

На правах рукописи

**Дорохов Кирилл Викторович**

**ВЛИЯНИЕ ГРУППЫ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА  
ДИНАМИКУ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ СОСНЯКОВ  
ЕВРОПЕЙСКОЙ ПОДЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Брянск – 2015

Работа выполнена на кафедре лесозащиты и охотоведения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»

Научный руководитель: **Шелухо Василий Павлович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Ковязин Василий Федорович**  
доктор биологических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

**Тяпкина Анжела Павловна**  
кандидат биологических наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г.Петровского»

Защита состоится «06» июля 2015 года в 14<sup>00</sup> ч. на заседании диссертационного совета Д 212.019.01 в ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия» по адресу:

241037, г. Брянск, пр-т Ст. Димитрова, 3.

Телефон: (4832) 74-03-37 Факс: (4832) 74-60-08

E-mail: bgita@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия» и на сайте <http://www.bgita.ru>

Приглашаем Вас принять участие в работе совета, в случае невозможности прибыть на заседание, отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим направлять в адрес совета.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г. и размещен на сайтах ВАК РФ: <http://vak.ed.gov.ru/> и ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»: <http://www.bgita.ru>

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

Нартов Д.И.

## Введение

**Актуальность темы.** Устойчивость и стабильность лесных экосистем обеспечивается различными видами сбалансированных биогеохимических круговоротов веществ. Почвенные беспозвоночные принимают активное участие в деструкции опада и организации круговорота элементов питания, образовании и повышении плодородия почв. Многие представители почвенной мезофауны относятся к насекомым-вредителям леса.

Интенсивность обменных процессов между растительностью и почвой напрямую зависят от численности, видовой и функциональной структуры почвенной мезофауны. Однако, почвенные беспозвоночные подвержены воздействию ряда факторов, в числе которых термические условия местообитания, состав растительности всех ярусов, а также антропогенные воздействия.

**Объектами исследования** являются сосновые насаждения после воздействия низовых устойчивых пожаров различной интенсивности, рекреационных нагрузок, различных видов рубок леса, а также комплексы почвенной мезофауны в них. Объекты расположены в Опытном участковом лесничестве ГКУ Брянской области «Учебно-Опытное лесничество», в Думиничском участковом лесничестве ГКУ Калужской области «Думиничское лесничество» и в Каменском участковом лесничестве ГКУ Калужской области «Козельское лесничество».

**Предмет исследования** – оценка изменчивости параметров почвенной мезофауны после низовых пожаров, рекреационных нагрузок и различных видов рубок леса.

**Цель работы** – оценка вариации видового разнообразия, плотности поселения, структуры почвенной мезофауны в сосновых насаждениях европейской подзоны широколиственных лесов в связи с воздействием на леса антропогенных нагрузок различного вида.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

1. Провести лесопатологическую таксацию и обследование насаждений, подверженных группе факторов антропогенного воздействия;
2. Изучить динамику состояния древостоев и живого напочвенного покрова при воздействии группы антропогенных факторов;
3. Исследовать динамику почвенной мезофауны при воздействии устойчивых низовых лесных пожаров различной интенсивности;
4. Определить влияние рекреационных нагрузок, добровольно-выборочных рубок слабой интенсивности, сплошных санитарных рубок и сплошных рубок спелых насаждений на видовой состав, функциональную структуру и плотность мезофауны;
5. Обосновать рекомендации по использованию динамики мезофауны в экологическом мониторинге и лесохозяйственном производстве.

**Научная новизна и теоретическая значимость.** Впервые на территории Брянской и Калужской областей исследовано комплексное влияние устойчивых низовых пожаров, добровольно-выборочных рубок слабой интенсивности, сплошных санитарных рубок, сплошных рубок спелых насаждений и рекреации

на  $\alpha$ -разнообразии, плотности поселения и структуру почвенной мезофауны в сосновых насаждениях. Получены новые данные, отражающие изменения компонентов лесных биогеоценозов, в том числе состава и структуры комплексов мезофауны, в связи с видом и интенсивностью антропогенного воздействия.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Изменение растительности и комплекса почвенной мезофауны при устойчивых низовых пожарах различной интенсивности и давности.

2. Воздействие добровольно-выборочных, сплошных санитарных рубок и сплошных рубок спелых насаждений на состояние растительности,  $\alpha$ -разнообразие и трофическую структуру мезофауны.

3. Динамика состояния древостоя, живого напочвенного покрова,  $\alpha$ -разнообразия, функционально-трофической структуры и плотности мезофауны при допустимых рекреационных нагрузках на сосновые леса.

**Обоснованность выводов и достоверность результатов исследований** подтверждается достаточным объемом полевых данных, собранных по апробированным методикам, обработанных статистически и с использованием современных методов анализа.

**Практическая значимость.** Полученные данные целесообразно использовать при экологическом и лесопатологическом мониторингах, применять для прогнозирования последствий лесохозяйственных и иных воздействий на сосновые леса. Составленный фаунистический список почвенной мезофауны сосняков может использоваться для дальнейшего изучения комплексов беспозвоночных Брянской и Калужской областей. Результаты исследований могут использоваться при обучении студентов по направлениям подготовки «Экология», «Лесное дело».

**Личный вклад автора.** Все этапы работы над диссертацией выполнены автором или при его непосредственном участии.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований докладывались на международных научно-практических конференциях: «Леса Евразии – Брянский лес» (Брянск, 2011 г.), «Инновационная наука и современное общество» (Уфа, 2013 г.), «Лесное хозяйство Нижегородского Поволжья» (Нижний Новгород, 2013 г.), «Актуальные вопросы развития науки» (Уфа, 2014 г.), «Актуальные проблемы системы лесопользования, лесопользования, ландшафтной архитектуры» (Брянск, 2014 г.).

Материалы исследований представлялись на Открытом международном конкурсе дипломных работ и проектов среди высших учебных заведений лесного профиля государств-участников СНГ по специальности «Лесное хозяйство» (2011 г.) (отмечены дипломом I степени), на ежегодном Открытом конкурсе на лучшую научную работу аспирантов и молодых ученых по естественным, техническим и гуманитарным наукам (отмечены призовыми местами) (Брянск, 2013...2014 гг.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано семь научных статей, в том числе две – в журналах, включённых ВАК РФ в список изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 161 странице, состоит из введения, восьми глав, заключения, списка использованных источников и трех приложений; включает 25 таблиц и 31 рисунок. Список использованных источников – из 172 наименований, в том числе 11 – на иностранных языках.

## **1 Состояние вопроса исследований**

М.С. Гиляровым (1965) была сформулирована концепция формирования в почвах разных природных районов специфических комплексов животного населения.

Под воздействием антропогенных факторов комплексы мезофауны претерпевают ряд существенных изменений, проявляющихся в снижении численности,  $\alpha$ - разнообразия, трансформации трофической и экологической структуры (Титков, Пономаренко, 1997; Beaudry, 1997; Безкоровайная, 2005; Malmström, 2006; Мордкович и др., 2007; Краснощекова, 2009 и др.).

Отдельные исследователи отмечают, что при антропогенном воздействии на природные экосистемы не всегда происходит снижение видового разнообразия (Дмитриев, 1959; Стебаев, 1959; Соколов, 1988; Холин, 1993).

Лесные пожары рассматриваются как основной фактор динамики и формирования лесных биогеоценозов (Валендик и др., 2000). Однако, как отмечают многие авторы, существует мало исследований, касающихся влияния пожаров разной интенсивности на почвенную биоту (Цветков и др., 2001; Богородская и др., 2006).

В Брянской области исследовано влияние интенсивности изреживания молодых насаждений на динамику численности групп почвенной мезофауны, также установлено, что воздействие рекреации сопровождается значительными количественными и качественными изменениями почвенно-зоологических комплексов лесных биогеоценозов (Лавров, 1968).

В некоторых работах освещены проблемы влияния химического загрязнения на почвенную мезофауну (Шелуха, Кистерный, 2002; Иванов, Кистерный, Паничева, 2008; Демаков, 2013).

Почвенные жесткокрылые, являясь наиболее многочисленными и обычными обитателями подстилки, широко используются как модельные группы для изучения сообществ животных в бореальных экосистемах (Стриганова, Порядина, 2005; Покаржевский и др., 2007). Они могут использоваться и как биоиндикаторы антропогенного воздействия на наземные экосистемы (Гонгальский, 2004; Шабалин, 2008).

Отмечено, что различие методов учета почвенных беспозвоночных представителями различных школ (М.С. Гиляров, Г.Ф. Курчева, Т.С. Перель, Г.П. Соколов и С.Ю. Стороженко, С.К. Холина и др.) усложняет возможность сравнения результатов (Шабалин, 2008).

Проблема влияния различных антропогенных воздействий на педобионтов остается изученной далеко не полно. Имеющиеся результаты изучения послепожарной динамики и трансформации почвенной мезофауны, либо не относятся ни к Русской равнине, ни к Брянскому лесному массиву в частности, либо проведены

с малой детальностью. Некоторые исследования дают фрагментарные представления об интересующей проблеме.

## **2 Характеристика района исследований**

Исследования проводились на территории трех лесничеств: в Опытном участковом лесничестве ГКУ «Учебно-Опытное лесничество», входящем в Брянский лесной массив, в Думиничском участковом лесничестве ГКУ Калужской области «Думиничское лесничество» и в Каменском участковом лесничестве ГКУ Калужской области «Козельское лесничество».

Климатические условия благоприятны для произрастания разнообразной древесной и кустарниковой растительности, а также для ассоциированных с ними комплексов эпигеобионтной и геобионтной мезофауны.

Оба субъекта РФ являются регионами с невысоким техногенным прессингом на лесные ценозы. Согласно почвенному районированию территория района исследования относится к зоне лесных почв Украинской провинции серых лесных почв.

Объекты исследований расположены в Днепровско-Деснянской и Среднерусской физико-географических провинциях, которые относятся к ландшафтам типа полесий Московского и Днепровского оледенений, и в Снежетьско-Деснянском физико-географическом районе группы ландшафтов морено-зандровых, зандровых и аллювиально-зандровых равнин.

Согласно лесорастительному районированию (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 367, 2014) территория Калужской и Брянской областей относится к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РФ. Согласно классификации Института леса АН СССР (на основе карты лесов страны, составленной в 1955 г.) объекты исследования входят в европейскую подзону широколиственных лесов (Тихонов, 2011).

В составе покрытых лесом земель Калужской области хвойные породы занимают 26,5% территории, среди которых сосна занимает 35,9%. В Брянской области преобладают сосновые насаждения, занимающие 38% покрытых лесной растительностью земель. Леса областей обладают сравнительно высокой продуктивностью, преобладающими по группам возраста являются средневозрастные насаждения.

## **3 Методика выполнения исследовательских работ**

Применялись апробированные стандартные методы лесопатологических исследований насаждений, почвенно-зоологических учетов (метод ручной разборки почвенных проб) и геоботаники (учёт живого напочвенного покрова методом эталонных участков) с использованием шкалы Браун-Бланке и оптимумных шкал Г. Элленберга. В местах закладки площадок для учета почвенной мезофауны уточняли лесоводственно-таксационные показатели насаждений. Использовали орди-

нацию по градиентам антропогенного воздействия. При обработке данных использовались методы статистики, корреляционного и регрессионного анализов.

Работы выполнялись в высокобонитетных насаждениях с участием сосны в составе древостоя 8...10 единиц как естественного, так и искусственного происхождения, полнотой 0,5...0,9, III...VI классов возраста, преимущественно брусничного типа леса в типах лесорастительных условий А2, В2, на свежих песчаных среднеподзолистых почвах на флювиогляциальных песках.

Заложено 12 ПП для выявления влияния рекреации на элементы лесного биогеоценоза и 28 ПП для выявления совместного и отдельного влияния пожаров различной интенсивности и давности и рубок леса различной интенсивности. В летне-осенний период на пробных площадях учтен живой напочвенный покров (ЖНП) и санитарное состояние древостоев, проанализировано по 12...15 почвенных проб, взятых в подкroновом пространстве.

#### **4 Влияние низовых пожаров на состояние насаждения и динамику почвенной мезофауны**

##### **4.1 Влияние пожаров на санитарное состояние древостоев**

Состояние сосновых древостоев после пожаров высокой интенсивности различной давности (в т.ч. после проведенных санитарных рубок) варьирует от ослабленного до усыхающего (средневзвешенная категория санитарного состояния (СКС) составляет 1,91...3,63).

Усыхание поврежденных древостоев продолжается до трех лет с момента пожара *высокой интенсивности*. По истечении пяти лет после устойчивого низового пожара состояние древостоя остается ослабленным. Спустя три года после пожара *средней интенсивности* показатель СКС близок к слабой степени повреждения и практически не имеет тенденции к дальнейшему ослаблению.

Опасность огневого поражения деревьев от пожара при одном виде и интенсивности не одинакова при различном возрасте древостоев. В борových сосняках после устойчивых низовых пожаров *высокой интенсивности* образуются горельники с преобладанием сухостойных деревьев в 50...60-летних насаждениях, особенно в низших ступенях толщины.

##### **4.2 Влияние низовых пожаров на живой напочвенный покров**

Влияние пожаров на напочвенный покров проявляется в перераспределении участия видов: доминантная роль мхов переходит в послепожарных сообществах к представителям травяного яруса. В условиях пожаров давностью 2...4 года отмечено большее количество видов (20...29), чем на контроле. При условии сохранения древостоя после пожара, количество видов ЖНП на ПП варьирует в узком интервале (8...12 шт.), как и на контроле. ЖНП в течение четырех-пяти лет восстанавливает флористический состав, близкий к составу исходных ценозов на 59,3...79,0%. Низовой пожар является причиной возрастающего доминирования требовательных к освещенности и обеспеченности минеральным азотом почвы

видов. Заболачивание почв пожарищ в сосняках со временем не выявлено, установлена обратная тенденция. После низовых устойчивых пожаров разной интенсивности почва сохраняет кислые свойства. Низовые пожары изменяют почвенные условия и видовой состав ЖНП, что изменяет кормовой спектр для представителей почвенных фитофагов.

#### 4.3 Влияние таксационных характеристик насаждения на показатели почвенной мезофауны после воздействия низовых пожаров

Изменения фауны почв, происходящие после пожаров, в значительной степени зависят от интенсивности и давности пожара. Пожар большей интенсивности сильнее влияет на показатели плотности трофических классов мезофауны (рисунок 1).

Средняя плотность учтенных почвенных беспозвоночных варьирует в связи с давностью устойчивого низового пожара, но максимальна для трофических классов на контроле (рисунок 2).

Общая плотность комплекса педофауны варьирует на контрольных пробных площадях в пределах от 35,4 до 68,3 шт./м<sup>2</sup>. Однако по данным М.Т. Лаврова (1968), в сосняке-брусничнике численность только фитофагов может достигать до 150,0 шт./м<sup>2</sup> в спелых и перестойных и до 217,4 шт./м<sup>2</sup> в средневозрастных насаждениях.

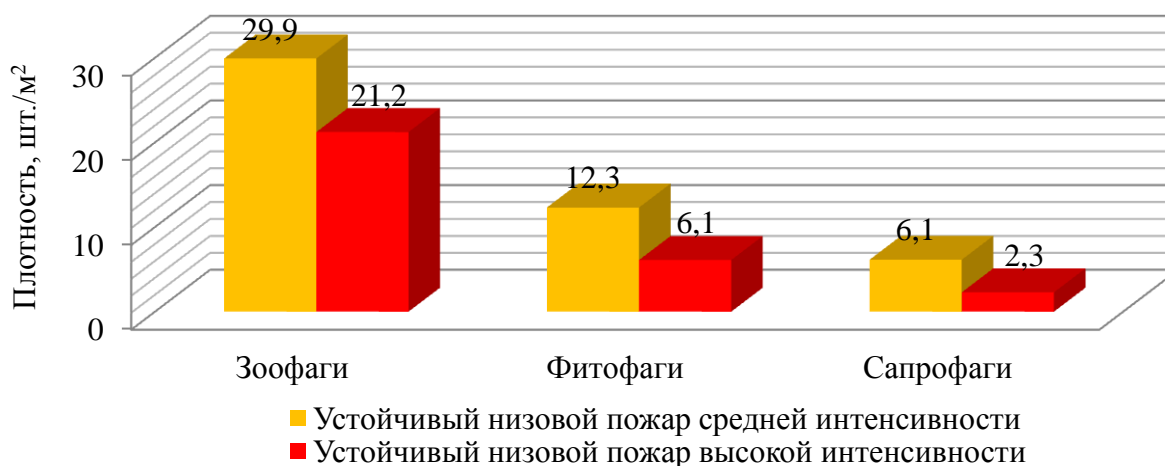


Рисунок 1 – Зависимость плотности трофических классов мезофауны от интенсивности пожара

Скорость восстановления плотности групп мезофауны находится в линейной зависимости от давности пожара. Ранее отмечалось, что обилие наземных насекомых уменьшается сразу после пожара, но затем увеличивается, по мере роста, молодых растений (Smith, 2000). В наших исследованиях наиболее близка к контрольным значениям суммарная плотность сапрофагов на пожарищах 4...5-летней давности, составляя до 80% от контроля. Плотность сапрофагов на двухлетнем пожарище более чем десятикратно уступает их плотности на контроле. Плотность зоофагов после пожара пятилетней давности превышает показатель контроля, а на пожарищах двухлетней давности – меньше показателя контроля в 2,5 раза.



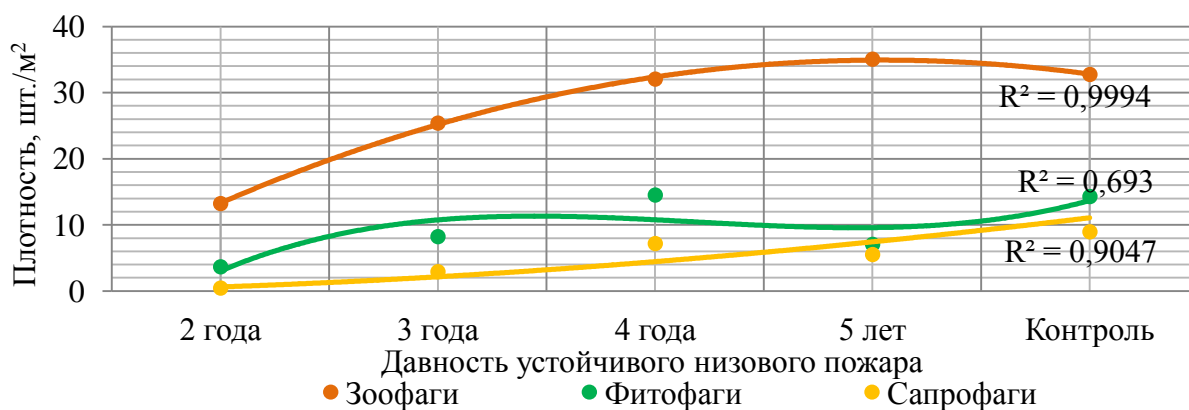


Рисунок 2 – Зависимость плотности трофических классов мезофауны от давности воздействия устойчивого низового пожара

Полученные нами результаты подтверждают исследования Е. Н. Краснощевой (2009), которая отметила, что пожары высокой интенсивности приводят к деградации почвенных сообществ – снижению численности мезоэдафона и упрощению структуры педокомплексов.

На контроле преобладают зоофаги в среднем в 2,3 раз над фитофагами и почти в четыре раза над сапрофагами (2,3:1,0:0,6). Ранее отмечалось господствующее положение хищников (до 93,8% численности мезофауны) и небольшое количество сапрофагов (до 2,0%), характерное для сосняков (Чумаков, 1999).

Учет мезофауны на площадях, нарушенных пожарами *средней интенсивности*, показал, что соотношение, близкое к допожарному, достигается спустя три-четыре года (2,4:1,0:0,5). Спустя два года после пожаров *высокой интенсивности* доля сапрофагов минимальна (в шесть раз ниже контроля), спустя пять лет – достигает контроля, в условиях 2...5-летней давности зафиксировано увеличение доли зоофагов до 1,6...2,2 раз.

После низовых устойчивых пожаров происходит уменьшение количества систематических групп мезофауны. На контроле отмечено 10...15 групп. Для условий трехлетней давности пожаров *средней интенсивности* характерно наличие представителей 11...12 групп, четырехлетней давности – 14 групп. Спустя 2...5 лет после устойчивых низовых пожаров *высокой интенсивности* отмечено 7...11 систематических групп эпигеобионтной и геобионтной мезофауны.

Нами прослежена динамика  $\alpha$ -разнообразия педофауны в связи с интенсивностью низовых пожаров и их давностью. После пожаров *средней интенсивности* 3...4-летней давности на первый план, наряду с личинками щелкунов, выходят представители хищных губоногих многоножек. В комплексе напочвенных беспозвоночных спустя 2...5 лет после пожаров *высокой интенсивности* доминантами становятся типичные поверхностнообитающие подвижные хищники – пауки и муравьи. Аналогичное место в численной иерархии сообщества занимают губоногие многоножки. Щелкуны становятся субдоминантами.

В результате низовых пожаров наименьшие изменения плотности испытывают щелкун *Selatosomus latus* F., двукрылые рода *Lasiopogon* Lw. Вариация плотности губоногих многоножек зависит от интенсивности пожара. Основу ком-

плекса жужелиц составляют *Calathus micropterus* Duft., *Pterostichus oblongopunctatus* F. и *Pterostichus melanarius* Ill., комплекса стафилинов – представители рода *Xantholinus* sp.. Низовые пожары способствуют уменьшению количества видов мезофауны до 1,4 раза (таблица 3) по сравнению с контролем за счет изменения количества видов щелкунов, жужелиц и стафилинов.

## 5 Влияние рубок леса на растительность и динамику почвенной мезофауны

### 5.1 Влияние добровольно-выборочных и сплошных рубок леса на санитарное состояние древостоев

Древостои на ПП относятся к категории «здоровых». При организации лесохозяйственных мероприятий в рубку назначались в первую очередь поврежденные, перестойные, спелые с замедленным ростом деревья, поэтому СКС древостоев пробных площадей в местах проведения добровольно-выборочных рубок и показатель их жизненного состояния равны показателям контрольных ПП (1,1 и 97% соответственно).

### 5.2 Влияние добровольно-выборочных и сплошных рубок леса на живой напочвенный покров

В результате добровольно-выборочных рубок слабой интенсивности наравне с доминантами контрольных ПП (*Pleurozium schreberi* Brid., *Vaccinium vitis-idaea* L.) начинает доминировать *Molinia caerulea* L., снижается на 20...30% общее проективное покрытие ЖНП. Для участков леса после сплошных санитарных рубок и сплошных рубок спелых насаждений характерно проективное покрытие 80% при доминировании дерновинного лесного вида *Calamagrostis epigeios* L. После добровольно-выборочных и сплошных рубок уменьшается число видов по сравнению с контролем (с 16 до 8).

Изученные рубки леса приводят к уменьшению увлажнения почвы, особенно сплошные (на 17,8%). Отмечен рост обеспеченности почвы минеральным азотом – при сплошных рубках на 91%. После сплошных рубок снижается кислотность почвенных растворов ближе к щелочной реакции. Освещенность напочвенного яруса в результате добровольно-выборочных интенсивностью 15...20% мало отличается от контроля, после сплошных рубок – увеличивается в 1,5 раза.

### 5.3 Влияние добровольно-выборочных и сплошных рубок леса на динамику почвенной мезофауны

Как добровольно-выборочные, так и сплошные (санитарные и рубки спелых насаждений) рубки леса приводят к снижению общей плотности мезофауны и плотности её трофических классов (рисунок 3), что подтверждает полученные ранее данные о снижении плотности беспозвоночных на лесосеках в 2...2,3 раза (Матвеев, 2011).

На контрольных пробных площадях отмечена самая высокая общая плотность почвенных беспозвоночных – 61,3 шт./м<sup>2</sup>.

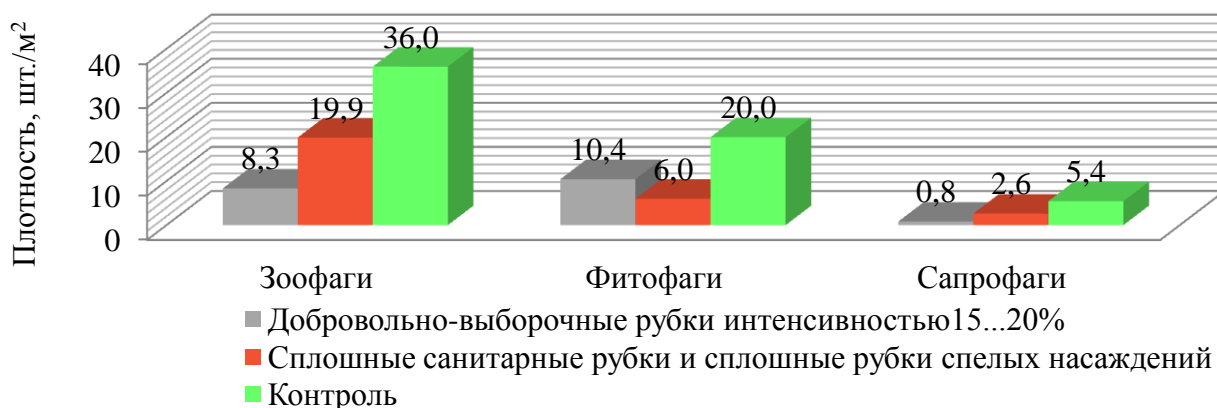


Рисунок 3 – Зависимость плотности трофических классов мезофауны от вида рубки леса

После добровольно-выборочных рубок интенсивностью 15...20% плотность мезофауны составляет 19,6 шт./м<sup>2</sup>, после сплошных – 42,3 шт./м<sup>2</sup>. В обоих случаях она представлена 10...12 систематическими группами.

В результате изученных рубок леса в 1,2...1,8 раза уменьшается количество видов за счет щелкунов (после выборочных), жужелиц и стафилинид.

На долю щелкунов и долгоносиков приходится почти половина общей численности мезофауны (46,9%), что подтверждает возрастающую роль фитофагов. По сравнению с контролем, где зоофаги почти в два раза преобладают над фитофагами и в шесть раз над сапрофагами, в результате изученных рубок леса в соотношении трофических классов наблюдается изменение (между зоофагами, фитофагами, сапрофагами) – значительно снижается доля зоофагов и сапрофагов (0,8:1,0:0,1).

В структуре сообществ мезофауны насаждений после проведения различных рубок леса, как и на контроле, зафиксировано преобладание щелкунов (16,5...18% от общей плотности почвенной мезофауны).

Основу комплекса эпигео- и геобионтов после добровольно-выборочных рубок составляют фитофаги, после сплошных – зоофаги. После изученных рубок леса значительно снижается плотность губоногих многоножек и первичных разрушителей опада – дождевых червей. Результаты наших исследований близки полученным в похожих условиях М.Т. Лавровым (1968), которым отмечено снижение (по сравнению с контролем) количества дождевых червей и всех многоножек при слабом изреживании древостоя до (15%) и при интенсивных рубках (40...70%).

Среди щелкунов преобладают *Selatosomus latus* F. и *Dolopius marginatus* L., среди двукрылых доминируют представители рода *Lasiopogon* Lw. Изученные рубки леса уменьшают плотность и количество видов активных хищников (жужелиц и стафилинов). Доминирующий на контроле вид жужелиц *Calathus micropterus* Duft., замещается группой видов в результате рубок леса (*Bembidion properans* Steph., *Loricera pilicornis* F., *Pterostichus melanarius* Ill. и *Carabus*

nemoralis Mull.). Основу комплекса коротконадкрылых составляют *Gabrius osseticus* Kol. и *Drusilla canaliculata* Fabr..

## **6 Влияние рекреации на состояние насаждения и динамику почвенной мезофауны**

### **6.1 Влияние рекреации на санитарное состояние древостоев**

Исследуемые древостои на ПП при I и II стадиях рекреационной дигрессии имеют малую степень ослабления. Средние показатели СКС для каждой из данных стадий дигрессии соответствуют нижнему пределу ослабленных древостоев. Сосновые древостои при III стадии рекреационной дигрессии ослаблены в большей степени (средний СКС равен 2,0).

### **6.2 Влияние рекреации на живой напочвенный покров**

В результате рекреационной деятельности происходит значительное увеличение видов ЖНП (с 15 – при I стадии рекреационной дигрессии до 23...24 – при II и III), постепенное снижение его общего проективного покрытия до 80%. Изменяется химизм почв, идентифицируемый растениями. При I...III стадиях рекреационной дигрессии показатель влажности почвы практически не меняет своего значения. Переход от условий I стадии дигрессии к III-ей сопровождается ростом обеспеченности почвы минеральным азотом в 1,5 раза. Кислая реакция почв не существенно варьирует на допустимых стадиях дигрессии, освещенность увеличивается с ростом рекреационного воздействия, как и проективное покрытие дерновинных растений.

### **6.3 Влияние рекреации на динамику почвенной мезофауны**

Мезофауна при I стадии рекреационной дигрессии имеет общую плотность 63,1 шт./м<sup>2</sup>, при II стадии плотность снижается до 59,2 шт./м<sup>2</sup> (рисунок 4). Повреждение деревьев, уменьшение мощности подстилки, нарушение ЖНП на III стадии дигрессии приводит к дальнейшему сокращению общей плотности до 39,9 шт./м<sup>2</sup>.

Динамика изменения общей плотности мезофауны в результате рекреации, зафиксированная Лавровым (1984), подтверждается результатами наших исследований. Однако существуют значительные количественные отличия. Общая плотность мезофауны при I и II стадиях дигрессии по данным М.Т. Лаврова (155,8 шт./м<sup>2</sup> и 135,7 шт./м<sup>2</sup>) превышает более чем в 2 раза полученные нами показатели. Наибольшее соответствие показателей отмечено в условиях III стадии (33,0 шт./м<sup>2</sup>).

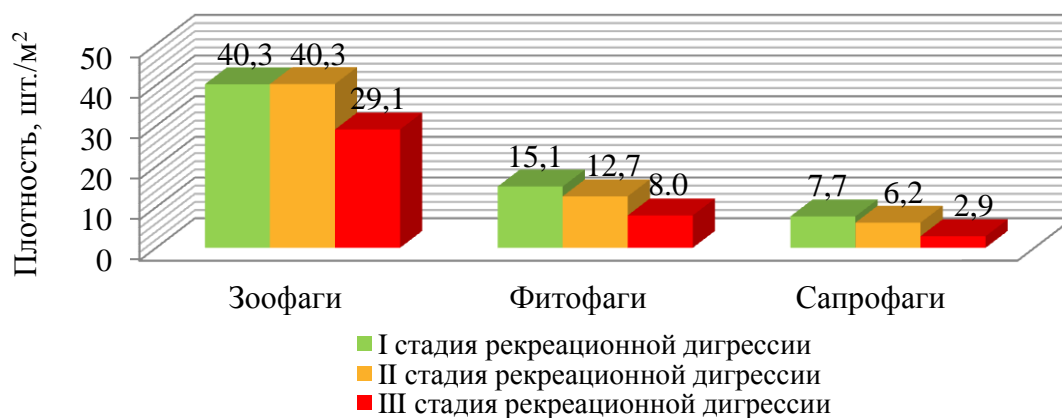


Рисунок 4 – Зависимость плотности трофических классов мезофауны от интенсивности рекреационной нагрузки

Сапрофаги, как основной агент деструкции опада, значительно снижают плотность при росте рекреационных нагрузок, что ведет к снижению их почвообразующей функции и ухудшению почвенных условий питания древесно-кустарниковой растительности, снижению их продуктивности и устойчивости. Различия в трофической структуре мезофауны на I (2,7:1,0:0,5) и II (3,2:1,0:0,5) стадиях дигрессии прослеживаются в увеличении преобладания зоофагов над фитофагами при неизменно малой доле сапрофагов. На III стадии дигрессии происходит незначительное дальнейшее увеличение преобладания зоофагов и снижение участия сапрофагов.

Наибольшее количество видов отмечено при I стадии рекреационной дигрессии (38), на следующих двух стадиях количество видов снижается на 15...35%.

При I стадии дигрессии доминирующими среди зоофагов являются хилоподы (19,1% всех беспозвоночных по численности). Среди фитофагов-корнегрызов преобладают личинки щелкунов (17,3%). При усилении рекреационных нагрузок до II стадии дигрессии становятся доминантами муравьи и пауки с долями 23,3% и 15,7% соответственно, незначительно возрастает доля личинок двукрылых и червей. Так же, как и для первой стадии, характерно преобладание щелкунов среди фитофагов. На III стадии дигрессии в сравнении с условиями I стадии дигрессии более чем втрое увеличивается доля личинок двукрылых (до 13,2%).

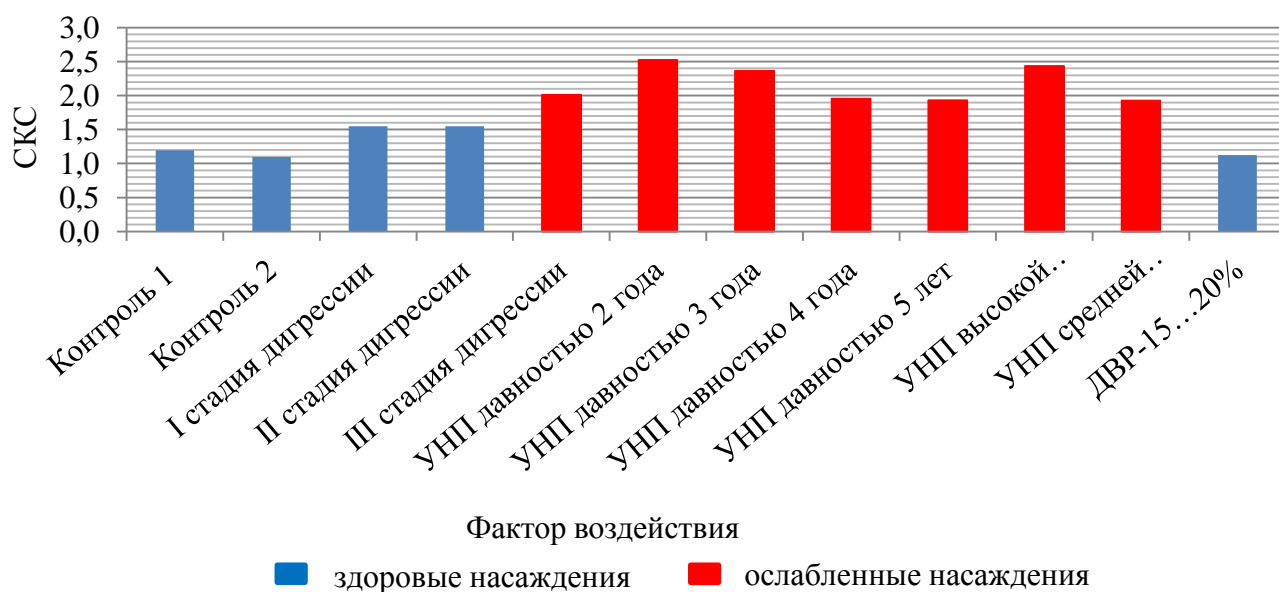
Среди зоофагов усиление рекреационных нагрузок приводит к значительному снижению плотности многоножек (с 12,1 шт./м<sup>2</sup> при I стадии до 4,7 шт./м<sup>2</sup> при III стадии) вместе с уменьшением встречаемости на 26,9%.

Основа группы щелкунов – виды *Selatosomus latus* F. и *Dolopius marginatus* L. – присутствуют в условиях различных рекреационных нагрузок в доминантном и субдоминантном положении. У двукрылых прослеживается тенденция увеличения плотности с ростом рекреационной нагрузки. В условиях возрастания рекреации несколько увеличивается общая плотность олигохет, личинок долгоносиков. Видовой состав жуужелиц при I и III стадиях дигрессии отличается мало. Основу комплекса коротконадкрылых составляют *Xantholinus tricolor* F., *Xantholinus linearis* Ol. и *Gabrius osseticus* Kol..

## 7 Сравнительное влияние группы изученных антропогенных факторов на компоненты лесного биогеоценоза

### 7.1 Сравнительное влияние группы изученных антропогенных факторов на санитарное состояние древостоев

Результат влияния антропогенных факторов на санитарное состояние древостоев зависит от многих факторов, основными из которых являются вид и интенсивность воздействия.



УНП – устойчивый низовой пожар, ДВР-15...20% – добровольно-выборочные рубки интенсивностью 15...20% по запасу

Рисунок 5 – Состояние древостоев после изученных антропогенных воздействий

Санитарное состояние древостоев под воздействием рекреации на первых двух стадиях депрессии находится на границе между «здоровыми» и «ослабленными» и соответствует нижнему пределу ослабления. После добровольно-выборочных рубок СКС соответствует контролю. На второй год после низовых пожаров древостой сосны являются сильно ослабленными, с увеличением давности пожарищ состояние выживших деревьев улучшается. В условиях III стадии депрессии, а также при наличии очага пожара давностью от трех до пяти лет различной интенсивности санитарное состояние древостоя оценивается как «ослабленное». На ослабление состояния сосняков наибольшее влияние оказывают низовые устойчивые пожары.

### 7.2 Сравнительное влияние группы изученных антропогенных факторов на структуру живого напочвенного покрова

В результате внешних стрессовых воздействий происходят структурные изменения в живом напочвенном покрове, заключающиеся в изменении общего проективного покрытия, количества видов растений и степени их доминирования (таблица 1).

Через три года после низового пожаров и после сплошной санитарной рубки наблюдается максимальное  $\alpha$ -разнообразие, а после добровольно-выборочных рубок и сплошных рубок спелых насаждений – наименьшее количество видов растений. Наибольшему снижению общего проективного покрытия ЖНП способствуют низовые устойчивые пожары давностью до четырех лет.

Таблица 1 – Динамика ЖНП при антропогенных воздействиях

Фактор антропогенного воздействия	Количество видов ЖНП	Общее проективное покрытие, %
Устойчивый низовой пожар давностью 2 года	21	50...80
Устойчивый низовой пожар давностью 3 года	29	50...80
Устойчивый низовой пожар давностью 4 года	20	50...80
Устойчивый низовой пожар давностью 5 лет	9	80
Контроль 1	18	100
Добровольно-выборочные рубки интенсивностью 15..20%	8	70...80
Сплошная рубка спелых насаждений	8	80
Контроль 2	16	100
Сплошная санитарная рубка	28	80...90
I стадия рекреационной дигрессии	15	95...100
II стадия рекреационной дигрессии	24	90
III стадия рекреационной дигрессии	23	80

Изменения почвенных условий под воздействием антропогенных факторов достаточно хорошо идентифицируются составом живого напочвенного покрова. Нами установлено, что рубки леса наиболее сильно изменяют почвенно-экологические условия. После сплошных рубок максимально увеличивается освещенность и достигается наибольшее отклонение кислотности почвы в сторону щелочной реакции, а выборочные рубки приводят к наибольшему увеличению влажности почвы.

### 7.3 Сравнительное влияние группы изученных антропогенных факторов на динамику почвенной мезофауны и биологический круговорот веществ

После пожаров средней интенсивности отмечено снижение общей плотности мезофауны в сравнении с контролем (56,1 шт./м<sup>2</sup>) в 1,2 раза, и в 1,8 раза – после пожаров высокой интенсивности. В зависимости от давности пожара плотность педобионтов изменяется от 17,4 шт./м<sup>2</sup> (в 3,2 раз меньше контроля) при двухлетней давности до 47,7 шт./м<sup>2</sup> при пятилетней.

После добровольно-выборочных рубок плотность мезофауны составляет 19,6 шт./м<sup>2</sup>, что соответствует в наших исследованиях биотопу спустя два года после устойчивого низового пожара.

В условиях I стадии рекреационной дигрессии общая плотность мезофауны (63,1 шт./м<sup>2</sup>) соответствует контролю. При II стадии дигрессии плотность снижается незначительно (59,2 шт./м<sup>2</sup>). При III стадии рекреационного воздействия от-

мечено значительное снижение общей плотности мезофауны почв, которое численно соответствует началу восстановления плотности при послепожарной сукцессии через три года после пожара (39,9 шт./м<sup>2</sup>).

После сплошных рубок спелых насаждений общая плотность почвенной мезофауны в 1,5 раза ниже контроля (42,3 шт./м<sup>2</sup>) и более чем в 2 раза превышает плотность её после добровольно-выборочных рубок (19,6 шт./м<sup>2</sup>). На участках, пройденных пожарами с последующим проведением сплошной санитарной рубки общая плотность почвенной мезофауны составляет 21,6 шт./м<sup>2</sup>.

Соотношение между трофическими классами мезофауны определяет темпы и характер процессов деструкции опада при влиянии различных антропогенных факторов. Воздействия низовых пожаров, изученных рубок леса и рекреации вносят различные изменения в трофическую структуру комплекса мезофауны (таблица 2).

В результате различных антропогенных воздействий комплекс первичных разрушителей – сапрофагов уменьшает плотность поселения и долю в трофической структуре, особенно при рубках и в результате сильных пожаров.

Таблица 2 – Показатели трофических классов мезофауны в зависимости от вида антропогенного воздействия

Воздействие	Соотношение плотностей (зоофаги : фитофаги : сапрофаги)	Плотность классов, шт./м <sup>2</sup>			
		Зоофаги	Фитофаги	Сапрофаги	Общая
Контроль 1	2,3:1,0:0,6	32,8	14,3	9,0	56,1
Устойчивый низовой пожар высокой интенсивности	3,5:1,0:0,4	21,2	6,1	2,3	29,6
Устойчивый низовой пожар средней интенсивности	2,4:1,0:0,5	29,9	12,3	6,1	48,3
Добровольно-выборочные рубки интенсивностью 15..20%	0,8:1,0:0,1	8,3	10,4	0,8	19,6
Сплошные рубки	3,3:1,0:0,4	19,9	6,0	2,6	28,5
Контроль 2	1,8:1,0:0,3	36,0	20,0	5,4	61,4
I стадия рекреационной дигрессии	2,7:1,0:0,5	40,3	15,1	7,7	63,1
II стадия рекреационной дигрессии	3,2:1,0:0,5	40,3	12,7	6,2	59,2
III стадия рекреационной дигрессии	3,6:1,0:0,4	29,1	8,0	2,9	39,9

При рекреационном использовании лесов доля сапрофагов уменьшается с ростом рекреационной нагрузки. Постпирогенная реабилитация сосняков сопровождается восстановлением комплекса сапрофагов: спустя 4...5 лет их плотность приближается к контролю.

Изученные антропогенные воздействия также снижают плотность поселения фитофагов. Наиболее сильно их плотность сокращается после сплошных рубок и пожаров высокой интенсивности (в 3,3 и 2,3 раза соответственно).



Добровольно-выборочные рубки леса слабой интенсивности – единственный вид антропогенного воздействия, в результате которого отмечено преобладание зоофагов над прочими трофическими классами.

Основу комплекса зоофагов составляют хищные эпигеобионты, тесно связанные трофически с другими классами почвенной мезофауны. Основным результатом антропогенного воздействия проявляется в снижении плотности. При сплошных рубках плотность зоофагов снижается в 1,8 раза, при выборочных – в 4,3 раза. Низовые устойчивые пожары и рекреационные нагрузки увеличивают их долю в комплексе мезофауны.

Для фитофагов и сапрофагов характерно уменьшение плотности поселения при усилении рекреационных нагрузок и интенсивности низовых пожаров.

Сравнительная оценка с использованием индекса Симпсона и Шеннона-Уивера свидетельствует о том, что спустя три года после устойчивых низовых пожаров происходит уменьшение видового разнообразия мезофауны (индекс 8,8) по сравнению с контролем (таблица 3).

Таблица 3 – Видовое разнообразие и выравненность в исследованных комплексах мезофауны

Показатель	Вид воздействия								
	УНП давностью три года	УНП давностью четыре года	УНП давностью пять лет	Контрольные пробные площади	ДВР- 15...20%	Сплошная рубка спелого насаждения	I стадия рекреационной дигрессии	II стадия рекреационной дигрессии	III стадия рекреационной дигрессии
Индекс Симпсона	8,8	11,8	10,1	11,0	7,7	7,3	15,7	15,1	16,7
Индекс Шеннона-Уивера	2,5	2,8	2,7	2,7	2,3	2,4	3,1	3,1	2,4
Индекс Хилла	1,8	1,9	1,6	1,7	1,8	1,6	1,9	1,8	4,3
Количество видов	20	27	25	28	16	23	38	32	25

УНП – устойчивый низовой пожар, ДВР-15...20% – добровольно-выборочные рубки интенсивностью 15...20% по запасу

После сплошных и добровольно-выборочных рубок интенсивностью 15...20% зафиксированы наименьшие индексы видового разнообразия – 7,3 и 7,7 соответственно. Влияние рекреации отмечено в увеличении видового разнообразия почвенной мезофауны.

Видовое разнообразие контроля может достигаться в послепожарных условиях через 4...5 лет. Проведение различных рубок способствует наибольшему уменьшению  $\alpha$ -разнообразия. Наибольший индекс  $\alpha$ -разнообразия Симпсона отмечен при III стадии рекреационной дигрессии.

Расчет равномерности распределения видов по их обилию в сообществе (по Хиллу) показал, что в условиях контроля за счет наличия видов-доминантов с высоким обилием выравненность (1,7) оказалась меньше, чем в условиях устойчивого низового пожара трех- и четырехлетней давности (1,8 и 1,9 соответственно), где обилие относительно равномерно распределено между несколькими видами.

Проведение добровольно-выборочных рубок слабой интенсивности также способствовало увеличению выравненности по сравнению с контролем до показателя 1,8. При воздействии рекреации выравненность выше, чем на контроле, с максимумом на III стадии, где большинство видов имеют относительно равную плотность поселения.

Анализ сравнительного влияния антропогенных воздействий на динамику мезофауны целесообразно рассматривать в связи с целью повышения эффективности использования мезофауны. Результат антропогенного воздействия может иметь больший или меньший положительный эффект на педобионтов. Несмотря на общую тенденцию снижения плотности мезофауны при всех рассматриваемых факторах, отмечены различные тенденции в динамике отдельных видов, групп и трофических классов мезофауны.

## **8 Выводы и рекомендации по результатам исследований**

### **8.1 Выводы по результатам исследований**

1. Все виды изученных антропогенных воздействий приводят к снижению плотности поселения большинства систематических групп мезофауны, уменьшению их количества и снижению доли в трофической структуре мезофауны (особенно при низовых устойчивых пожарах и изученных рубках леса) наиболее значимой для деструкции опада группы сапрофагов.

2. Наиболее мощный фактор снижения  $\beta$ -разнообразия – комплексное воздействие низового пожара и последующей сплошной санитарной рубки – приводит к исчезновению до пяти систематических групп мезофауны. Наибольшее снижение  $\alpha$ -разнообразия почвенной мезофауны происходит после изученных рубок, максимальное уменьшение общей плотности – после устойчивых низовых пожаров: в 1,2...3,2 раза в зависимости от интенсивности и давности пожара.

3. При усилении рекреационного воздействия на леса отмечается увеличение  $\alpha$ -разнообразия почвенной мезофауны, возрастание плотности наибольшего количества систематических групп. Среди вредителей леса увеличивается плотность долгоносиков и пилильщиков, среди сапрофагов – земляных червей, среди зоофагов – хищных жужелиц и личинок двукрылых. При предельно допустимой рекреационной нагрузке общая плотность почвенной мезофауны снижается в 1,6 раза.

4. После изученных рубок леса общая плотность мезофауны ниже контроля в 1,5...3,1 раза в зависимости от вида рубок, только четыре группы мезофауны восстанавливают встречаемость и плотность до значений контроля. После всех сплошных рубок увеличивается плотность поселения отдельных групп (муравьев, щелкунов, кивсяков и совок).

5. Встречаемость и плотность десяти из 15 систематических групп мезофауны восстанавливается до значений контроля через пять лет после устойчивого низового пожара, видовое разнообразие – через четыре...пять лет.

6. Индикатором степени антропогенного воздействия является  $\alpha$ - и  $\beta$ -разнообразие мезофауны. При экологическом и лесопатологическом мониторингах

встречаемость и плотность поселения фоновых видов мезофауны могут служить данными индикаторами, особенно: *Selatosomus latus* F. и *Dolopius marginatus* L. среди щелкунов, род *Lasiopogon* Lw. среди двукрылых, *Dendrobaena octaedra* Sav. среди Lumbricidae, *Calathus micropterus* Duft., *Pterostichus oblongopunctatus* F. и *Pterostichus melanarius* Ill. среди жуужелиц, а также *Gabrius osseticus* Kol., *Drusilla canaliculata* Fabr., *Xantholinus tricolor* F. и *Xantholinus linearis* Ol. среди стафилинов.

7. Изученные антропогенные воздействия изменяют экологические условия местообитания мезофауны, состав и структуру ЖНП, а также состояние древостоев. Все изученные антропогенные воздействия приводят к снижению общего проективного покрытия ЖНП, увеличению содержания в почве минерального азота и росту освещенности поверхности из-за разреживания древостоя. Изученные рубки леса приводят к снижению влажности почвы. Ослабление сосновых древостоев в результате низовых пожаров напрямую связано с возрастом древостоя и интенсивностью пожара; отпад поврежденных стволов на четвертый год после устойчивого низового пожара снижается и приближается к размеру естественного текущего.

## 8.2 Общие рекомендации по использованию динамики почвенной мезофауны в экологическом мониторинге и лесохозяйственном производстве

1. В системе экологического мониторинга для выявления ослабления лесного биогеоценоза нами рекомендован показатель оптимальной общей плотности эпигео- и геобионтной мезофауны ( $60 \pm 5$  шт./м<sup>2</sup>) для здоровых чистых сосняков-брусничников III...V классов возраста на слабо- и среднеподзолистых песчаных почвах (в период с июня по сентябрь без аномальных погодных условий). Снижение данного значения следует рассматривать как показатель воздействующих на биоценоз дестабилизирующих факторов.

2. Показателем нарушенности лесной среды также целесообразно использовать снижение доли сапрофагов относительно доли зоофагов (в сравнении с контролем для данных условий).

3. При проведении работ с июня по сентябрь на пробных площадях государственной инвентаризации сосновых лесов рекомендуется ведение учета почвенной мезофауны с определением общей плотности и соотношения трофических классов.

4. Для регулирования численности вредителей леса в системе лесопатологического мониторинга и контроля активности важнейших участников круговорота веществ необходимо учитывать динамику их показателей после различных антропогенных воздействий. Среди вредителей леса после изученных сплошных рубок леса происходит увеличение плотности щелкунов, при рекреационном воздействии возрастает плотность личинок долгоносиков и пилильчиков. После устойчивых низовых пожаров, рекреационных нагрузок допустимых уровней дигрессии происходит замещение доминантной позиции щелкунов группами типичных зоофагов (муравьев и пауков), которые могут быть использованы как основа

биологических лесозащитных систем. Плотность поселения муравьев увеличивается в 1,5 раза после изученных сплошных рубок.

*Публикации по теме диссертации:*

1. Кистерный, Г.А. Трансформация комплексов почвенной мезофауны при рекреационных нагрузках в сосняках Опытного отдела УОЛ БГИТА [Текст] / Г.А. Кистерный, **К.В. Дорохов** // Леса Евразии – Брянский лес: Материалы XI Междунар. конф. молодых учен. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2011. – С. 196-197.

2. **Дорохов, К.В.** Динамика почвенной мезофауны сосняков при воздействии низовых пожаров разной давности и интенсивности [Текст] / К.В. Дорохов // Инновац. наука и соврем. о-во: сб. ст. междунар. науч.-практич. конф. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – Ч. 2. – С. 20-23.

3. **Дорохов, К.В.** Влияние пожаров на видовую структуру и проективное покрытие живого напочвенного покрова как кормовой базы почвенной мезофауны [Текст] / К.В. Дорохов // Актуал. вопр. развития науки: сб. ст. междунар. науч.-практич. конф. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – Ч. 5. – С. 85-92.

4. **Дорохов, К.В.** Влияние пожаров на санитарное состояние древостоев как фактора в динамике численности почвенной мезофауны [Электронный ресурс] / К.В. Дорохов // Лесное хоз-во – 2013. Актуал. проблемы и пути их решения: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. / Нижегород. гос. с.-х. акад. – Электрон. текст. дан. – Н. Новгород, 2014. – С. 120-125. – режим доступа: <https://yadi.sk/d/ORENLa4wF4P3P>

5. **Дорохов, К.В.** Комплексное влияние пожаров на структуру и численность почвенной мезофауны [Текст] / К.В. Дорохов // Актуал. проблемы системы лесопользования, ландшафт. архитектуры: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Брянск: БГИТА, 2014. – С. 40-43.

*Работы, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:*

1. **Дорохов, К.В.** Влияние антропогенных воздействий на динамику трофической структуры и плотности мезофауны [Текст] / К.В. Дорохов, В.П. Шелухо // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестн. – 2014. – Т. 18, вып. 4. – С. 103-111.

2. **Дорохов, К.В.** Изменение видового состава и популяционной структуры почвенной мезофауны в результате низовых пожаров и рубок леса [Текст] / К.В. Дорохов, В.П. Шелухо // Вестн. Поволжск. гос. технич. ун-та. Сер. «Лес. Экология. Природопользование». – 2014. – № 4(24). – С.31-47.

Подписано к печати 30.04.2015 г.

Формат 60×84 1/16. Тираж 100 экз. Объем 1,1п.л.

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

241037, г. Брянск, пр-т Станке Димитрова, 3

Отпечатано в издательском центре БГИТА