленомошниковый.

Л – сосняк лишайниковый.

В₂ – суборь свежая.

Приложения

Приложение 1

Расчет дисперсионного анализа распределения площадь очагов усыхания сосны от корневой губки по типам леса в зависимости от полноты древостоя

Полнота древостоя	Площадь очагов усыхания по типам леса, га							
	ОРЛ	СНЯС	КРТ	МТР	ЗЛРК	Ч	БРЗМ	Л
0,4	11	9	8	7	6	4	3	1
0,5	19	16	12	11	8	6	4	2
0,6	46	21	35	24	11	10	8	2
0,7	61	57	39	32	27	22	21	3
0,8	67	55	43	38	35	20	22	4

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Средне е</i>	<i>Дисперсия</i>
0,4	8	49	6,1	10,9
0,5	8	78	9,7	34,5
0,6	8	157	19,6	223,6
0,7	8	262	32,7	371,1
0,8	8	284	35,5	407,1
V1 ОРЛ	5	204	40,8	621,2
V2 СНЯС	5	158	31,6	514,8
V3 КРТ	5	137	27,4	262,3
V4 МТР	5	112	22,4	176,3
V5 ЗЛРК	5	87	17,4	165,3
V6 Ч	5	62	12,4	66,8
V7 БРЗМ	5	58	11,6	85,3
V8 Л	5	12	2,4	1,3

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F крит</i>
Строки	5581,75	4	1395,4	19,62	8,56E-08	2,7
Столбцы	5340,3	7	762,9	10,7	1,69E-06	2,3
Погрешность	1991,45	28	71,1			
Итого	12913,5	39				

Расчет дисперсионного анализа распределения площадь очагов усыхания сосны от корневой губки по типам леса в зависимости от класса бонитета

Класс бонитета	Площадь очагов усыхания по типам леса, га							
	ОРЛ	СНЯС	КРТ	МТР	ЗЛРК	Ч	БРЗМ	Л
I	68	48	42	34	28	19	18	4
II	57	57	38	36	31	20	16	3
III	49	32	37	28	16	14	14	2
IV	21	16	14	9	8	6	7	2
V	9	5	6	5	4	3	3	1

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
I	8	261	32,625	402,5
II	8	258	32,25	363,3
III	8	192	24	231,7
IV	8	83	10,375	37,9
V	8	36	4,5	5,71
V1 ОРЛ	5	204	40,8	618,2
V2 СНЯС	5	158	31,6	466,3
V3 КРТ	5	137	27,4	263,8
V4 МТР	5	112	22,4	208,3
V5 ЗЛРК	5	87	17,4	141,8
V6 Ч	5	62	12,4	58,3
V7 БРЗМ	5	58	11,6	40,3
V8 Л	5	12	2,4	1,3

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F крит</i>
Строки	5244,25	4	1311,1	18,8	1,29E-07	2,7
Столбцы	5340,3	7	762,9	10,9	1,38E-06	2,3
Погрешность	1948,95	28	69,6			
Итого	12533,5	39				

Расчет дисперсионного анализа распределения площадь очагов усыхания сосны от корневой губки по типам леса в зависимости от возраста древостоя

Возраст древостоя	Площадь очагов усыхания по типам леса, га							
	ОРЛ	СНЯС	КРТ	МТР	ЗЛРК	Ч	БРЗМ	Л
I	52	40	37	30	22	17	15	3
II	50	40	33	27	28	19	16	3
III	73	55	49	38	21	15	14	2
IV	20	18	14	15	13	9	11	2
V	9	5	4	2	3	2	2	2

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
I	8	216	27	249,7
II	8	216	27	213,7
III	8	267	33,3	593,4
IV	8	102	12,7	31,3
V	8	29	3,6	5,9
V1 ОРЛ	5	204	40,8	672,7
V2 СНЯС	5	158	31,6	395,3
V3 КРТ	5	137	27,4	329,3
V4 МТР	5	112	22,4	198,3
V5 ЗЛРК	5	87	17,4	93,3
V6 Ч	5	62	12,4	47,8
V7 БРЗМ	5	58	11,6	32,3
V8 Л	5	12	2,4	0,3

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F крит</i>
Строки	4758,2	4	1189,5	14,3	1,71E-06	2,7
Столбцы	5340,3	7	762,9	9,2	7,02E-06	2,3
Погрешность	2318,95	28	82,81964			
Итого	12417,5	39				

Расчет дисперсионного анализа распределения площади очагов
усыхания сосны по степени их развития в зависимости от типа леса

Тип сосняков	Площадь очагов усыхания, га					
	O _в	O _ф	O _д	O _з	O _т	Всего
ОРЛ	2	21	58	69	54	204
СНЯС	2	20	46	49	41	158
КРТ	1	19	30	49	38	137
МТР	1	16	31	31	33	112
ЗЛРК	1	13	26	29	18	87
Ч	0	12	17	18	15	62
БРЗМ	0	8	18	22	10	58
Л	0	1	3	6	2	12
Итого	7	110	229	273	211	830

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
ОРЛ	5	204	40,8	790,7
СНЯС	5	158	31,6	402,3
КРТ	5	137	27,4	338,3
МТР	5	112	22,4	189,8
ЗЛРК	5	87	17,4	124,3
Ч	5	62	12,4	53,3
БРЗМ	5	58	11,6	74,8
Л	5	12	2,4	5,3
O _в	8	7	0,8	0,7
O _ф	8	110	13,7	46,2
O _д	8	229	28,6	297,7
O _з	8	273	34,1	413,2
O _т	8	211	26,3	316,8

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F крит</i>
Строки	5340,3	7	762,9	9,7	4,02E-06	2,3
Столбцы	5732,5	4	1433,1	18,3	1,64E-07	2,7
Погреш- ность	2182,7	28	77,9			
Итого	13255,5	39				

Расчет дисперсионного анализа распределения количества деревьев в очагах усыхания в сосняке ОРЛ в зависимости от типа очага

Очаги	Количество деревьев в очагах усыхания, шт.					
	I	II	III	IV	V	VI
O _B	21	28	12	9	4	2
O _д	10	17	14	12	5	3
O _з	7	10	12	8	8	7
O _т	5	9	9	8	9	9

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
O _B	6	76	12,6	101,4
O _д	6	61	10,1	28,57
O _з	6	52	8,6	3,87
O _т	6	49	8,1	2,57
I	4	43	10,7	50,9
II	4	64	16	76,6
III	4	47	11,7	4,2
IV	4	37	9,2	3,5
V	4	26	6,5	5,6
VI	4	21	5,2	10,9

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F крит</i>
Строки	73,5	3	24,5	0,96	0,4	3,2
Столбцы	299,833	5	59,9	2,35	0,1	2,9
Погрешность	382,5	15	25,5			
Итого	755,833	23				

Расчет дисперсионного анализа распределения количества деревьев в очагах
усыхания в сосняке БРЗМ в зависимости от типа очага

Фактор А Очаги	Фактор В. Количество деревьев в очагах усыхания, шт.					
	I	II	III	IV	V	VI
О _д	13	18	14	12	5	3
О _з	10	12	13	9	8	7
О _т	6	8	10	8	10	9

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Од	6	65	10,8	32,6
Оз	6	59	9,8	5,4
От	6	51	8,5	2,3
I	3	29	9,7	12,3
II	3	38	12,7	25,3
III	3	37	12,3	4,3
IV	3	29	9,7	4,3
V	3	23	7,7	6,3
VI	3	19	6,3	9,3

Дисперсионный
анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F крит</i>
Строки	16,4	2,0	8,2	0,8	0,5	4,1
Столбцы	93,6	5,0	18,7	1,7	0,2	3,3
Погрешность	107,6	10,0	10,8			
Итого	217,6	17,0				

Расчет дисперсионного анализа распределения запасов патологического
отпада по категориям состояния в сосняке орляковом

Вид проб	Объем отпада по категориям состояния		
	IV	V	VI
O _в	1,98	0,72	0,2
O _д	2,16	0,65	0,27
O _з	1,2	0,8	0,42
O _т	0,88	0,72	0,36

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
O _в	3	2,90	0,97	0,84
O _д	3	3,08	1,03	1,00
O _з	3	2,42	0,81	0,15
O _т	3	1,96	0,65	0,07
IV	4	6,22	1,56	0,38
V	4	2,89	0,72	0,00
VI	4	1,25	0,31	0,01

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F крит.</i>
Строки	0,25	3,00	0,08	0,56	0,66	4,76
Столбцы	3,21	2,00	1,60	10,53	0,01	5,14
Погрешность	0,91	6,00	0,15			
Итого	4,37	11,00				

Расчет дисперсионного анализа распределения запасов патологического отпада по категориям состояния в сосняке бруснично-зеленомошниковом

Вид проб	Объем отпада по категориям состояния		
	IV	V	VI
O _д	3,72	1,10	0,48
O _з	2,70	1,60	1,05
O _т	2,40	1,90	1,08

Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений

<i>ИТОГИ</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
O _д	3	5,30	1,77	2,96
O _з	3	5,35	1,78	0,71
O _т	3	5,38	1,79	0,44
IV	3	8,82	2,94	0,48
V	3	4,60	1,53	0,16
VI	3	2,61	0,87	0,11

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F крит</i>
Строки	0,00	2,00	0,00	0,001	1,00	6,94
Столбцы	6,70	2,00	3,35	8,87	0,03	6,94
Погрешность	1,51	4,00	0,38			
Итого	8,22	8,00				

Список литературы

Авров, Ф.Д. Восстановление устойчивых лесных насаждений / Ф.Д. Авров // Лесн. хоз-во. - 2000. - № 2. - С. 33-35.

Алексеев, В.В. О роли консументов в формировании разнообразия видов в биогеоценозе / В.В. Алексеев // Журнал общей биологии. – 1973. - Т. 33. - № 3. - С. 437-458.

Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. - 1989. - № 4.- С. 51-57.

Алексеев, И.А. Научные основы лесохозяйственных мер борьбы с корневой губкой в лесах Полесья и лесостепи УССР: автореф. дис....док. с.-х. наук: 06.01.11 / Алексеев Иван Алексеевич. – Л. - 1974. - 35 с.

Алексеев, И.А. Защита растений: болезни газонных трав / И.А. Алексеев. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. - 336 с.

Алексеев, И.А. Определение показателей биоразнообразия в насаждениях как объективных факторов устойчивого ведения лесного хозяйства / И.А. Алексеев, А.В. Кусакин, О.Н. Коток // Рацион. использ. лесн. ресурсов: материалы междунар. конф. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. С. - 36-38.

Алексеев, И.А., Курненкова И.П., Коток О.Н. К вопросу лесопатологической характеристики ресурсного потенциала искусственно созданных сосновых лесов / И.А. Алексеев, И.П. Курненкова, О.Н. Коток // Кадр. и научн. сопровод. устойч. управл. лесами: состояние и перспективы: Сб. материалов междунар. конф. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. - С. 380-389.

Алимбек, Б.М. Механизированные равномерно-групповые рубки как средство улучшения состояния и продуктивности дубрав Казанского Поволжья / Б.М. Алимбек // Состояние и пути улучшения дубрав РСФСР. - Воронеж: Воронеж. гос. университет, 1975. - С. 70-84.

Альбенский, А.В. Селекция древесных пород и семеноводство/ А.В. Альбенский. - М.-Л.: Гослесбуиздат, 1959. - 290 с.

Арефьев, С.П. Консортивные связи ксилотрофных грибов с сосной сибирской / С.П. Арефьев // Экология. - 1993. - № 2. - С. 85-88.

Арефьев, С.П. Системный анализ биоты дереворазрушающих грибов / С.П. Арефьев. - Новосибирск: Наука, 2010. - 260 с.

Арефьев, С.П. Гнилевые болезни древесных пород Западной Сибири / С.П. Арефьев // Грибные сообщества лесных экосистем.- Москва-Петрозаводск, 2018. – Т. 5. - С. 6-15.

Арефьев, Ю.Ф. Инбридинг как фактор регуляции патогенеза в лесных экосистемах / Ю.Ф. Арефьев // Актуал. пробл. биологии, нанотехнологии и медицины: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. - Ростов н/Д. – 2013а. - С. 422-433.

Арефьев, Ю.Ф. Энтропия как мера биоразнообразия в лесных экосистемах / Ю.Ф. Арефьев // Актуал. направл. научн. исслед. XXI века: теория и практика. – 2013б. - № 5. - С. 341-344.

Арефьев, Ю.А. Прогноз и контроль патогенеза в лесных экосистемах / Ю.А. Арефьев, М.М. Мамедов // ИВУЗ Лесной журнал. - 2017. № 3. С. 61-67.

Артюховский, А.К. К вопросу создания в очагах корневой губки сосновых насаждений, устойчивых к грибной инфекции / А.К. Артюховский, В.Н. Скрыпников, Ю.Ф. Арефьев // Сосн. леса России в системе многоцел. лесопользования. - Воронеж: Воронеж. лесотех. ин-т, 1993. - С. 76-78.

Ахметов, В.М. Корневые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Нижнем Прикамье и меры по снижению их вредоносности: автореф. ...дис. канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Ахметов Вильнус Мирзахметович. - Йошкар-Ола, 2007. - 22 с.

Ахметьева, Н.П. Восстановление растительности и почвенного покрова на начальной стадии зарастания гарей на выработанных торфяниках / Н.П. Ахметьева, А.В. Михайлова, Л.П. Федорова // Лесоведение. - 2018. - №2. - С.119-129.

Биологическое разнообразие: подходы к изучению сохранения. - С.-Петербург: ЗИН РАН, 1992. –229с.

Биологическое разнообразие лесных экосистем.- М.: Междунар. Ин-т леса, 1995. - 356 с.

Благовещенский, В.В. Растительность Приволжской возвышенности в связи с ее историей и рациональным использованием/ В.В. Благовещенский. - Ульяновск.- УлГУ, 2005. - 715 с.

Битяев, С.Г. Продуктивность древостоев и патологический отпад в очагах корневой губки / С.Г. Битяев, Б.П. Чураков // *Topical areas of fundamental and applied research XXII: материалы XXII междунар. науч.-практ. конф.*- North Charleston, USA. - 2020а. - С. 59-64.

Битяев, С.Г. Санитарное состояние древостоев и естественное лесовозобновление как факторы сохранения лесного биоценоза в очагах корневой губки / С.Г. Битяев, Б.П. Чураков // *Topical areas of fundamental and applied research XXII: материалы XXII междунар. науч.- практ. конф.* - North Charleston, USA. - 2020б. - С. 72-77.

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.

Василяускас, А.П. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов / А.П. Василяускас. - Вильнюс, 1989. - 176 с.

Вересин, М.М. Лесное семеноводство/ М.М. Вересин. -М.: Гослесбумиздат, 1963. - 140 с.

Винер, И.А. Трутовые и кортициоидные грибы Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника / И.А. Винер, А.В. Кураков // *Грибные сообщества лесных экосистем.* - Москва-Петрозаводск, 2018. – Т. 5. - С. 16-29.

Волченкова, Г.А. Биоэкологические особенности развития фитопатогенного базидиомицета *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. и обоснование контроля пестрой ситовой гнили корней сосны: автореф. ...дис. канд. биол. наук: 06.01.07 / Волченкова Галина Александровна. - Минск, 2017. - 24 с.

Волченкова, Г.А. Распространенность очагов корневой губки в сосновых насаждениях Витебского, Минского и Могилевского ГПЛХО / Г.А. Волченкова, В.Б. Звягинцев, З.И. Кривицкая, С.А. Жданович // Труды БГТУ. - 2012. - № 1. - Лесное хоз-во. - С. 225-228.

Волченкова, Г.А. Трансформация патогенеза корневой губки в сосняках Беларуси / Г.А. Волченкова, В.Б. Звягинцев // Пробл. лесн. фитопат. и микол. материалы IX Междунар. конф. - Минск-Москва-Петрозаводск, 2015. - С. 60-62.

Воропанов, П.В. Таблицы древесного отпада насаждений основных лесообразующих пород СССР / П.В. Воропанов. - М.: Лесн. пром-сть, 1979. - 110 с.

Вялых, И.И. Система рубок главного пользования и лесовозобновления на Европейском Севере / И.И. Вялых // Лесовосст. на Европ. Севере: материалы финл.-российского семин. по лесовосст. – Вуокатти, Финляндия. - 2000. - С. 25-31.

Гайер, К. Лесовозращение или производство продуктов лесного хозяйства / К. Гайер. - С.-Петербург: тип. П.П.Сойкина, 1898. - 808 с.

Головацкая, Е.А. Биомасса и продукция древесного яруса сосново-кустарничково-сфагновых болот южной тайги Западной Сибири / Е.А. Головацкая // Лесоведение. – 2017. - № 2. - С. 102-110.

Горнов, А.В. Оценка сукцессионного статуса хвойно-широколиственных лесов Европейской части России на основе популяционного подхода / А.В. Горнов, М.В. Горнова, Е.В. Тихонова, Н.Е. Шевченко, А.И. Кузнецова, Е.В. Ручинская, Д.Н. Тебенькова // Лесоведение. - 2018. - № 4. - С. 243-257.

Глуцкий, И.П. Создание насаждений в очагах, пораженных корневой губкой / И.П. Глуцкий // Лесное х-во. – 1959. - № 5. - С. 32-33.

Гринченко, В.В. Улучшение состояния и повышение продуктивности сосновых насаждений свежей субори Полесья Украины сохранением и вводом лиственных пород на примере Боярского учебно-опытного лесхоза: автореф. дис. ...канд. с-х. наук. / В.В. Гринченко.- Киев: КСХА, 1972. - 32 с.

Гусева, О.Н. Поражение корневой губкой чистых и смешанных культур сосны в условиях экологического стресса: дис. ... канд. с.-х. наук:06.03.02 / Гусева Оксана Николаевна. - Йошкар-Ола, 2011. - 233 с.

Данилов, М.Д. Теоретические основы классификации деревьев по росту и развитию и применению ее при санитарном обследовании лесов и разработке лесозащитных мероприятий / М.Д. Данилов // Труды ПЛТИ. 1965. - № 57. - Вып. 1. - С. 2-15.

Дедков А.П. Природные условия Ульяновской области / А.П. Дедков. – Казань: КазГУ, 1978. – 328 с.

Демаков, Ю.П. Управление биоразнообразием в лесных экосистемах / Ю.П. Демаков // Природопользование: состояние, пробл. и пути внедрения: материалы научн.-практ. конф. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. - С.44-45.

Демаков, Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем / Ю.П. Демаков. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. - 414 с.

Демичева, Н.В. К выбору способов восстановления сосняков Пензенской области / Н.В. Демичева, С.А. Денисов, В.М. Егоров // Лесной журнал. - 2011. - № 1. - С. 35-39.

Дыренков, С.А. Структура и динамика таежных ельников/ С.А. Дыренков. - Л.: изд-во «Наука», 1984. - 176 с.

Залесов, С.В. Основные факторы пораженности сосны корневыми и стволовыми гнилями в городских лесопарках / С.В. Залесов, Е.В. Колтунова, Р.Н. Лаишевцев // Защита и карантин растений. - 2008. - № 2. - С. 56-58.

Залесов, С.В. Ценопопуляции лесных и луговых видов растений в антропогенно нарушенных ассоциациях Нижегородского Поволжья / С.В. Залесов, Е.В. Невидомова, А.М. Невидомов, Н.В. Соболев.- Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. - 204 с.

Залесов, С.В. Опыт рубок обновления разновозрастных рекреационных сосняках подзоны северной лесостепи / С.В. Залесов, Е.С. Залесов, А.В. Данчева, Ю.В. Федоров // ИВУЗ «Лесной журнал». - 2014. - № 6. - С. 20-31.

Звягинцев, В.Б. Трансформация патогенеза корневой губки при интенсификации лесного хозяйства / В.Б. Звягинцев, Г.А. Волченкова // Грибные сообщества лесных экосистем. – Москва-Петрозаводск, 2014. – Т. 4. - С. 15-25.

Ибрагимов, А.К. О биологическом разнообразии лесных ресурсов Нижегородского Поволжья / А.К. Ибрагимов, В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, Д.В. Логунов // Сайт: http://science-bsea.bgita.ru/2006/les_2006/ibragimov-biolog.htm 2012. - С. 1-4.

Иванчина, Л.А. Состояние ельников зоны хвойно-широколиственных лесов Пермского края и пути повышения их устойчивости: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Иванчина Людмила Александровна. - Екатеринбург, 2020. - 213 с.

Иванчина, Л.А. Примесь сосны в составе древостоев насаждений ельника зеленомошного как индикатор их устойчивости / Л.А. Иванчина, В.Н. Залесов // Вестник Башкирского ГАУ. - 2017а. - № 4 (44). - С. 106-110.

Иванчина, Л.А. Влияние примеси лиственных пород в составе древостоев ельника зеленомошникового на их устойчивость / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Успехи современного естествознания. - 2017б. - № 6. - С. 61-66.

Инструкция по борьбе с корневой губкой сосны, ели и пихты/ Под редакцией Р.А. Крангауз, И.А. Алексеева, С.В. Шевченко, Н.И. Федорова. - М.: изд-во Гослескомитета СССР, 1979. - 17 с.

Исаев, А.С. Моделирование лесообразовательного процесса: феноменологический подход / А.С. Исаев, В.Г. Суховольский, Р.Г. Хлебоброс, А.И. Бузыкин, Т.М. Овчинникова // Мониторинг биологического разнообразия лесов России. - М.: изд-во «Наука», 2008. - 451 с.

Казаков, Н.А. Лесопатологический мониторинг в Ульяновской области / Н.А. Казаков // Природа Симбирского Поволжья. Сб. науч. тр. VII межрегион. науч.-практ. конф. «Естест.-научн. исслед. в Симбирском-

Ульяновском крае» - Вып. 6. – Ульяновск; изд-во «Корпорация технологий продвижения». 2005. – С. 29-32.

Калачев, А.А. Особенности послепожарного восстановления древостоев пихты сибирской в условиях рудного Алтая / А.А.Калачев, С.В. Залесов // ИВУЗ Лесной журнал. - 2016. - № 2. - С. 19-28.

Катичева, Н.В. Приросты сосны в очагах корневой губки / Н.В. Катичева, В.А. Зудилин // Лесная геоботаника и биология древесных растений. - Брянск, 1982. - № 8. - С. 40-42.

Клюшник, П.И. Корневая губка и меры борьбы с ней / П.И. Клюшник. - М.: Гослесбумиздат, 1962. - 38 с.

Ковалева, Н.М. Напочвенный покров сосны после выборочных рубок в сосняках Красноярской лесостепи / Н.М. Ковалева, Р.С. Собачкин // Лесоведение. – 2015. - № 2.- С. 105-112.

Коновалова, М.Е. Восстановительная динамика леса на сплошных вырубках горных кедровников Южной Сибири / М.Е. Коновалова // Лесоведение. – 2015. - № 4. - С. 267-274.

Кречетова, Н.В. Формирование корневых систем в лесных культурах / Н.В. Кречетова. - Йошкар-Ола, МарПИ, 1990. - 80 с.

Курашов, А.С. Лесные ресурсы Ульяновской области, их современное состояние, использование и развитие / А.С. Курашов // Природа Симбирского Поволжья. Сб. науч. тр. VII межрегион. науч.-практ. конф. «Естест.-научн. исслед. в Симбирском-Ульяновском крае» - Вып. 6. – Ульяновск; изд-во «Корпорация технологий продвижения». 2005. – С. 53-60.

Кутявин, И.Н. Состояние древостоев и подростов сосновых фитоценозов бассейна верхней и средней Печоры / И.Н. Кутявин, Н.В. Торлопова // Лесоведение. – 2016. - № 4. - С. 254-256.

Кутявин, И.Н. Биологическая продуктивность сосновых фитоценозов Северного Приуралья (Республика Коми) / И.Н. Кутявин, К.С. Бобкова // Лесоведение. – 2017. - № 1. - С. 3-16.

Ладейщикова, Е.И. Устойчивость сосны против корневой губки (итоги комплексных исследований и перспективы) / Е.И. Ладейщикова // Лесоводство и агролесомелиорация. - 1980. - Вып.60. - С. 41-46.

Ладейщикова, Е.И. О причинах предрасположенности сосняков на старопахотных землях к заболеванию / Е.И. Ладейщикова, А.И. Побегайло, Г.Д. Белый // Корневая губка. - Харьков, 1974. - С. 22-33.

Лебедева, Н.В. Биоразнообразиие и методы его оценки / Н.В. Лебедева, Н.Н. Дроздов, Д.А. Кривошукцкий. -М.: Изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова, 1999. - 94 с.

Леонтьев, Н.Л. Техника статистических вычислений/ Н.Л. Леонтьев. - М.: изд-во Лесн. пром., 1966. - 250 с.

Мелехов, И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. - М.: Лесн. пром., 1980. - 408 с.

Мелехов, И.С. Некоторые аспекты смены сосны елью на Европейском Севере / И.С. Мелехов, А.А. Листов // Лесоведение. 1980. - № 3. - С. 42-51.

Мониторинг биоразнообразия - М.: ИПЭЭ РАН. 1997. - 367 с.

Мухин, В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины / В.А. Мухин. - Екатеринбург: изд-во «Наука», 1993. - 232 с.

Негруцкий, С.Ф. Корневая губка / С.Ф. Негруцкий. - М.: Агропромиздат, 1986. - 196 с.

Озолин, Г.П. Вопросы селекции древесных пород на иммунитет к болезням и вредителям / Г.П. Озолин // Защита леса от вредителей и болезней. - М.: изд-во «Колос», 1972. - С. 50-59.

Основные положения организации и развития лесного хозяйства Ульяновской области на 1993-2002 гг.- Ульяновск, 1992. - 548 с.

Павлов, И.Н. Куртинное усыхание в монокультурах основных лесобразующих пород – априори низкая устойчивость или ошибки в технологии создания? / И.Н. Павлов // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы IX Междунар. науч. конф. - Красноярск: СибГТУ, 2006. - С. 3-21.

Павлов, И.Н. Значение корневых патогенов в процессах массового усыхания хвойных лесов Сибири и Дальнего Востока / И.Н. Павлов // Пробл. лесн. фитопат. и микол: Материалы IX Междунар. конф. - Минск-Москва-Петрозаводск, 2015. - С. 159-163.

Петухов, И.Н. Ветровальные нарушения лесного покрова в Костромской области и на сопредельных территориях в 1984-2011 г.г. / И.Н. Петухов, А.В. Немчинова // Лесоведение. – 2014. - № 6. - С. 16-24.

Побегайло, А.И. Особенности минерального питания сосны в условиях поражения корневой губкой / А.И. Побегайло // Матер.конф. по повышен. произв. лесов. - Каунас: ЛитНИИЛХ, 1969. - С. 83-84.

Полещук, Ю.М. Корневая губка в еловых и сосновых насаждениях БССР и обоснование мероприятий по защите их от патогена: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Полещук Юрий Михайлович. - Киев, 1991. - 34 с.

Полянская, Т.А. Научные исследования в национальном парке «Марий чодра» / Т.А. Полянская.- Йошкар-Ола, 2005. - Вып.1. - 205 с.

Проскуряков, М.А. Закономерности формирования пространственной структуры древостоев темнохвойных горных лесов Тянь-Шаня и Рудного Алтая: автореф. дис. ... док. биологических наук / М.А. Проскуряков.– Красноярск, 1982. – 44 с.

Пятницкий, С.С. Селекция дуба / С.С. Пятницкий. - М.: Сельхозгиз. 1954. - 148 с.

Рекомендации по защите хвойных пород от корневой губки в лесах европейской части России - Пушкино: ВНИИЛМ, 2001. - 12 с.

Рожков, А.А. Оценка устойчивости и состояния лесов / А.А. Рожков // Лесоведение. - 2003. - № 1. - С. 66-72.

Романовский, М.Г. Продуктивность, устойчивость и биоразнообразие равнинных лесов Европейской России / М.Г. Романовский. - М.: изд-во МГУЛ, 2002. - 91 с.

Роснев, Б. Повопроса за първичното заразяване и распространение на при белия бор / Б. Роснев. –София: Горскостоп. наука, 1982. - 19. 2. - Р. 34-90.

Рудзкий, А.Ф. Лесные беседы. Для русских лесовладельцев и лесничих / А.Ф. Рудзкий. - СПб.: Дервиен, 1881. - 207 с.

Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. - М.: Федеральное агентство лесн. хоз-ва, 2008. - 10 с.

Саутин, В.И. Корневая губка в культурах сосны после рубок ухода / В.И. Саутин, А.М. Серянин, В.К. Воробьев // Лесн. хоз-во. - 1971. - № 12. - С. 61-63.

Синадский, Ю.В. Корневая губка (*Fomitopsis annosa* Bond. Ex Sing.) в сосновых древостоях и культурах в СССР / Ю.В. Синадский – Sumarstvo, 1983. - Т. 36. - Вып. 1. - С. 3-13.

Собачкин, Д.С., Биометрические показатели деревьев в сосновых молодняках естественного и искусственного происхождения / Д.С. Собачкин, А.В. Бенькова, Р.С. Собачкин, В.Е. Бенькова // Лесоведение. - 2013. - № 6. - С. 17-25.

Стороженко, В.Г. Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент / В.Г. Стороженко. - М.: ЗАО «Гриф и К». - 2007. – 190 с.

Стороженко, В.Г. Древесный отпад в коренных лесах русской равнины / В.Г. Стороженко - М.: тов-во науч. изд. КМК, 2011. - 122 с.

Стороженко, В.Г. Эволюционные принципы поведения дереворазрушающих грибов в лесных биогеоценозах / В.Г. Стороженко. - Тула: Гриф и К., 2014. - 184 с.

Стороженко, В.Г. Грибная биотрофная дереворазрушающая биота в лесных экосистемах Европейской России / В.Г. Стороженко // Ульяновский медико-биологический журнал. - 2017. - № 1. - С. 145-152.

Стороженко, В.Г. Устойчивость лесов. Теория и практика биогеоценологических исследований / В.Г. Стороженко - М.: Товар. науч. изд. КМК, 2018. - 172 с.

Стороженко, В.Г., Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам / В.Г. Стороженко, М.А. Бондарцева, В.А. Соловьев, В.И. Крутов - М.: изд-во «Наука», 1992. - 221 с.

Стороженко, В.Г., Вишневская И.Г. Диагностика поражённых сосновых культур корневой губкой / В.Г. Стороженко, И.Г. Вишневская // Защита леса от вредителей и болезней. - М.,1980. - С. 192-201.

Стороженко, В.Г. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов лесов русской равнины / В.Г. Стороженко, В.И. Крутов, А.В. Руоколайнен, В.М. Коткова, М.А. Бондарцева - М.: товарищ. науч. изданий КМК, 2014. - 195 с.

Татаринцев, А.И. Эколого-фитопатологические особенности антропогенно нарушенных дендроценозов Средней Сибири: автореф...дис. д.б.н.: 03.02.08 / Татаринцев Андрей Иванович - Иркутск, 2018. - 38 с.

Фёдоров, Н.И. Корневые гнили хвойных пород / Н.И. Федоров.- М.: Лесная пром-сть, 1984. - 160 с.

Федорчук, В.Н. Динамика коренных еловых лесов Европейской России / В.Н. Федорчук, А.А. Шорохов, Е.В. Шорохова, М.Л. Кузнецова // Лесоведение. - 2014. -№ 2. - С. 11-19.

Харченко, Н.А. Корневая губка и ее связь со структурой и развитием корневых систем сосны обыкновенной в условиях Центрального Черноземья / Н.А. Харченко. - Воронеж: ВГЛТА, 2010. - 122 с.

Харченко, Н.А. Эффект группы в повышении биорезистентности насаждений / Н.А. Харченко, Ю.А. Арефьев // Лесн. журн. - 1999. - № 6. - С. 18-21.

Цветков, В.Ф. Формирование производных насаждений в свете динамической типологии леса / В.Ф. Цветков // Пробл. таежн. лесоводства: Сб. науч. трудов. - Архангельск, 2010. - С. 69-83.

Чеботарев, П.А. Структура и состояние древостоев в дубравах Теллермановского опытного лесничества / П.А. Чеботарев, В.В. Чеботарева, В.Г. Стороженко // Лесоведение. - 2016. -№ 5. - С. 375-382.

Черных, А.Г. Сравнительные исследования устойчивых и поражаемых корневой губкой сосновых насаждений: автореф дис...канд. биол. наук / А.Г. Черных.- Киев, 1964. - 26 с.

Черных, А.Г. Некоторые данные по учету сосновых деревьев, сохранившихся в очагах корневой губки / А.Г. Черных // Лесоводство и агролесомелиорация. - Киев: Урожай, 1965. - Вып. 2. - С.118-121.

Чибисов, Г.А. Лесовозобновительные процессы на типологической основе на Европейском Севере России / Г.А. Чибисов // Лесовосст. на Европ. Севере: материалы финл.-российского семин. по лесовосст. - Вуокатти, Финляндия, 2000. - С. 33-38.

Чупров, Н.П. Динамика лесного фонда Архангельской области за 48 лет / Н.П. Чупров // ИВУЗ Лесн. журн. - 2003. - № 4. - С. 7-13.

Чураков, Б.П. Грибы и грибные болезни сосны обыкновенной в ленточных борах Алтайского края / Б.П. Чураков. - Иркутск: изд-во ИрГУ, 1983. - 151 с.

Чураков, Б.П. Взаимоотношения патогенных грибов с древесными растениями / Б.П. Чураков. - М.: изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1993. - 194 с.

Чураков, Б.П. Лесная фитопатология / Б.П. Чураков, И.А. Алексеев, Д.Б. Чураков. - Ульяновск: изд-во УлГУ, 2013а. - 476 с.

Чураков, Б.П. Влияние корневой губки на древесную продукцию сосны в очагах болезни / Б.П. Чураков, В.Д. Маслов, Р.А. Чураков // Вестник УГСХА. - 2013б. - №4. - С. 56-66.

Чураков, Б.П. Древесная продукция и фитомасса сосны в очагах корневой гнили / Б.П. Чураков, В.Д. Маслова, Н.А.Митрофанова // Пробл. лесн. фитопат. и микол: материалы IX Междунар. конф. - Минск-Москва-Петрозаводск, 2015а. - С. 245-248.

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-биол. журн. - 2015б. - № 3. - С. 142-149.

Чураков, Б.П. К вопросу возможности естественного возобновления в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев // Мониторинг и биометоды контроля вред. и патог. древ. раст.: от теории к практике: материалы Всерос. конф.- Красноярск, 2016. - С.249-250.

Чураков, Б.П. К вопросу об естественном возобновлении леса в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков // ИВУЗ Лесной журнал.- 2017а. - № 4/358. - С. 45-56.

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

Чураков, Б.П. К вопросу естественного возобновления леса в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев, Р.А. Чураков // Грибные сообщ. лесн. экосистем.- Москва-Петрозаводск, 2018. – Т. 5. - С. 141-149.

Чураков, Б.П. Естественное возобновление леса в очагах корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев // Science in the modern information society XVIII: материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф. - North Chaleston, USA. - 2019а. – Т. 1. - С. 41-43.

Чураков, Б.П. Дифференциация и продуктивность древостоев в очагах усыхания сосны от корневой губки / Б.П. Чураков, С.Г. Битяев // Fundamental and applied sciences today XX: материалы XX междунар. науч.-практ. конф. – North Chaleston, USA. - 2019б. - С. 92-95.

Чураков Б.П., Зависимость площади очагов усыхания от таксационных показателей сосновых насаждений / Б.П. Чураков, Н.А. Айнудинова, С.Г. Битяев // Мат. Междунар. научно-техн. конф. - Вологда, 2019в. - С. 106-108.

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

Шевченко, С.В. Лесная фитопатология/ С.В. Шевченко, А.В. Цилюрик. - Киев, 1986. - 382 с.

Шемякин, И.Я. Некоторые выводы по изучению корневой губки в сосновых насаждениях / И.Я. Шемякин // Борьба с корневой губкой в лесах Черниговской области. - Киев: изд-во «Урожай», 1966. - С. 67-79.

Шенников, А.П. Введение в геоботанику/ А.П. Шенников. - Ленинград: изд-во «Наука», 1964. - 448 с.

Шепятене, Я. Оценка жизнеспособности сосны, ели и березы в условиях Литвы / Я. Шепятене, М. Мастаускас, Э. Барткавичус // Лесное хозяйство. - 1989. - № 9. - С. 33-35.

Ширнина, Л.В. Мониторинг развития патосистем в насаждениях древесных растений: экологические основы и практическое значение / Л.В. Ширнина, В.К. Ширнин, И.Я. Львович, - Воронеж: изд.-полиграф. центр «Научная книга», 2014. - 204 с.

Шумаков, В.С. Современные способы подготовки почв под лесные культуры / В.С. Шумаков, В.Н. Курнаев // Лесная промышл. - 1973. - № 5. - 160 с.

Юр, Н.В. Смешение древесных и кустарниковых пород рядами при создании сосновых культур в суборях / Н.В. Юр // Вопросы использования восстановл. лесонасаждений. - Киев, 1984. - С. 2-21.

Яблоков, А.С. Воспитание и разведение здоровой осины / А.С. Яблоков. - М.: Гослесбумиздат, 1963. - 441 с.

Arefjev, Yu.F. Genetisch-ökologische Aspekte des Forstschutyes / Yu. F. Arefiev // Der Wald, 1995. - Vol. 7. - S. 238-239.

Bingham, R.T. Disease resistance in forest trees / R.T. Bingham, R.J. Hoff, J. McDonald // Annu. Rev. Phytopathology.- 1971. - N 9. - P. 433-452.

Blank, L.W. New perspectives on forest decline / L.W. Blank, T.M. Roberts, R.A. Skeffington // Nature. - 1988. - 336. - № 6194. - P. 27-30.

Blastad, H. Productions tabeller for bjork / H. Blastad // Medd.Norske skogstor. - 1967. - 22. - N 84. - P. 265-385.

Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie.3.Aufl. / J. Braun-Blanquet. – Wien, NY: Springer. 1964. - 865 p.

Cooke, R.C., The evolution of modes of nutrition in fungi parasitic on terrestrial plants / R.C. Cooke, J.M. Whipps // Biol. Rev. - 1980. Vol. 55. - N 3. - P. 341-362.

Delatour, C. *Fomes annosus* en europe de l'onest: importance economique, orientation dess recheres / C. Delatour // Proceedings of the Fifth International Conference on Problems of Root and Butt Rot in Conifers. – Münden. - 1980. - P. 9-18.

Dimitri, L. Untersuchungen uber die widerstandsfanickeit verschiedener Fichtenklone gegener der *Fomes annosus* / L. Dimitri, P. Klieffoth // Proceedings of the Fifth International Conference on Problems of Root and Butt Rot in Conifers. – Münden. - 1980. - P. 23-28.

Diversity of insect faunas/ Blackwell Sei. Sci. Publ. – Oxford. - 1978. - 186 pp.

Donnelly, J.R. A preliminary assessment of red spruce vigor as related to physiographic characteristics in Vermont / J.R. Donnelly, D.R. Shane, D.R. Bergdahl // Norteast. Environ. Sci. - 1985. - 4. - N 1. - P. 18-22.

Gibbs, J.N. Resin and the resistance of conifers to *Fomes annosus*/ J.N. Gibbs // Ann. Bot. - 1968. - 32. - № 127. - P. 649-665.

Global biodiversity: Status of the Earth's living resources. World Conservation Monitoring Centre. - London: Chartman & Hall, 1992. - 594 pp.

Greig, B.J. Chemical, biological and silvicultural control of *Fomes annosus* / B.J. Greig // Proceedings of the Fifth International Conference on Problems of Root and Butt Rot in Conifers. – Münden. - 1980. - P. 60-63.

Heath, M. Reactions of nonsuscepts to fungal pathogens / M. Heath // Annu. Rev. Phytopathology. - V. 18. - Palo Alto, Calif., - 1980. - P. 211-236.

Korhonen, K. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum* / K. Korhonen. - Communications Institute Feniaal. – Helsinki - 1978. - 94 (6). - 25 p.

Korhonen, K. Fungi belonging to the genera *Heterobasidion* and *Armillaria* in Eurasia /K. Korhonen // Mat. 6-ой междун. конф. «Пробл. лесн. фитопат. и микол.». - М. – Петрозаводск. - 2004. - С. 89-114.

Kotiranta, H. Aphyllophorales of Finland. A check-list with ecology, distribution and threat categories. *Norrlinia* 19 / H. Kotiranta, R. Saarenoksa, L. Kytovuori. - Helsinki. - 2009. - 223 p.

Kowalski, S. Bodania zbiorowiska grzbow korzeninalotow yodiy pospolitey w wybranyh drzewostanie Lesnego Lakladu Doswiadczalnego w Krynicy / S. Kowalski, L. Krzan // *Lesz. probl. post. nauk. rol.* - 1978. - № 213. - P. 181-189.

Krankina, O.N. Dynamics of the dead wood carbon pool in north-ern-western Russian boreal forests / O.N. Krankina, M.E. Harmon // *Water, Air and Soil Pollution.* - 1995. - Vol. 82. - P. 227- 238.

Kuhlman, E. Research on *Fomes annosus* in the United States from 1973-1977 / E. Kuhlman // *Proceedings of the Fifth International Conference on Problems of Root and Butt Rot in Conifers.* - Münden - 1980. - P. 36-39.

Marincovic, P. *Fomes annosus* in Southern Europe / P. Marincovic // *Proceedings of the Fifth International Conference on Problems of Root and Butt Rot in Conifers.* - Münden - 1980. - P. 27-34.

Mayer, H. Waldbau und Immissionschaden / H. Mayer // *Osterreich. Forstz.* - 1987. - N 12. - S. 22-23.

Mayr, E. Evolution and the diversity of life / E. Mayr // *Harvard Univ. Press.* - Cambridge. - 1976. - 221 pp.

Miller, T. Growth of *Fomes annosus* in roots of suppressed and dominant loblolly pines / T. Miller, A. Kelman // *Forest Sci.* - 1966. - 12. - N 2. - P. 15-23.

Niemela, T. Kaavat, puiden sienet / T. Niemela. - Helsinki - 2005. - 320 p.

Niemela, T. Taxonomy of the genus *Heterobasidion* / T. Niemela, K. Korhonen // *Heterobasidion annosum. Biology, ecology, impact and control.* - CAB International. Oxon. - New York. - 1998. - P. 23-33.

Olekayn, J. Provenance differentiation as factor in susceptibility of scots pine to air pollution / J. Olekayn // *Air Pollit and Forest Decline: Proc. 14thInt. meet spec Eff. Forestecosyst. Int. Union Forest Res. Organ. Project Group.* - Birmensdorf, 1989. - P. 329-335.

Pagony, H. Ergebnisse der Versuche zur Bekämpfung des Pilzschadlinges *Fomes annosus* Cooke / H. Pagony // «Proc.5th Int. conf. Probl.Root and Butt Rot Conifers. – Kassel. - 1978». - Hann. Munden. - 1980. - S. 128-132.

Platt, W.D. Comparative resistance of coniferous root wood and stern wood to decay by isolates of *Fomes annosus* / W.D. Platt, E.B. Cowling, C.S. Hodges // Physiopathology. – 1995. - N12. - P. 1347-1353.

Powers, H.R. Comparison of six geographic sources of loblolly pine for fusiform rust resistance / H.R. Powers, F.R. Matthews // Phytopathology. - 1980. - V. 70. - N 12. - P. 1141-1143.

Ramos, R.G. Gene-Environment Interactions in the Development of Complex Disease Phenotypes / R.G. Ramos, K. Olden // Int. J. Environ. Res. Public. Health. - 2008. - Vol. 5 (1). - P. 4-11.

Renvall, P. Community structure and dynamics of woodrotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland / P. Renvall // Karstenia. - 1995. - Vol. 35. - P. 1-51.

Reuther, M. Wie krank ist unser Wald? / M. Reuther// GSF: Mensch + Umwelt, 1987. - Sept. - S. 11-18.

Rishbeth, J. Stump inoculation: A biological control of *Fomes annosus* / J. Rishbeth // The American Phytopath. Soc. – Minnesota/ - 1975. - P. 158-162.

Steinlid, J. Environmental and endogenous controls of developmental pathways: Variation and its significance in the forest pathogen, *Heterobasidion annosum* / J. Steinlid, A.D.M. Rayner // New Phytol. – 1989. – 113. - № 3. - P. 245-258.

Stokland, J.N. Biodiversity in Dead Wood / J.N. Stokland, J. Siitonen, B.G. Jonsson, C.W. Woodall // Cambridge Univ. Press. - 2013. - P. 43-54.

Streletzki, H.W. Ergebnisse der Waldschaden sirhebung 1987 in Niedersachsen / H.W. Streletzki // Forst und Holzw. - 1987. - 42. - N 20. - S. 539-541.

Towers, B. The influence of induced soil moisture stress upon *Fomes annosus* root of loblolly pine / B. Towers // *Physiopathology*. - 1968. - 58. - N 3. - P. 269-272.

Troedsson, N. Den geografiska utbredningen av rotröta och dess samband med några markfaktor. / N. Troedsson, A. Nilsson // *Sver. Skogsvardstorb. Tidskr.* - 1980 - 78. - 3. - p. 82-93.

Vicentic, F.M. Genetica u uslovima naseg sumarstva / F.M. Vicentic // *Beograd: Sumarstvo*, 1952. - Br. 2. - S. 123-136.

Vidakovic, M. Neke sugestije za oplemenjivaje sumskog drveca u nas / M. Vidakovic // *Beograd: Sumarstvo*, 1970. - Br. 5-6. - S. 13-19.

Woodward, S. *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control / S. Woodward, J. Steinlid, R. Karjalainen // *CAB International*. - New York. - 1998. - 589 p.

Zycha, H. *Fomes annosus*: Infektion phenomena. Proceedings of the fifth international conference on problem of root and butt rot in Conifers / H. Zycha // *Münden*. - 1980. - P. 54-61.