

На правах рукописи

**Кондратов Евгений Владимирович**

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ  
В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

03.00.16 – Экология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Братск 2009

Работа выполнена на кафедре Лесоинженерного дела  
ГОУ ВПО «Братский государственный университет» (г. Братск)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Угрюмов  
Борис Иванович

Официальные оппоненты – доктор биологических наук, профессор  
Воронин Виктор Иванович  
кандидат технических наук, доцент  
Никифорова Валентина Александровна

Ведущая организация – Сибирский Научно-исследовательский  
институт Целлюлозно-бумажной  
промышленности («СибНИИ ЦБП»)

Защита диссертации состоится «22» декабря 2009 г. в 10<sup>00</sup> часов на  
заседании диссертационного совета ДМ 212.018.03 в Братском государственном  
университете по адресу: 665709, г. Братск, ул. Макаренко-40.

Факс: (3953) 33-20-08

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями  
просим присылать ученому секретарю диссертационного совета ДМ 212.018.03  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БрГУ.

Автореферат разослан «20» ноября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

Чжан С.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Сохранение лесов и повышение их продуктивности - одно из необходимых условий устойчивого развития человеческого общества в XXI веке. Глобальной проблемой современности является загрязнение лесов в результате различных факторов антропогенного воздействия.

В районе города Братска наблюдается техногенное усыхание сосновых древостоев на протяжении длительного периода. Влияние насекомых-вредителей на процесс отпада древостоев в зонах промышленного загрязнения является фактором естественного отбора в развитии древостоев.

Механизмы влияния стволовых вредителей на естественное развитие древостоев изучены довольно полно, как и возможные последствия их деятельности. Однако влияние кормобинтов на динамику состояния древостоев в зонах промышленного загрязнения требует более детального изучения во всех аспектах его проявления.

Актуальность работы заключается в изучении влияния энтомовредителей на процесс развития сосновых древостоев в районе города Братска, в котором сконцентрированы предприятия, выбрасывающие в атмосферу большое количество вредных веществ.

### **Цель и задачи исследований.**

Целью настоящей работы является установление степени влияния энтомовредителей, как одного из основных факторов естественного отбора в развитии сосновых древостоев г. Братска в условиях аэротехногенного загрязнения.

Для достижения цели были поставлены следующие основные задачи:

1. Выявить степень влияния дымовых и газовых выбросов на лесные экосистемы в зависимости от рельефа и удаленности от источника загрязнения.
2. Установить динамику отмирания сосновых древостоев и динамику состояния естественного возобновления в зонах загрязнения.
3. Установить динамику основных популяционных показателей энтомовредителей сосновых древостоев в зонах загрязнения.
4. Определить причины состояния динамики популяций насекомых-вредителей в зонах загрязнения.
5. Разработать простейшие лесоводственные мероприятия по снижению отрицательного воздействия промвыбросов на лесные ценозы.

### **Методы исследования.**

В процессе проведения исследований были проведены натурные исследования состояния и отпада сосновых древостоев, исследования в молодняках, анализ короедной модели для основных видов кормобинтов, исследования содержания химических веществ в разных частях и тканях *Pinus sylvestris* L., использованы математическая статистика, пакеты программ Microsoft Office, Statistica, MathCad.

### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Динамика состояния сосновых древостоев в районе г. Братска.
2. Динамика популяционных показателей кормобионтов семейства Iridae для разных зон загрязнения.
3. Влияние изменения химизма загрязняющих веществ на состояние и развитие популяционных кормобионтов.
4. Комплексных лесоводственных мероприятий по улучшению состояния насаждений.

**Научная новизна работы.** Новизна проведенных исследований заключается в том, что впервые проведены длительные стационарные наблюдения за динамикой популяционных показателей кормобионтов сосновых древостоев в условиях промышленного загрязнения и установлена причина их состояния.

**Теоретическая значимость.** Результаты работы позволяют более полно раскрыть механизмы толерантности кормобионтов к аэротехногенному загрязнению среды, характеризуют взаимосвязи содержания поллютантов в тканях и органах дерева с активностью размножения кормобионтов сосны в условиях загрязнения фторсодержащими эмиссиями.

**Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы для расширения мер по улучшению состояния насаждений в зонах загрязнения выбросами алюминиевых производств в районе г. Братска и других городов, имеющих схожий характер загрязнения атмосферы.

**Апробация работы.** Основные результаты были представлены на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы лесного комплекса», Брянск 2006; XI Международной научно-практической конференции «Экология и жизнь», Пенза 2006; VIII(XXX) Всероссийской научно-технической конференции «Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири», Братск 2009.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, из них 1 статья в рецензируемом журнале ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка используемых источников и приложения; изложена на 184 страницах, включает 35 таблиц и 58 рисунков. Приложение содержит 1 страницу, в том числе 1 таблицу. Список используемых источников включает 116 наименований, в том числе 11 - иностранных.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также научные положения, выносимые на защиту. Содержатся данные об апробации работы, структуре и объеме диссертации.

Авторами отмечено, что саморегуляция состояния древостоя не происходит по нескольким причинам: во-первых, поступление

загрязняющего вещества в атмосферу не прекращается; во-вторых, почвы с высокой способностью аккумуляции истощаются; в-третьих, ослабленные деревья продолжают питание и способствуют угнетению относительно здоровых; в-четвертых, энтомофиты не влияют на отпад пораженных деревьев; в-пятых, древесный отпад не подвергается разложению организмами-деструкторами.

**В первой главе** проведен обзор работ, посвященных изучению влияния аэропромвыбросов на состояние насаждений и энтомофауны в зонах загрязнения следующих авторов: Гудериан, Смит, Г.М. Илькун, Ю.З. Кулагин, А.В. Селиховкин, О.И. Катаев, Т.А. Михайлова, Е.Г.Мозолевская, М.Н. Печенежская, D. William A. Hunt, В.В. Племенков, К.В. Лебедева, Пендиас, Кабата-Пендиас, Е.Н.Теребова, В.Т. Ярмишко, Н.М. Шебалова и другие.

**Во второй главе** приведена характеристика района исследования, подвергающегося атмосферному загрязнению в результате непрерывных эмиссий алюминиевого завода и целлюлозно-картонного комбината.

Район исследования является наиболее благоприятным для произрастания хвойных бореальных лесов высокой продуктивности. Природно-климатические условия способствуют развитию сосновых древостоев, снижая влияние биогенных факторов среды. В теплый период года выпадает до 75% годовой суммы осадков, которая равна 369 мм. Продолжительность безморозного периода колеблется от 73 до 127 дней. В среднем он составляет 100 дней. Сумма положительных температур составляет 1353-1564°, а средняя мощность снегового покрова – 40 см. Данные условия благоприятны лишь для хвойных сосново-лиственничных насаждений и сопутствующей им микрофлоры.

Братский алюминиевый завод и лесопромышленный комплекс являются основными источниками промышленных эмиссий, их вклад в общую массу загрязнений составляет 111,5 т и 18 т соответственно (рис. 1).

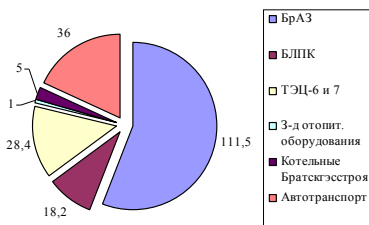


Рисунок 1 - Соотношение количества поступления загрязняющих веществ от предприятий г. Братска, тыс. т.

**В третьей главе** приведена методика проведения исследований, целью которых является изучение в натуральных условиях изменения показателей состояния и отпада сосновых насаждений во времени, состояния энтомофитов района загрязнения, химического анализа содержания

поллютантов, питательных веществ и феромонов насекомых в тканях и органах дерева.

Для выявления особенностей динамики энтомокомплекса сосновых древостоев проведено натурное лесопатологическое обследование на 72 постоянных и временных пробных площадях. Исследовано 12 короедных моделей из зоны слабого загрязнения и контрольной территории, так же проведены химические анализы содержания токсических, питательных веществ и феромонов насекомых в разных тканях и органах ослабленных и здоровых деревьях *Pinus sylvestris* L.

Лесопатологическое обследование сосновых древостоев проводилось по стандартной методике. Пробные площади расположены выборочно, в соответствии с принадлежностью к определенной зоне загрязнения, размер их определялся из расчета 200 деревьев на пробную площадь. В ходе обследования выведены характеристики среднего балла состояния древостоя, абсолютный и относительный отпад по годам, градиент отпада и особенности поражения насаждений в зависимости от различных таксационных показателей и др.

Балл состояния насаждения определялся как средневзвешенная величина.

Исследования в молодняках включают в себя учет факторов расстояния от источников загрязнения, орографии местности и наличия материнского полога. На 34 пробных площадях размером 5х5 м произведена таксация молодняков включая всходы.

Анализ короедных моделей осуществлен в зоне слабого загрязнения, наиболее подверженной к энтомоинвазиям. В качестве нормы взяты модельные деревья территории, не подверженной воздействию аэротехногенного загрязнения – контроля. При использовании методики произведено исследование основных популяционных показателей кормобионтов, наиболее типичных для сложившихся условий. По методу двухметровых отрубков, обеспечивающему наибольшую достоверность, определены важные показатели короедной модели на отдельные палетки, в пересчете на пробную площадь и на гектар.

В каждом случае бралось по 10 модельных деревьев. После повала модели и ее разметки, на каждом нечетном метре выпиливался двухметровый отрубков. Отрубков концентрировались в одном месте, где на предварительно разосланном пологе и проводились все работы, связанные с учетом на круговых полуметровых палетках.

Для просчета показателей определялась боковая поверхность учетных палеток ( $S_{\text{пал.}}$ ) и всего района поселения ( $S_{\text{р.п.}}$ ) вредителя, позволяющая определить остальные показатели в пересчете на 1 гектар.

С целью выявления особенностей накопления загрязняющих веществ в кормовом субстрате стволовых вредителей проведен химический анализ образцов хвои и луба сосны в различных зонах загрязнения на разной высоте ствола (анализ луба). Вытяжки из образцов подвергались спектрально эмиссионному анализу по методикам (ГОСТ 24231-80, ГОСТ 9717.1-82, ГОСТ 9519.2-77, ГОСТ 2787-75). Погрешность определения не превышает 5 %.

Содержание фтора определялось согласно «Методическим указаниям по ионометрическому определению содержания фтора в растительной продукции, кормах и комбикормах» ЦИНАО (ВНИИА).

Определение содержания питательных веществ произведено в образцов, отобранных из сильно ослабленных деревьев как опытных и здоровых – контрольных. Определение целлюлозы производилось по методу Кюршнера и Хофена, пентозанов - колориметрическим методом, лигнина - по методу Кенига в модификации Комарова, смол и жиров - экстракцией спирто-бензольной смесью.

Качественный и количественный анализ монотерпенов проводился методом газо-жидкостной хроматографии на газовом хроматографе ЛХМ-7А. Величина погрешности не превышает значения 5 %.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи компьютерных программных средств.

**В четвертой главе** отражены результаты исследования динамики состояния древостоев.

Основной лесообразующей породой района исследований является сосна. Так же она обладает наибольшей чувствительностью к воздействию аэротехногенного загрязнения. По изменению состояния сосновых древостоев можно судить об изменении состояния лесных экосистем в районе загрязнения. Большое влияние на пространственную дифференциацию сосновых древостоев по категориям состояния оказывают направление преобладающих ветров (роза ветров) и особенности рельефа (экспозиция склона). Кроме того важным фактором изменения категории состояния служит удаленность древостоев от источника загрязнения. По мере удаления от источника загрязнения и от линии преобладания направления ветра, а также по мере снижения высоты (уход от факела выброса) увеличивается средний балл насаждения, увеличивается доля здоровых деревьев и снижается процент сухостоя.

Основной причиной усыхания древостоев вокруг г. Братска является загрязнение промышленными выбросами Братского алюминиевого завода и Братского лесопромышленного комплекса. Средний балл состояния насаждений в непосредственной близости колеблется от 3,61 до 4,69 и уменьшается в зависимости с расстоянием до 1,5 в среднем на расстоянии 11-12 км.

В непосредственной близости от источников загрязнения ухудшение состояния сосновых древостоев происходит в зависимости от пространственного распространения аэропеллютантов, обусловленного направлением преобладающих ветров. Так, древостои северо-западной части санитарно-защитной зоны БрАЗа (минимальная вероятность преобладающих ветров) имеют средний балл состояния, равный 3,59. С юго-восточной стороны (направление преобладающих ветров) – 5,25. Так же проявляется особенность удаления от заводов-загрязнителей и экспозиции склонов, на которых произрастают насаждения.

В трех зонах загрязнения древостои подвергаются непрерывному воздействию загрязнения, что характеризует их постоянную деградацию. Так

среднегодовое увеличение среднего балла состояния за период 1996-2003 гг. для зон сильного, среднего, слабого загрязнения и контроля составляет 0,048; 0,218; 0,243 и 0,251 балл/год соответственно (рис. 2).

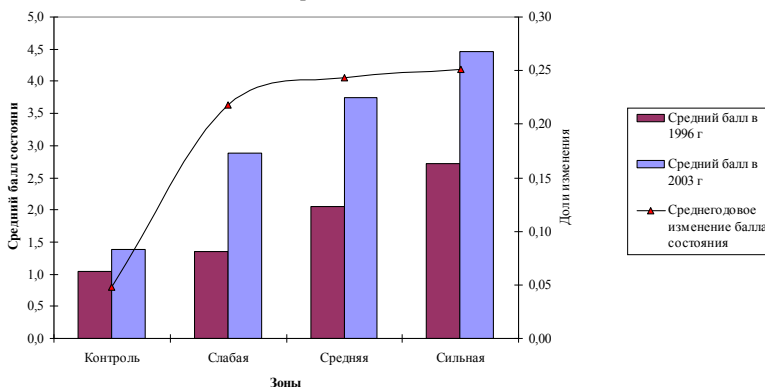


Рисунок 2 - Изменение среднего балла состояния сосновых насаждений по зонам загрязнения

Увеличение изменения среднего балла состояния древостоев указывает на прогресс деградации насаждений как в зоне сильного загрязнения, так и в зонах слабого и среднего загрязнения.

За последние 5 лет лишь в контроле наблюдается улучшение состояния насаждений, характеризующиеся величиной рассматриваемого отношения равной 95,84 %.

Наибольшее значение данного показателя наблюдается в зоне слабого загрязнения на п.п. №9 и составляет 123,93 %, что означает увеличение прогрессии ухудшения состояния на исследуемой площади примерно в четверть раза.

Факт того, что относительный отпад деревьев *Pinus sylvestris* L. по боковой поверхности ствола в зонах загрязнения превышает отпад по количеству стволов, градиент отпада превышает единицу и в разные периоды достигает максимума в значениях 3,21, 1,36 и 1,54 соответственно (рис. 3).



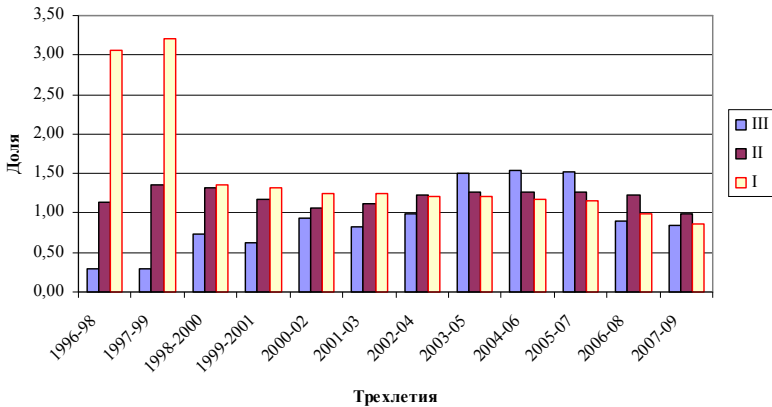


Рисунок 3 - Характеристика градиента отпада сосны по трехлетиям в трех зонах загрязнения (I-зона сильного, II-среднего, III-слабого загрязнения)

Отпад древостоев происходит за счет отмирания крупномерных деревьев, что характерно для насаждений, подверженных негативному антропогенному влиянию. Поскольку для пораженного энтомофитами насаждения характерна другая ситуация отпада (отпад за счет тонкомерных деревьев), не выявлена роль участия насекомых в процессе усыхания лесов. В 2004-2007 гг. происходит интенсивное увеличение значений показателей отпада в зонах среднего и сильного загрязнения как по числу стволов – 4,68 и 4,72 соответственно, так и по боковой поверхности – 5,80 и 5,51 соответственно. Таким образом, деградация древостоев усиливается при переходе в интенсивную форму из экстенсивной.

**В пятой главе** выявлен вклад естественного возобновления в процесс развития популяций сосны. Абсолютной гибели древостоев не происходит за счет достаточного естественного возобновления – 22,8-37,1 тыс. шт./га., относительно благоприятно протекающего под материнским пологом, принимающим на себя основную долю загрязнения. При этом, средний возраст насаждения в зонах сильного и среднего загрязнения составляет 60-80 лет.

Во всех зонах загрязнения численность возобновления является достаточной для нормального возобновления поврежденных лесов. Так для зон сильного, среднего, слабого загрязнения и контроля количество подроста вместе со всходами равняется 22,8; 39,7; 37,1 и 38,1 тыс. шт./га соответственно (рис. 4).

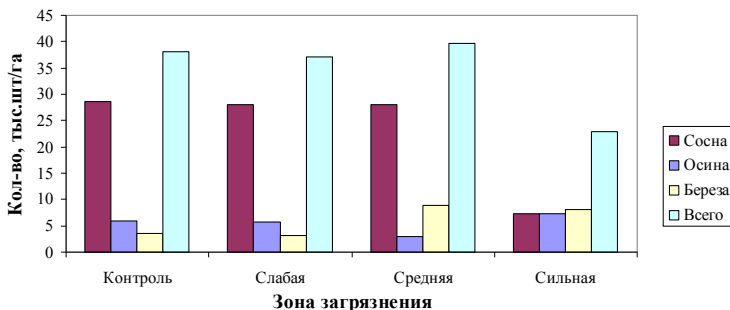


Рисунок 4 - Характеристика естественного возобновления по породам в разных зонах загрязнения

В зонах среднего и слабого загрязнения количественные характеристики и состояние естественного возобновления незначительно отличаются от контроля. Величина изменения колеблется в пределах 1-2 тыс. шт./га.

В зоне сильного загрязнения подрост сосны может быть отнесен к категории неблагонадежный, средний балл его состояния равен 3,61. Однако более удовлетворительное состояние имеют порослевые молодняки осины и березы со средним баллом состояния 1,8 и 1,83 соответственно. При проведении мероприятий, соответствующих улучшению растительных условий, возможно облесение территории сильного загрязнения лиственными породами. Однако, как показывают данные, воздействие высоких концентраций загрязнения усугубляет неблагоприятные климатические условия, что не позволяет сформироваться устойчивому смешанному насаждению.

В зоне сильного загрязнения наибольшему угнетению подвергаются древостои, находящиеся в одной плоскости с факелами выбросов предприятий на высоте, соответствующей середине выбросоударных склонов (рис. 5, б).

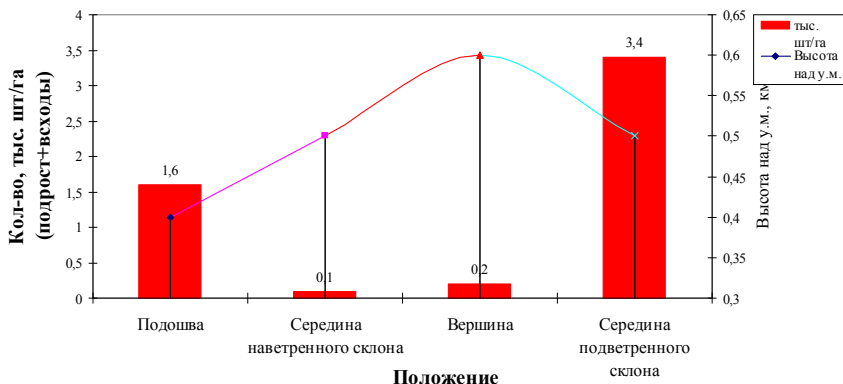


Рисунок 5 - Состояние подроста сосны в зависимости от рельефа (г. Моргудон)

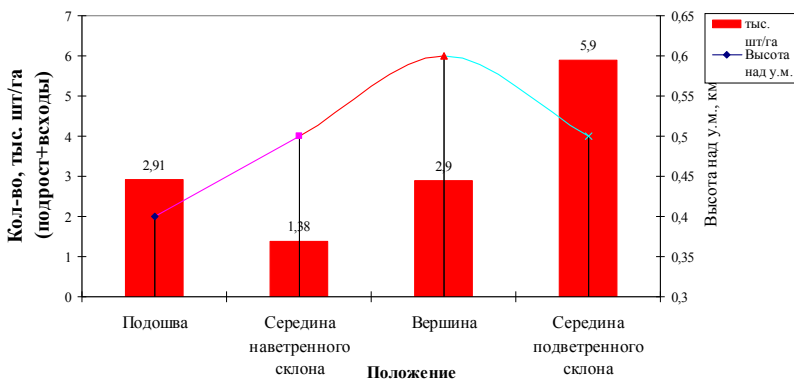


Рисунок 6 - Состояние подростка сосны в зависимости от рельефа (хр. Долгий)

В зоне воздействия алюминиевого завода негативное воздействие практически на порядок выше, чем в зоне воздействия лесопромышленного комплекса, о чем свидетельствует сопоставление данных о количестве подростка и всходов, количество которых в СЗЗ БрАЗ и БЛПК равняется 0,1 и 1,38 тыс. шт./га соответственно.

При рассмотрении пространственного распределения подростка в одной плоскости по линии БрАЗ-БЛПК выявлена закономерность относительного улучшения состояния возобновления сосны в зависимости от удаления из зоны непосредственной близости АЗ. Так количество отмерших всходов и подростка от 100 % возле БрАЗа резко снижается при удалении из санитарно-защитной зоны и в непосредственной близости от БЛПК погибший подросток полностью отсутствует. Средний балл состояния возобновления также с 6 снижается до 2,11.

Сравнение состояния соснового подростка с материнским пологом так же указывает на улучшение состояния подростка и полога по линии БрАЗ-БЛПК в зависимости от удаления от алюминиевого завода. Примерно одинаковая максимальная доля деревьев материнского полога возле обоих предприятий относится к 4 категории состояния и составляет 48 и 44 % для БрАЗ и БЛПК соответственно. Около 60 % подростка у БЛПК принадлежат к категории состояния «ослабленные» против 23 % у БрАЗа. Причем состояние подростка по сравнению с материнским пологом при удалении от БрАЗа улучшается в более чем два раза.

Следовательно, составляющие вещества промышленных эмиссий Братского алюминиевого завода оказывают большее влияние на ухудшение состояния возобновления и насаждений в целом, чем соединения, содержащиеся в выбросах лесопромышленного комплекса.

**В шестой главе** представлены результаты исследования состояния энтомокомплекса сосновых древостоев; популяционные показатели основных видов кормобионтов в зависимости от состояния насаждений, заселяемых вредителями для различных зон загрязнения.

В условиях хвойных лесов г. Братска из энтомовредителей наиболее распространены насекомые, чья жизнедеятельность сводит к минимуму их контакт с окружающей средой, поскольку кроме неблагоприятных условий зимовки негативное воздействие на них оказывают высокие концентрации загрязняющих веществ. В основном преобладают кормобионты – стволовые насекомые вредители.

Видовой состав кормобионтов сосны в районе исследования представлен тридцатью видами, принадлежащими к семи семействам. Наибольшая встречаемость наблюдается у пяти видов: большой и малый лубоеды, стенограф, полосатый древесинник и синий трухляк.

В связи с экологической приуроченностью основных пяти видов к субстрату их распределение имеет вид: ослабленные древостои заселяются лубоедами, сильно ослабленные – стенографом и древесинником, усыхающие – трухляком (рис. 7).

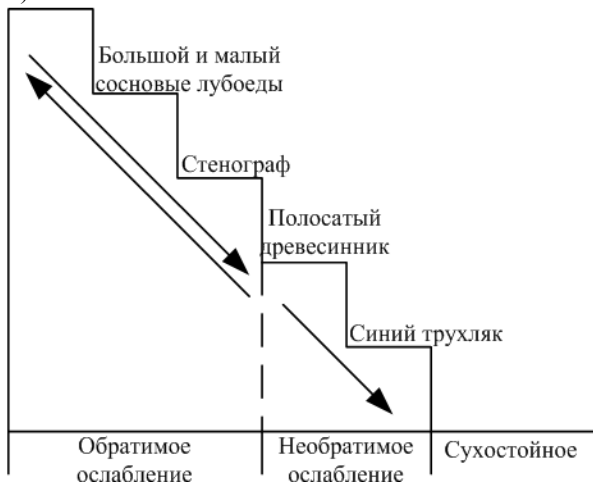


Рисунок 7 - Экологическая приуроченность основных видов кормобионтов сосны в районе г. Братска

Наибольшей агрессивностью обладают короеды, поскольку они могут одновременно являться флйобионтами и ксилобионтами, развитие на практически всем периоде жизни происходит под корой. В результате совокупность данных условий значительно расширяет границы экологической ниши группы, увеличивая ее устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Кроме того повышенная опасность их массового заселения заключается в приуроченности их обитания к субстрату, характерному для категории

состояния древостоев – «сильно ослабленные», в которой находится большинство деревьев в зонах загрязнения.

Вопреки сложившейся благоприятной для возникновения очагов размножения короедов фактически наблюдается недоиспользование стволовыми насекомыми кормового субстрата вследствие относительно малого освоения потенциально пригодной для заселения поверхности древесных стволов. На рисунках 8, 9 и 10 отражены популяционные показатели основных видов кормобионтов: *Tomicus minor*, *T. Piniperda* и *Ips sexdentatus*.

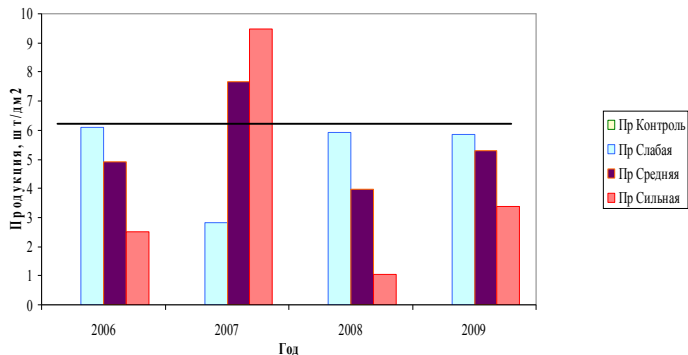


Рисунок 8 - Динамика изменения популяционных показателей малого соснового лубоеда

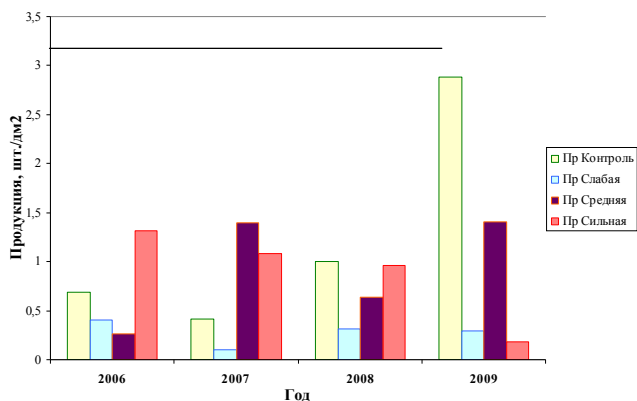


Рисунок 9 - Динамика изменения популяционных показателей большого соснового лубоеда

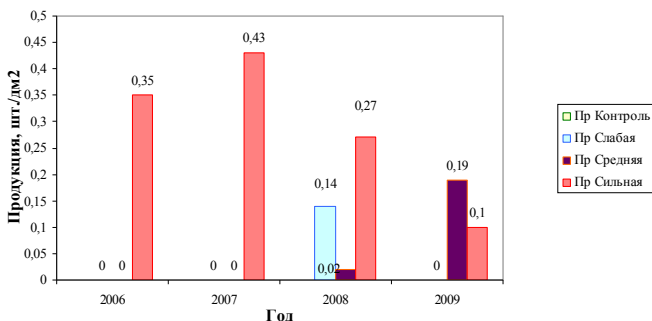


Рисунок 10 - Динамика изменения популяционных показателей стенографа

При низких показателях продукции и энергии размножения наблюдается малая заселенность вредителями боковой поверхности сосны. Так относительная заселенность малым и большим сосновыми лубоедами и стенографом в среднем за период исследования соответственно составляет 1,8, 0,2 и 0 %% для контроля, 0,7, 0,2 и 0,1 %% для III зоны загрязнения, 0,4, 0,1 и 0,1 %% для II зоны и 0,6, 0,2 и 0,2 %% для I зоны. Данное явление происходит при условии достаточного количества в исследуемых насаждениях взрослых особей.

Существенный вклад в процесс питания вносят личинки. В результате низкой энергии размножения количество личинок невелико, что объясняет недоиспользование кормового субстрата. Продукция достигает нормы лишь у малого соснового лубоеда в 2007 г. в зонах сильного и среднего загрязнения и равна 1,77 и 2,33 соответственно.

**В седьмой главе** представлены результаты химического анализа содержания загрязняющих веществ в хвое и лубе, содержания питательных веществ в заболони и монотерпенов в лубе сосны, являющихся феромонами насекомых.

В зоне слабого загрязнения в хвое и лубе деревьев сосны различных категорий ослабленности наблюдается повышенное содержание загрязняющих веществ, являющихся составными частями выбросов промышленных предприятий. В хвое наблюдается превышение по 8 показателям, в лубе – по всем 10 исследуемым показателям.

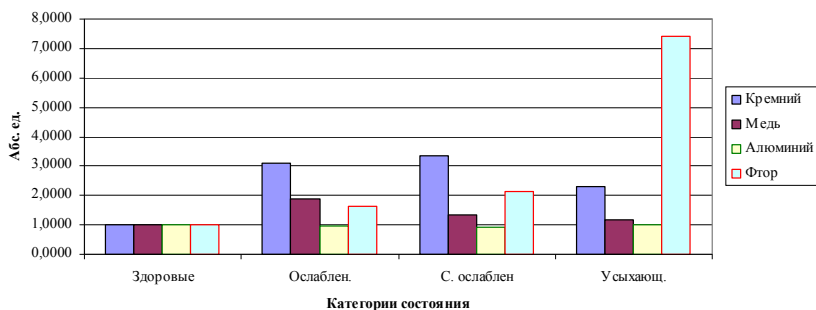


Рисунок 11 - Превышение содержания токсических веществ в хвое сосны разных категорий ослабленности относительно здоровых деревьев (отношение содержания в %% от абс. сух. массы хвои опытных деревьев к содержанию в %% от абс. сух. массы хвои здоровых деревьев)

На рисунке 11 отражена динамика способных накапливаться в проводящих и запасающих тканях древесного ствола веществ: марганца, меди, алюминия и фтора. Наиболее токсичными из них являются: медь и фтор, поскольку в процессе снижения объемов поступления в организм сосны, они не выводятся из разных частей дерева. Максимально вредным для сосновых древостоев является фтор, так как объемы его накопления превышают содержание всех исследуемых наиболее опасных токсикантов.

Накопление фтора в лубе сосны не прекращается при переходе дерева в категорию «усыхающие». Так, содержание фтора в лубе усыхающих деревьев по отношению к его содержанию в здоровых превышено в среднем в 14 раз (рис. 12).

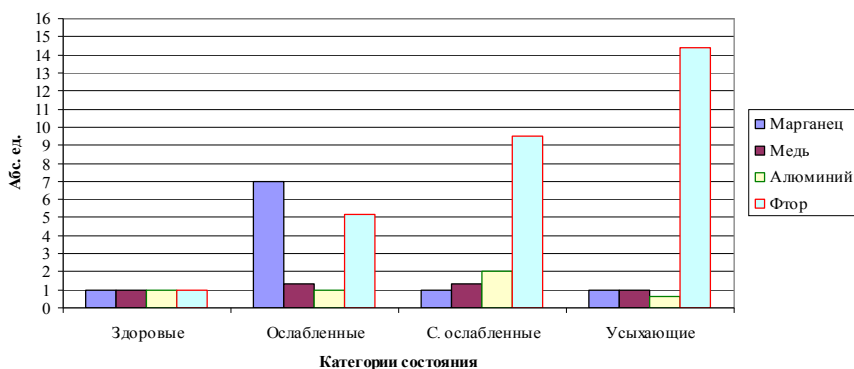


Рисунок 12 - Доли превышения содержания загрязняющих веществ в лубе сосны разных категорий состояния на высоте 1,3 метра

По мере накопления загрязняющих веществ в древесине сосны, ее питательная ценность снижается. Уменьшается количество пентозанов на 8-23 %, смол и жиров – на 4-8 %, и целлюлозы на 1-2 %, возрастает содержание лигнина на 7-8 %, снижающего пищевую ценность кормового субстрата для кормобионтов, в сравнении содержанием исследуемых веществ в здоровых деревьях (рис. 13).

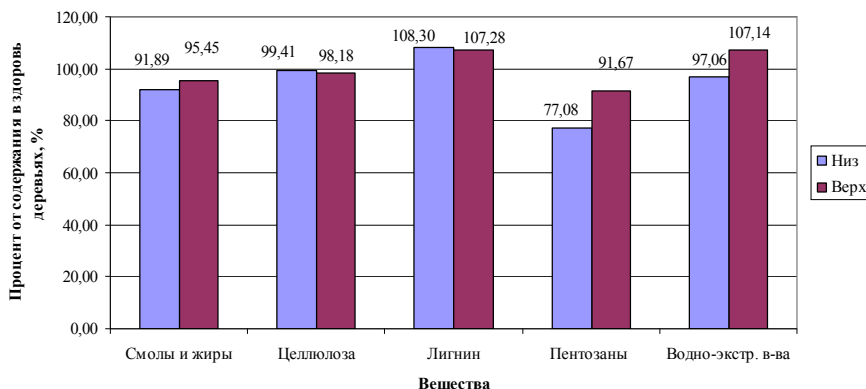


Рисунок 13 - Содержание ценных кормовых веществ в ослабленных деревьях третьей зоны загрязнения относительно контроля

По мере накопления фторидов в лубе сосны, количество монотерпенов – феромонов насекомых снижается в 2,33 раза. Среди них, уменьшается количество и  $\beta$ -пинена, и  $\Delta$ -3-карена являющихся феромонами агрегации и размножения соответственно и увеличивается содержание  $\alpha$ -пинена – феромона агрегации короедов. При рассмотрении такого показателя, как отношение процентного содержания феромонов агрегации от общих монотерпенов к содержанию феромонов размножения в той же размерности, как показателя нестабильности условий развития популяции, установлено, что в разных равнообъемных частях дерева при переходе его в категорию «ослабленные» происходит неравномерное увеличение значения данного показателя. В зоне слабого загрязнения отметке 0,1 высоты ствола ослабленного дерева, его значение в 33,56 раза превышает принятое за контроль, в отметке 0,3 высоты ствола – в 25,54 раза, а на 0,6 высоты – в 12,4 раза (рис. 14).



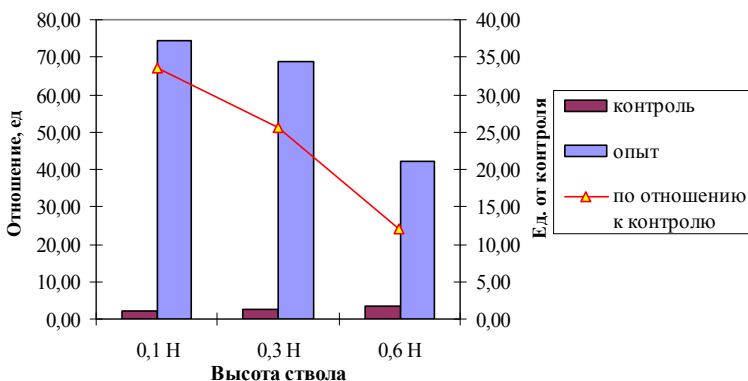


Рисунок 14 – Динамика изменения отношения процентного содержания (от общих монотерпенов) феромонов размножения и агрегации и их соотношения

В мировой литературе существует множество подтверждений, что фтор является инсектицидом кишечного-контактного действия, кроме того, нелетальные его дозы способны влиять на микрофлору кормобионтов, уничтожая бактерии, ответственные за выработку исследуемых феромонов. Поскольку исследование данного вопроса не входит в научное направление работы, можно отметить, что данное явление служит фактором, сопутствующим снижению продукции большого и малого сосновых лубоедов и стенографа.

Таким образом, загрязнение атмосферного воздуха фторидами способно оказывать опосредованное влияние на развитие популяций большого и малого сосновых лубоедов и стенографа снижая их энергию размножения и продукцию посредством накопления в запасующих и проводящих тканях древесного ствола, что оказывает негативное воздействие на смолывыделительный аппарат, ингибируя выработку  $\Delta$ -3-карена, являющегося феромоном размножения короедов.

**В заключении** выделены основные выводы исследований и рекомендации по улучшению состояния древостоев г. Братска, подверженных аэротехногенному загрязнению.

1. Отпад сосновых древостоев, начавшийся с момента запуска первых цехов алюминиевого завода продолжается на протяжении почти полувека. Прогресс деградации происходит за счет постоянного увеличения скорости ухудшения состояния древостоев в зонах сильного, среднего и слабого загрязнения, средний балл состояния насаждений сосны увеличивается на 0,218-0,251 балл/год.

2. Состояние энтомокомплекса лесов вокруг г. Братска является аномальным для зон техногенного загрязнения. Наиболее значимыми видами являются: большой и малый сосновый лубоеды и стенограф. Количество взрослых особей в определенные периоды достигает нормы для здоровых насаждений, что в несколько раз ниже, чем для ослабленных. В зоне слабого

загрязнения на ослабленных деревьях не происходит всплеск численности вредителей, в частности кормобийонтов: относительная заселенность малым и большим сосновыми лубоедами и стенографом в среднем за период исследования соответственно составляет 1,8, 0,2 и 0 %% для контроля, 0,7, 0,2 и 0,1 %% для III зоны загрязнения, 0,4, 0,1 и 0,1 %% для II зоны и 0,6, 0,2 и 0,2 %% для I зоны. Нормального развития популяции в зонах загрязнения не происходит вследствие низкого показателя продукции и энергии размножения. Продукция достигает нормы лишь у малого соснового лубоеда в 2007 г. в зонах сильного и среднего загрязнения и равна 1,77 и 2,33 соответственно.

3. Установленной причиной недостаточного размножения кормобийонтов является высокое содержание фторидов в выбросах алюминиевого завода (превышение содержания в среднем до 14 раз), которые различными путями попадая в организм дерева, накапливаются в нем и воздействуют на системы растительного организма, в частности на смолывыделительный аппарат. Это вызывает уменьшение и диспропорцию образования легколетучих изопренов, в данном случае – монотерпенов, которые являются феромонами насекомых, отвечающими за их коммуникативную тактику и оценку субстрата как наиболее благоприятного для жизнедеятельности. В зоне слабого загрязнения в отметке 0,1 высоты ствола ослабленного дерева, его значение в 33,56 раза превышает принятое за контроль, в отметке 0,3 высоты ствола – в 25,54 раза, а на 0,6 высоты – в 12,4 раза.

4. В древостоях, ослабленных промвыбросами, рекомендуется особый режим лесопользования, направленный на усиления защитных функций леса и повышения устойчивости насаждений. Цель лесовосстановления в техногенных древостоях - создание газоустойчивых лесных насаждений, способных поглощать и нейтрализовать вредные вещества.

В условиях аэротехногенного загрязнения лесов г. Братска, как наиболее экологически неблагоприятных проводится масса мероприятий по нормализации обстановки. В их числе состоят мероприятия по Мероприятия по улучшению обстановки так же включают в себя: - проведение постоянного экологического мониторинга лесов, анализ и прогноз их состояния. - повышение устойчивости насаждений к загрязнениям путем подбора газоустойчивого ассортимента растений, - барьерное расположение защитных полос в санитарно-защитных зонах предприятия. - создание условий для восстановительной сукцессии - проведение лесомелиоративных мероприятий: известкование и удобрение почвы, способное уменьшить поступление вредных веществ в деревья через почву, а так же повысить организменную устойчивость к их усвоению.

## Основные результаты диссертации изложены в следующих работах

### В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Кондратов Е.В.** Специфика экологической ситуации г. Братска [текст]/ Б.И. Угрюмов, Е.В. Кондратов// Экология и промышленность России.- М., 2007.- Май.- С. 27-29.

### В других изданиях:

2. **Кондратов Е.В.** Влияние промышленных выбросов на прирост хвойных насаждений [текст]/ Б.И. Угрюмов, Е.В. Кондратов// Актуальные проблемы лесного комплекса/ Под ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции.- Выпуск 15.– Брянск: БГИТА, 2006.- С. 122-124.

3. **Кондратов Е.В.** Состояние подроста в лесах подверженных промышленному загрязнению [текст]/ Б.И. Угрюмов, Е.В. Кондратов// Актуальные проблемы лесного комплекса/ Под ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции.- Выпуск 15.– Брянск: БГИТА, 2006.- С. 124-126.

4. **Кондратов Е.В.** Изменение радиального прироста в хвойных насаждениях под воздействием промышленных выбросов [текст]/ Б.И. Угрюмов, Е.В. Кондратов// ЭКОЛОГИЯ И ЖИЗНЬ: сборник статей XI Международной научно-практической конференции.- Пенза, 2006.- С. 145-147.

5. **Кондратов Е.В.** Зависимость состояния насаждений от различных факторов в зоне промышленных выбросов [текст]/ Б.И. Угрюмов, Е.В. Кондратов// ЭКОЛОГИЯ И ЖИЗНЬ: сборник статей XI Международной научно-практической конференции.- Пенза, 2006.- С. 147-149.

6. **Кондратов Е.В.** Состояние естественного возобновления в зоне загрязнения по линии БРАЗ-БЛПК [текст]/ Е.В. Кондратов, И.Б. Ведерников// Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы VIII(XXX) Всероссийской научно-технической конференции.- Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009.- С. 237-238.

7. **Кондратов Е.В.** Исследования изменений химического состава древостоев под воздействием выбросов промышленных предприятий [текст]/ Е.В. Кондратов// Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы VIII(XXX) Всероссийской научно-технической конференции.- Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009.- С. 238-239.

Подписано в печать 18.11.2009.  
Формат 60x84 1/16  
Печать Ризо  
Уч.-изд.л. 1,2.  
Тираж 100 экз.. Заказ  
Отпечатано в издательстве ГОУ ВПО «БрГУ»  
665709, г. Братск, ул. Макаренко 40