

На правах рукописи

ЗАРУБИН ДЕНИС СЕРГЕЕВИЧ

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КЕДРОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ
ЗАПОВЕДНИКА «ЦЕНТРАЛЬНОСИБИРСКИЙ»**

06.03.02 - Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск – 2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»

Научный руководитель - доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Буряк Людмила Викторовна

Официальные оппоненты - Залесов Сергей Вениаминович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»; проректор по научной работе, зав. кафедрой лесоводства

Стоноженко Леонид Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ФАУ ДПО "Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства", зав. кафедрой лесоучётных работ, использования лесов и экологии

Ведущая организация - ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

Защита состоится 23 мая 2019 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.249.06 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82
E-mail: mrepyah@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»:
<http://sibgtu.sibsau.ru>

Автореферат разослан «21» марта 2019 г.

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



Репях Марина Вадимовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Государственный природный биосферный заповедник «Центральносибирский» был организован 9 января 1985 г. в южной части Туруханского района Красноярского края и в прилегающей части Эвенкии. В 1986 г. ему присвоен статус международного биосферного резервата ЮНЕСКО. Это один из первых в стране заповедников, созданных в равнинной зональной тайге Сибири. В настоящее время его площадь составляет более 1 млн. га. В соответствии с Федеральным законом государственные природные заповедники созданы с целью сохранения естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем. Наблюдающееся в настоящее время изменение климата обуславливает динамику лесорастительных условий, при этом, возможно нарушение устойчивости части лесных экосистем. Согласно глобальным климатическим моделям в конце XXI века температура поверхности Земли увеличится на 0,3 – 4,8 °С в сравнении с периодом 1986-2005 гг., наибольший рост ожидается на территории Северной Евразии (IPCC, 2013). В условиях наблюдающегося потепления климата наблюдается процесс смещения границ зон и поясов растительности (Чебакова, 2006). Появляется необходимость оценки последствий возможных изменений, и, прежде всего, для наиболее ценных и менее устойчивых к изменению климатических и почвенных условий кедровых насаждений. Основным фактором, нарушающим состояние лесных экосистем Сибири в настоящий период, являются пожары. Несмотря на малую доступность территории горимость лесного фонда заповедника в отдельные годы достигает чрезвычайных показателей. Следует учесть, что ожидаемое изменение климатических условий будет сопровождаться дальнейшим увеличением количества и интенсивности пожаров, продолжительности пожароопасных сезонов и горимости лесов (Goldammer and Price, 1998; Flannigan et al. 2009). В связи с этим, предвидение последствий воздействия огня является необходимым элементом при осуществлении охраны и поддержания в естественном состоянии природных комплексов и объектов. Оценка современного состояния кедровых насаждений и их устойчивости послужат основой научно – обоснованного прогнозирования динамики лесного фонда заповедника, даст возможность определить дальнейшую судьбу лесных экосистем.

Степень разработанности проблемы. Большая работа по освещению лесообразовательного процесса кедровых насаждений в Западной Сибири была проведена Седых В.Н., Колесниковым Б.П., Смолоноговым Е.П., Мозалевским В.Г. Огромный вклад в изучение кедровых лесов внесли Фалалеев Э. Н. и Семечкин И.В. Было отмечено, что лесные пожары выступают в роли своеобразного заслона на пути развития болото-, тундро- и лугообразовательных процессов и стимулятора лесообразования (Седых, 2009). Биологическая устойчивость темнохвойных лесов на территории Западной Сибири была изучена Бехом И. А. (2008). Но, несмотря на многочисленные исследования, не дана оценка устойчивости кедровых насаждений с учетом складывающихся лесорастительных условий. Вследствие высокой горимости

территории заповедника становится необходимым изучение особенностей формирования кедровых насаждений на нарушенных пожарами участках лесных земель.

Цели и задачи исследований. Целью работы являлось оценка состояния и устойчивости кедровых насаждений на территории заповедника «Центральносибирский». Для достижения поставленной цели ставились следующие задачи:

1. Проанализировать состояние лесного фонда;
2. Провести анализ нарушенности лесных земель;
3. Оценить состояние кедровых древостоев;
4. Изучить характеристики напочвенного покрова;
5. Установить закономерности лесовосстановления кедровых насаждений;
6. Дать оценку устойчивости кедровых насаждений.

Научная новизна.

Впервые оценено состояние и устойчивость кедровых насаждений в современных условиях, изучена динамика лесных экосистем заповедника. Проанализировано состояние древостоев, дана оценка пожароустойчивости основных лесообразующих пород, изучен ход естественного возобновления в насаждениях и на нарушенных участках лесных земель. Выявлено, что оптимальным сроком оценки состояния кедровых древостоев на территории заповедника можно считать 4-5-ый год после воздействия огня. Показано, что естественное возобновление на нарушенных участках лесных земель протекает через смену пород, но под пологом производных березняков уже к 30-летнему возрасту начинается формирование коренных кедровых древостоев. Впервые дана оценка количества сгорающего при пожарах в кедровых лесах органического вещества и определена эмиссия углерода.

Теоретическая и практическая значимость работы. Оценка текущего состояния кедровых насаждений, их устойчивости, позволит оценить динамику лесного фонда заповедника и проектировать мероприятия по повышению устойчивости наиболее ценных хвойных насаждений заповедника. В целях оптимизации охраны кедровых насаждений и сохранения биологического разнообразия охраняемых природных комплексов заповедника разработаны и предложены к использованию: карты природной пожарной опасности для весеннего (с началом лета) и летнего периодов пожароопасного сезона; карты пожарного созревания участков лесных земель на территории ГПБЗ «Центральносибирский» в весенний (с началом лета) и летний периоды при различных классах пожарной опасности по условиям погоды.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследований являлись работы отечественных и зарубежных авторов в области изучения состояния и биологической устойчивости лесных экосистем и процесса лесообразования, в том числе, на нарушенных пожарами участках лесных земель. В работе использовались базовые методы научно – технического познания и обработки данных. Методика представлена комплексом работ, которые систематизировали

данные наземных исследований, картографические и лесоустроительные материалы.

Положения, выносимые на защиту.

1. Не нарушенные кедровые насаждения заповедника характеризуются хорошим санитарным состоянием. Фактором, нарушающие кедровые насаждения заповедника «Центральносибирский», в настоящий период являются лесные пожары.

2. Низовые устойчивые пожары обуславливают значительные повреждения кедровых древостоев, отпад от запаса превышает 40 %, при этом оптимальным сроком для оценки состояния древостоев можно считать 4-5-ый год после воздействия пожара.

3. Кедровые насаждения на территории заповедника устойчивы, в том числе за счет успешного естественного возобновления, в нарушенных насаждениях лесовозобновительный процесс протекает через смену пород, но под пологом производных березняков формируются коренные хвойные насаждения.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты исследований были представлены и докладывались на различных конференциях: Зарубежных (Vienna, Austria – 2016; Melbourne, Australia, 2016), Международных (Томск 2016; Санкт-Петербург, 2017; Новосибирск, 2017;) Всероссийских (Красноярск 2015), Всероссийской с международным участием (Красноярск 2015, 2016) Межрегиональных (Красноярск 2014, 2015).

Личный вклад автора. Автор лично участвовал в сборе полевых материалов, обработке, анализе, обобщении и трактовке полученных результатов.

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 11 научных работах, в том числе 3 в рецензируемых журналах (1 – WOS, 2 – в российских).

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 138 страницах, состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 182 источников, в т. ч. 31 иностранных и 1 приложения. Текст содержит 22 таблицы, 30 рисунков.

1. Современное состояние проблемы

Кедровые леса занимают в России 37,1 млн. га с общим запасом 6,72 млрд. м (1993 г.). Вне Сибири произрастает лишь 4.6 % лесов кедра, почему эта порода справедливо называется сосна кедровая сибирская (*Pinns sibirica* Du Tour.). Высокая концентрация древесного запаса на единице площади, повышенные экологические, водоохранно-защитные и охотничье-промысловые свойства кедровых лесов ставят их на первое место среди лесообразователей Сибири. Различными вопросами биологии кедра, динамики, строения и нарушения кедровых лесов разными факторами и особенностями восстановления, ведению хозяйства в кедровых лесах занимались многие исследователи (Колесников, Смолоногов, 1960; Поликарпов, 1966; Таланцев и др., 1978; Воробьев, 1983; Семечкин и др., 1985; Мозалевский, 1989; Смолоногов, 1990; Бех, Воробьев, 1998; Седых, 1989, 2009; Данченко, Бех 2010; Рысин, 2011 и др.). Огромный вклад в изучение возрастной структурой и динамики кедровых лесов Сибири за более чем 40 лет исследований внес Семечкин И.В. (2001). Однако оценкой устойчивости кедровых насаждений под полярным кругом мало кто занимался.

Пожары являются одним из главных естественных факторов, вызывающих закономерную смену растительности и оказывающих существенное воздействие на структуру лесов и их биомассу (Apps *et al.*, 1993, Фурьев 1996; Harden *et al.*, 2000). В бореальных лесах Сибири пожары ежегодно охватывают несколько миллионов гектар (Sukhinin *et al.*, 2004; Kukavskaya *et al.*, 2013a). Темнохвойным лесам присуща меньшая опасность возникновения пожаров, чем светлохвойным (Мелехов, 1947), но в периоды длительной засухи повышается вероятность распространения пожаров в темнохвойных лесах, где их последствия могут быть наиболее разрушительны. Принято считать, что темнохвойные леса в прошлом были распространены значительно шире, но под влиянием пожаров они сменились сосново-лиственничными и березово-осиновыми насаждениями (Фалалеев 1964). Предполагается, что на территории южной Сибири увеличение частоты пожаров приведет к исчезновению чистых кедровников (Седых, 2014). Однако работы по оценке влияния пирогенного фактора на темнохвойные насаждения немногочисленны и не охватывают всего спектра требующих изучения вопросов. Кроме того, с изменением климатических, лесорастительных условий, возрастанiem горимости, изменяется и экологическое состояние лесов, прежде всего, темнохвойных, как наиболее уязвимых к меняющимся условиям. Появляется необходимость оценки устойчивости темнохвойных насаждений, прежде всего, наиболее ценных кедровых, в том числе, на нарушенных участках лесных земель.

2. Район работ, объекты наблюдений и методика исследований

2.1 Описание района исследований

Исследования проводились на территории государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский». Согласно Приказу Минприроды России от 18.08.2014 N 367 "Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации», территория заповедника находится в таёжной зоне, в среднесибирском плоскогорном таёжном районе. Климат района умеренно континентальный. Средняя температура января -25, июля - +16. Количество осадков 400-580 мм. Средняя высота снежного покрова 94-114 см. Продолжительность безморозного периода 65-96 дней (Горшков и др., 2003). Согласно лесорастительному районированию (Коротков, 1994), район находится в Приенисейской лесорастительной провинции в пределах Средне – Сибирской плоскогорной лесорастительной области, характеризующейся доминированием темнохвойных лесов.

2.2 Объекты наблюдений

Выбор в качестве района исследования территории Центральносибирского заповедника обусловлен тем, что вследствие статуса и труднодоступности участков лесных земель, на его территории до настоящего времени, возможно выявление закономерностей формирования лесов и их устойчивости с учетом складывающихся в настоящий период климатических и лесорастительных условий. В качестве объектов исследования выбраны кедровые насаждения, насаждения с участием кедра и

производные березовые насаждения, что позволило изучить особенности формирования кедровых лесов. Основная часть исследований проведена в насаждениях, расположенных на енисейских террасах, как наиболее доступной части заповедника. Часть пробных площадей заложена в центральной и юго-восточной части заповедника (рисунок 1).



Рисунок 1 – Расположение пробных площадей и природных пожаров за период с 1996 по 2015 гг. по данным дистанционного зондирования

За период полевых работ с 2013 по 2017 гг. было заложено 53 пробные площади в не нарушенных насаждениях и на участках лесных земель, пройденных низовыми пожарами различной формы и силы. Основная часть исследований приходится на кедровые и кедрово-лиственничные насаждения зеленомошной серии типов леса, в том числе, с участием в моховом покрове долгомошника (кукушкина льна), сфагновых мхов и лишайников. На 3 постоянных пробных площадях велись многолетние наблюдения за состоянием каждого пронумерованного дерева.

2.3 Методика исследований.

Для обследования насаждений применялся типичный выборочный метод наблюдения. Закладка и лесотипологическое описание пробных площадей, проводилась в соответствии с общепринятыми методиками В.Н. Сукачева, С.В. Зонна (1961), а таксацию древостоев по методикам, описанным Н.П. Анучиным (1982). По состоянию древостоев, в том числе, степени повреждения и усыхания кроны, высоте нагара на стволах, прогорания корки и корневых лап, а также степени прогорания напочвенного покрова устанавливалась форма и сила пожара (Матвеев, 1992). На пробных площадях вели описание и учет подроста и самосева в соответствии с рекомендациями А.И. Бузыкина и А.В. Побединского (1965). Определение запасов напочвенного покрова проводили по методике Н.П. Курбатского (1970). Производился учет упавших древесных горючих материалов (УДГМ) по методике, разработанной в Канадской лесной службе. Для определения генетической принадлежности почв закладывали почвенные разрезы (Волкова, 1987). Физико-химические свойства почв определяли стандартными методами (Аринушкина, 1970). Запас сгорающего органического вещества рассчитывалось по разнице запасов на участках, пройденных пожаром, и контрольных к ним участках. Эмиссия углерода принималась равной 50% от сгорающего запаса (Levin, Cofer, 2000). Устойчивость насаждений оценивалась в

соответствии с предложением Р. Риклефса (1979), А.А. Рожкова и В.Т. Козак (1989) - как способность системы выдерживать изменения, вызванные извне, или восстанавливаться после них. Под системой понимались отдельные компоненты леса и в целом кедровые насаждения. Методические разработки, изложенные в главе, позволили обеспечить объективное решение программных вопросов.

3 Характеристика лесного фонда и оценка нарушенности территории заповедника

Сохраняя 1 019 899 га земель, заповедник «Центральносибирский» является одним из крупнейших лесных резерватов мира. По данным лесоустройства 1991 года лесные земли занимают 94 %, из них покрытые лесом, составляют более 85 % от общей территории. Оставшиеся 6 % площади заповедника приходятся на болота. В породном соотношении наибольшее распространение имеют насаждения березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), которые занимают 38 % покрытой лесом площади. Из коренных хвойных насаждений большая доля площади приходится на древостои с преобладанием сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), которые занимают 27 % покрытой лесом площади. Наибольшая площадь и запас кедровых насаждений приходится на 8 класс возраста. Наиболее распространена зеленомошная группа типов леса (42 % от занятой лесными насаждениями площади).

По результатам проведенных исследований выявлено, что в заповеднике в настоящий период все нарушенные участки лесных земель приходится на поврежденные пожарами насаждения. Это обусловлено тем, что территория заповедника находится вдали от поселений, объектов инфраструктуры и крупных промышленных объектов, здесь практически отсутствует тропиная сеть, передвижение осуществляется в основном по речной сети и по воздуху, что сводит антропогенное влияние практически к нулю. С момента образования заповедника до настоящего времени на его территории ни разу не были зафиксированы массовые вспышки энтомофитов и других болезней леса.

Пространственное распределение пожаров по территории заповедника на основе данных дистанционного зондирования Земли (Sukhinin et al. 2004; Petkov et al. 2012) представлено на рисунке 1. Согласно данным спутникового мониторинга за период с 1996 по 2017 гг. пожары были зафиксированы в 1999, 2006, 2011-2014, 2016 и 2017 гг. По данным официальной статистики за период с 2000 по 2017 гг. на территории заповедника пожары были зарегистрированы в 2008, 2011-2014, 2016 и 2017 гг. (рисунок 2). Наибольшая площадь пожаров (10335 га) зафиксирована в 2012 г., когда горимость составила 1,014%, что характеризует ее как чрезвычайную. Все зарегистрированные в этот период пожары возникли от гроз в летний период, что обусловлено повышенной грозовой активностью в этот период. Площадь, пройденная каждым пожаром, варьировала от 25 до 106 га. Горение на каждом из пожаров распространялось в среднем 9-11 дней, в течение которых показатель пожарной опасности по условиям погоды ПВ-1 (Вонский и др., 1975), рассчитанный по данным метеостанции в п. Бор, составил в среднем 3919 ± 482 (при максимуме в 7576) (кордон

Лебедь) и 1167 ± 386 (при максимуме в 3933), что характеризует пожарную опасность как высокую и среднюю, соответственно. Распространение горения при высокой опасности по условиям погоды способствовало развитию пожаров устойчивой формы и гибели древостоев. Вследствие этого часть территории заповедника приходится на нарушенные пожарами участки лесных земель.



Рисунок 2 – Динамика пожаров по данным официальной статистики

Соответственно проведенному анализу устойчивость кедровых насаждений заповедника будет определяться состоянием древостоев и других компонентов насаждений, их устойчивостью к воздействию пожаров, и успешностью лесовосстановления в насаждениях и на нарушенных участках лесных земель.

4 Оценка состояния кедровых древостоев

Кедровые насаждения заповедника представлены смешанными хвойными древостоями с преобладанием сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) и участием в составе древостоев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) (таблица 1). Часть исследованных насаждений пройдена пожарами более 50 лет назад и потому, в настоящее время представлена древостоями с преобладанием лиственницы или производными березняками.

Таблица 1 – Характеристика длительно не горевших насаждений

Тип леса	Состав	Полнота	Класс бонитета	Высота, м	Возраст, лет	Запас, м ³ /га	Отпад, %
К ртр зм	4,7К1,8Е1,7Лц 1,3Ос0,5П ед. Б	1,02±0,04	III – IV	18,5±0,2	220±20	468±32,0	5,4±0,4
К бр зм	3,6К2Лц1,6Е 1,4Б1Ос0,4П ед.С	0,78±0,16	IV	22,2±0,2	200±20	364±20,0	1,6±0,2
К вейн ртр	4,9К2,1Ос1,4Е 0,9Лц0,7Б	0,82±0,02	IV	20,1±0,1	220±20	352±8,5	6,4±0,3
Б ртр	8Б1С1Лц+Е ед.К	1,02±0,03	IV	13,7±0,6	60±10	125±4,7	2,4±0,3
Лц зм	6Лц1,5К1Е1,5Б	0,95±0,16	III	29,6±0,2	250-270	468±30,1	4,0±0,3

Средний диаметр древостоев в темнохвойных и лиственничных насаждениях составил 27 – 37 см, высота – 25 – 31 м, возраст – 200 – 250 лет. Класс бонитета

изученных насаждений – III – IV. Производные березняки представлены средневозрастными и спелыми древостоями с полнотой 0,8, средний диаметр – 20 см, высота – 18, возраст – 50-60 лет. Периодичность пожаров на пробных площадях, определенная методом перекрестного датирования, варьировала от 100 до 200 лет.

Кедровые насаждения и хвойные насаждения с участием кедра зеленомошной и разнотравной групп типов леса характеризуются хорошим состоянием. Согласно постановлению Правительства РФ от 20.05.2017 № 607 «О Правилах санитарной безопасности в лесах», по шкале категорий состояния деревьев большая часть изученных насаждений относится к 1 категории. В не нарушенных насаждениях естественный отпад чаще не превышает 6 %, причем лучшее состояние отмечается у кедровой части древостоев. На отдельных участках доля усохших и усыхающих деревьев достигает 16 % от запаса, при этом большая часть отмирающих деревьев приходится на лиственницу, которая относится к более старшим поколениям, и повреждена предыдущими пожарами. При естественном отборе отпадают также пихта и ель, отставшие в росте. В смешанных хвойно – мелколиственных древостоях отпадает перестойная березовая часть древостоев.

При оценке послепожарного состояния древостоев было установлено, что устойчивые низовые пожары вызывают достоверно большую степень повреждения древостоев, по сравнению с беглыми низовыми пожарами (таблица 2). Степень повреждения древостоев возрастает и с увеличением силы пожара. При этом, после устойчивых пожаров средней силы и сильных показатели по отпаду от запаса древостоев достоверно не различаются, так в кедрачах зеленомошных $t_{\phi}=1,54$ при $t_{05}=2,09$. Следует отметить, что для хвойных насаждений заповедника более характерно развитие устойчивых пожаров, в том числе вследствие преобладания моховых типов леса. Характерной особенностью последствий устойчивых пожаров в моховых типах леса является то, что вывал деревьев начинается уже в год пожара.

Таблица 2 – Отпад по запасу в кедровых древостоях после низовых пожаров

Сила пожара	Форма пожара	Статистические показатели			
		X	$\pm m_x$	V, %	t_{ϕ} при $t_{05}=2,09$
Слабая	беглая	5,0	0,50	61	8,95
	устойчивая	41,8	4,08	28	
Средняя	беглая	22,4	1,58	62	6,36
	устойчивая	54,8	4,84	28	
Сильная	беглая	40,8	3,94	36	3,87
	устойчивая	66,2	5,24	34	

Установлено, что отпад после устойчивых пожаров даже слабой силы уже в первый-второй год после пожара составляет от 6 до 15 % от запаса древостоев, а на четвертый год уже превышает 40 %. Это согласуется с мнением И.В. Семечкина с соавторами (1985), которые отмечали, что даже слабые низовые пожары губительны для кедровых лесов в случае, если горение приобретает устойчивую форму. Гибель деревьев обусловлена тем, что при устойчивых пожарах, повреждается луб, и

прогорают поверхностные корневые системы темнохвойных пород.

При сравнительной оценке пожароустойчивости пород отмечается большая степень повреждения темнохвойных пород и меньшая степень повреждения лиственницы, что согласуется с данными других исследователей (Балбышев, 1963; Софронов, 1973) (таблица 3). В дальнейшем, пройденные пожарами участки лесных земель, как правило, представлены древостоями с преобладанием лиственницы и участием кедра. Несколько меньшие, по сравнению с другими темнохвойными породами, повреждения еловой части древостоев можно объяснить ее приуроченностью к понижениям рельефа, где условия отличаются повышенной влажностью и доминированием долгомошника, вследствие чего такие участки либо не подвергаются горению, либо в значительной степени снижается его сила. Меньшая, по сравнению с темнохвойными породами, степень повреждения березовой части древостоев устойчивыми пожарами связана с заглубленной корневой системой и отсутствием развитых корневых лап.

Таблица 3 – Устойчивость однопородных частей древостоев к воздействию устойчивых низовых пожаров

Порода	Сила пожара	Отпад по породам в %, $\bar{x} \pm m_x / V$	
		по количеству	по запасу
К	слабая	29,6 $\pm$ 1,00/58	51,4 $\pm$ 2,12/31
	средняя	66,7 $\pm$ 2,25/36	59,7 $\pm$ 2,12/45
	сильная	79,5 $\pm$ 3,83/17	82 $\pm$ 4,10/16
Е	слабая	46,2 $\pm$ 2,00/27	58,4 $\pm$ 2,2/24
	средняя	76,8 $\pm$ 3,52/33	68,8 $\pm$ 3,20/46
	сильная	77,25 $\pm$ 3,98/31	75,75 $\pm$ 4,30/38
Лц	слабая	13,25 $\pm$ 0,70/71	16,25 $\pm$ 0,60/99
	средняя	51,2 $\pm$ 1,76/39	51,5 $\pm$ 2,48/24
	сильная	41,3 $\pm$ 2,80/33	52,0 $\pm$ 6,87/47
П	слабая	57 $\pm$ 3,00/55	48,4 $\pm$ 2,00/68
	средняя	83,2 $\pm$ 3,84/25	84,6 $\pm$ 3,64/19
	сильная	91,5 $\pm$ 9,15/10	97,5 $\pm$ 9,75/3
Б	слабая	36,5 $\pm$ 3,65/51	40,5 $\pm$ 4,05/48
	средняя	59 $\pm$ 2,00/45	56 $\pm$ 2,00/56
	сильная	61 $\pm$ 3,33/48	56 $\pm$ 3,07/60

Оценка динамики состояния древостоев показала, что сразу после воздействия огня (в год пожара) отмечается большая степень повреждения пихтовой и березовой частей древостоев. Лиственница и ель в год пожара реагируют в меньшей степени. На четвертый год после воздействия пожаров степень повреждения значительно возрастает во всех хвойных частях древостоев, а показатели отпада в темнохвойных частях древостоев выравниваются. Следует отметить, что на воздействие сильных пожаров деревья реагируют быстрее, чем на воздействие пожаров меньшей силы. Так, в насаждении, пройденном устойчивым пожаром средней силы, на 4 год после воздействия огня степень повреждения практически во всех хвойных элементах леса возросла в 4-5 раз. После воздействия устойчивого сильного пожара уже в год пожара

степень повреждения во всех частях древостоев превышала 30 %, составляя 70 % в пихтовом элементе леса, а на 4 год после пожара отпад увеличился, в основном, за счет кедровой и еловой частей древостоев (рисунок 3). В березовой части древостоев снижение отпада можно объяснить тем, что часть сомнительных деревьев перешла в категорию жизнеспособных, за счет восстановления кроны из спящих почек.

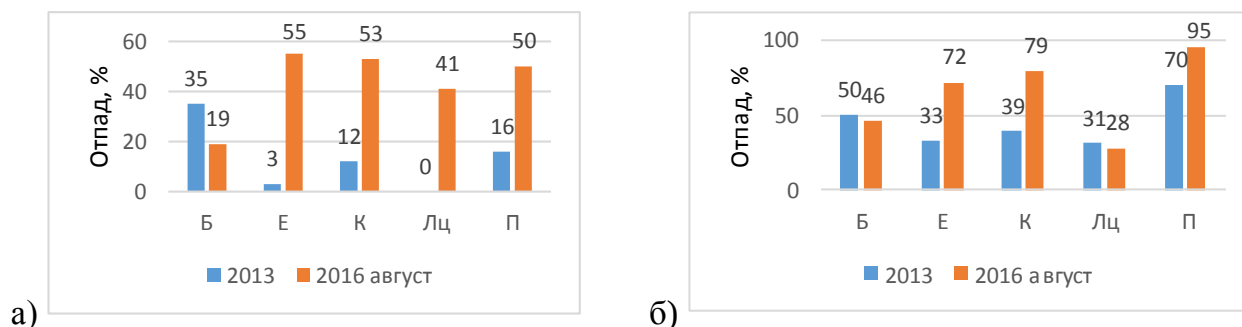


Рисунок 3 – Отпад однопородных частей древостоев в % от запаса после воздействия устойчивых низовых пожаров различной силы: а) средней; б) сильной

Гибель деревьев на четвертый год после воздействия пожара произошла, прежде всего, из-за заселения ослабленных деревьев энтомофитовыми вредителями, что вызвало их дальнейшее ослабление и привело большую часть поврежденных огнем деревьев к гибели. Причем, в течение вегетационного периода 4 года после пожара наблюдалась значительная динамика в состоянии однопородных частей древостоя (рисунок 4).

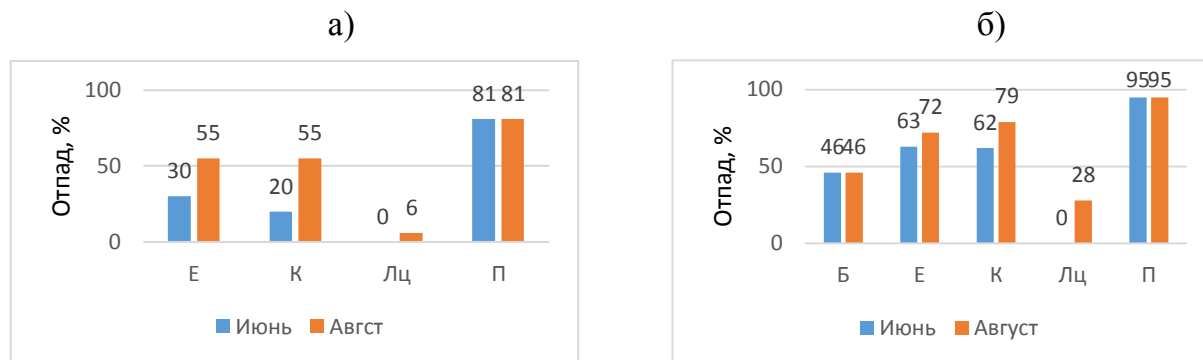


Рисунок 4 – Динамика отпада древостоя в течение вегетационного периода: а) слабой силы; б) сильной

На следующий год и в течение последующих пяти лет отмечается стабилизация состояния древостоев. Интенсивный отпад прекращается.

В целом установлено, что ненарушенные кедровые древостои в заповеднике характеризуются устойчивым состоянием, нарушенные участки лесных земель чаще представлены лиственничными, возможно с участием кедра, низкополнотными насаждениями, рединами или гарями.

5 Характеристики напочвенного покрова и почвы

В кедровых и лиственничных насаждениях зеленомошных и разнотравно-зеленомошных типов леса почвы представлены подзолистыми иллювиально-железистыми среднесуглинистыми с микропрофилем подзола (Шишов и др., 2004).

Строение почвенного профиля имеет следующий вид: O-EL[e-hf]-BEL-BT-C. Почва кедровника лишайниково-зеленомошного - подзолисто-глеевая среднесуглинистая (O-EL-BELg-G-CG), в производном березовом насаждении – литозем темногумусовый (O-AU-C-M). В живом напочвенном покрове доминируют мхи: мох Шребера (*Pleurozium shreberi*), этажный (*Hylocomium splendens*); долгомошники - кукушкин лен (*Polytrichum commune*) и сфагновые мхи (*Sphagnum*), проективное покрытие составляет до 100%. В травяном и кустарничковом покрове встречаются вейник тупокословый (*Calamagrostis obtusata*), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*), плаун (*Lycopodium*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), подмаренник северный (*Galium boreale*), Иван чай (*Chamaenerion angustifolium*), чистотел (*Chelidonium*), княжик сибирский (*Atragene sibirica*), линнея северная (*Linnaea borealis*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), черника (*Vaccinium myrtillus*) и багульник болотный (*Ledum palustre*).

Отмечается слабая захламленность и отсутствие крупного неразложившегося валежа в ненарушенных насаждениях (рисунок 5). Запасы напочвенного покрова насаждениях составляют от 23,54 до 54,3 т/га. Причем большая доля от запаса (более 50 %) приходится на подстилку. Запасы опада минимальны, за счет его быстрого его разложения на влажном субстрате.

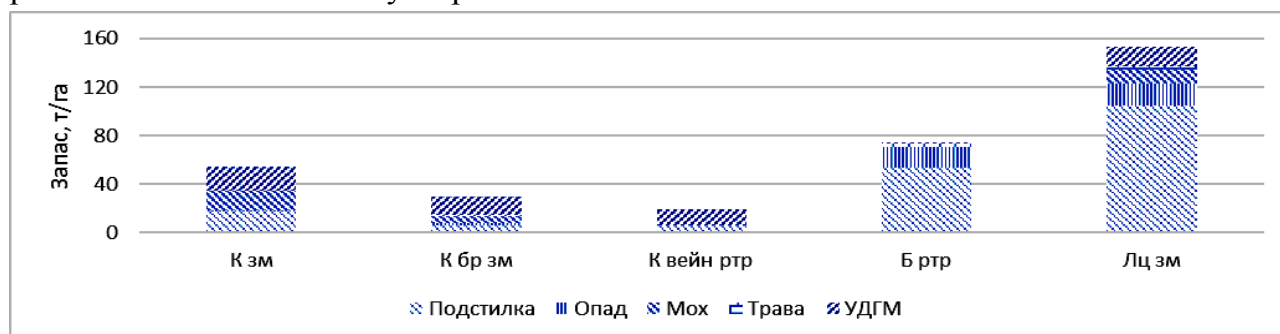


Рисунок 5 - Запасы напочвенного покрова в ненарушенных насаждениях

Установлено, что наибольшими запасами при одинаковой мощности слоя, соответственно, и большей плотностью характеризуется этажный мох, наименьшими – кукушкин лен (рисунок 6). При этом кукушкин лен отличается и большей устойчивостью к пожарам.

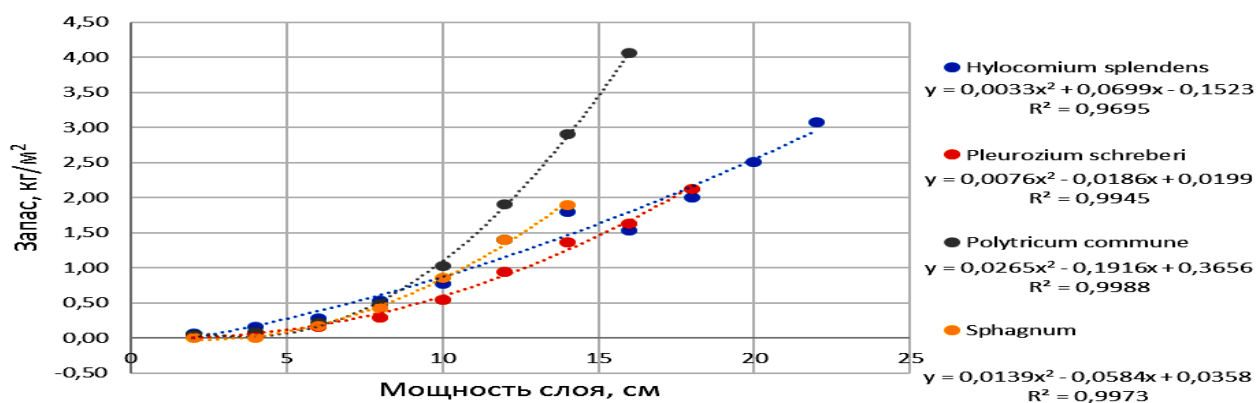


Рисунок 6 – Запасы мхов послойно

Обилие видов живого напочвенного покрова и степень проективного покрытия на участках, пройденных огнем, зависит от категории участка, типа леса, состояния древостоя, степени прогорания и давности последнего пожара. При пожарах слабой силы напочвенный покров прогорает мозаично, участки со сфагновыми мхами и кукушкиным льном огонь обходит стороной, либо спекаются только верхний слой мхов. После сильных устойчивых пожаров из состава живого напочвенного покрова практически полностью, за исключением понижений нанорельефа, исчезают зеленые мхи: мох Шребера, перисто-этажный; кукушкин лен и сфагновые мхи. В год пожара начинают всходить вейник тупокolosковый, майник двулистный, осока шароплодная, хвощ, подмаренник северный, линнея северная, но их покрытие не превышает 5-10 %. На 2-4 год после пожара проективное покрытие травяно-кустарничковым покровом может превышать 80 %. В его составе встречаются вейник тупокolosковый, хвощ лесной, грушанка круглолистная, майник двулистный, мартензия сибирская, костяника каменистая, осока шароплодная, подмаренник северный, ортилия, кочедыжник женский, из кустарничков – линнея северная, брусника обыкновенная, черника и багульник болотный.

В первый год после воздействия пожаров наблюдалось снижение запасов напочвенного покрова, в основном за счет прогорания мха и подстилки. Причем, с увеличением силы пожара запасы напочвенного покрова закономерно уменьшались (рисунок 7). Так, в насаждениях, пройденных пожаром до средней силы - до 20-26 т/га, а от средней силы до сильных - до 17-20 т/га. На этой же гари через 4 года наблюдается обратная закономерность. На участках, пройденных сильным пожаром, отмечается наиболее высокий запас напочвенного покрова – 83,5 т/га, после пожаров средней силы – 46,8 т/га. Увеличение запасов за 4 года более чем в 4 раза на участках, пройденных сильными пожарами, происходит, в основном, вследствие накопления подстилки за счет опада хвои с поврежденных и усыхающих деревьев. Соответственно, чем больше поврежден древостой, тем больше и запас накопленной подстилки. Увеличение запасов происходит и за счет разрастания трав, причем на участках, пройденных сильным пожаром, запас трав составляет до 6,95 т/га, что более чем в 10 раз превышает запасы трав на других участках. На нарушенных участках запас ветвей и валежа составил 16,8 – 78,7 т/га, при этом на деревья, вывалившиеся после воздействия пожара, приходится 16 – 81 % общего запаса УДГМ.

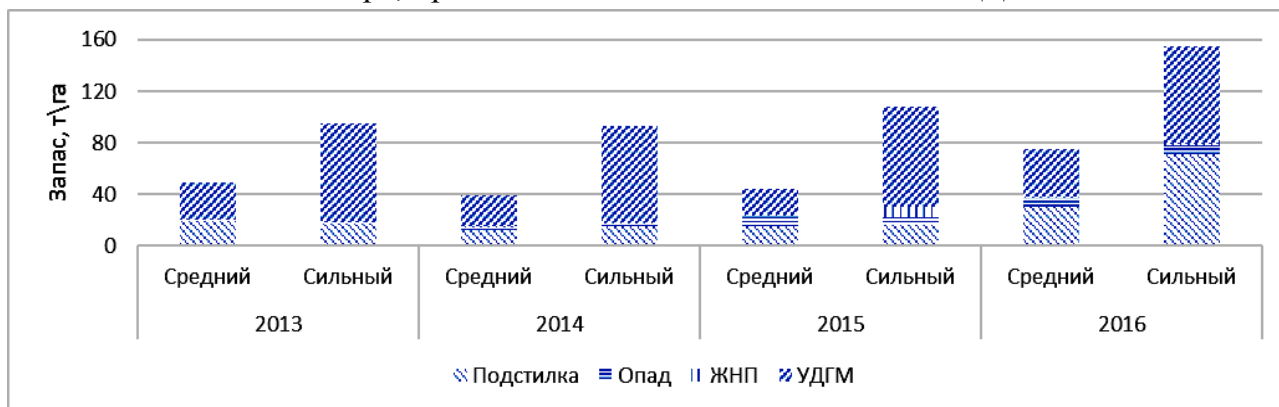


Рисунок 7 - Динамика запасов напочвенного покрова на участках, пройденных пожарами

Физико-химические свойства почвы и их послепожарная трансформация рассматривалась для кедровника разнотравно-зеленомошного. В ненарушенном насаждении реакция почвы кислая (рН водной вытяжки не превышает 4.0), что обусловлено доминированием в напочвенном покрове мхов и хвойного опада, содержание гумуса в горизонте ЕL не превышает 0.83%, и оно снижается с глубиной. После пожаров кислотность снижается, отмечается увеличение содержания гумуса, вероятно, за счет накопления пирогенного углерода, и разрастания травянистых растений (Попова, 1997). Через год кислотность постепенно нарастает (таблица 4), что объясняется поступлением кислых продуктов разложения опада хвои. Содержание валового азота после пожаров снижается, но, несмотря на потери, пожары способствуют повышению содержания доступных форм азота и скорости его минерализации (Sharma et al., 2017). Содержание подвижных форм калия и фосфора в ненарушенном насаждении в 1.5–2 раза выше, чем на участках, пройденных огнем, что, вероятнее всего, обусловлено сгоранием органики и легким гранулометрическим составом элювиального горизонта почвы (Мякина, Аринушкина, 1979).

Таблица 4 – Изменение физико-химических свойств почв кедровника разнотравно-зеленомошного после устойчивых низовых пожаров разной силы

Тип леса, гари, сила пожара	Период после пожара, лет	Горизонт	Глубина, см	рН водный	рН солевой	Валовые		K ₂ O, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
						гумус, %	азот, %		
К ртр зм	-	EL	11-13	4.0	3.7	0.8	0.04	419	230
		BEL	13-31	3.3	2.8	0.6	0.007	80	265
К ртр, пожар слабой силы	0	EL	5-7	4.1	3.3	4.9	0.03	288	155
		BEL	7-14	4.3	3.4	3.4	0.004	93	156
	1	EL	6-10	3.9	2.9	2.7	0.02	201	142
		BEL	11-18	3.3	3.2	2.3	0.005	59	188
Гарь, пожар сильный	0	Opir	1-3	5.3	4.4	5.0	0.02	194	57
		EL	3-12	5.3	4.5	4.6	0.01	100	36
		BEL	12-27	5.5	4.5	1.2	0.006	105	121
	1	Opir	0.5-3	5.1	3.9	5.4	0.02	126	99
		EL	3-13	4.2	3.9	5.0	0.01	95	70
		BEL	13-35	4.5	4.1	1.6	0.005	73	122

Формируемые на территории Сибири запасы и потоки углерода вносят значительный вклад в глобальный баланс углерода (Ваганов и др. 2005). Известно, что в отдельные годы эмиссия при пожарах может достигать величины техногенной эмиссии углекислоты (Исаев, Коровин 1999). В исследуемых кедровых насаждениях количество сгоревшего при пожарах органического вещества варьировало от 36 до 47 т/га, а эмиссия углерода от 10,1 до 29,0 т/га, что в 2 и более раз превышает выход углерода при пожарах в светлохвойных насаждениях зеленомошной группы типов леса средней и южной тайги (Кукавская Е.А. и др., 2006). В среднем эмиссия углерода составила 14,0 тС/га при устойчивых низовых пожарах от слабой силы до средней и 24,6 тС/га - от средней силы до сильных. Минимальная эмиссия углерода (10,1 тС/га)

наблюдается при беглом пожаре, который распространялся при не высоком показателе пожарной опасности по погоде ПВ-1 равном 1167 ± 386 .

6 Лесовосстановление и устойчивость кедровых насаждений

В кедровых и кедрово-лиственничных насаждениях заповедника естественное возобновление протекает чаще успешно, количество подроста зачастую превышает 30 тыс. экз./га, при этом, количество благонадежного подроста превышает 12 тыс. экз./га (таблица 5). В составе подроста преобладают темнохвойные породы, большая доля приходится на кедр, отмечается участие в составе подроста мелколиственных пород. Средний возраст подроста 15-27 лет, а его высота от 0,25 м до 2-х метров. Доля благонадежного подроста в среднем составляет 68 %, при этом на некоторых участках превышает 80 %. Лучшие качественные характеристики отмечаются у кедрового подроста. Худшие качественные характеристики у подроста наблюдаются в низкополнотных насаждениях, где пихтовый и мелколиственный подрост являются кормовой базой лося, и большая его часть имеет механические повреждения. Следует отметить, что в производных березовых насаждениях возобновление протекает успешно, в составе подроста преобладают темнохвойные породы, причем доминирует кедр (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика благонадежного подроста в ненарушенных насаждениях

Тип леса	Состав подроста	Количество, тыс.экз./га	V, %	Встречаемость, %	Доля благонадежного, %	А ср, лет	Н ср, м
К зм	7К1Е1П1Б	12,1 $\pm$ 1,64	93	53	40	25	1-2
К ртр	7К1Е1П1Ос+Б	15,8 $\pm$ 1,36	87	63	51	15	0,5-1
Лц зм	7К2Е1Б	12,5 $\pm$ 0,60	38	71	77	15	0,26-0,5
Б ртр	9К1Е	27,0 $\pm$ 1,18	32	85	89	20	1-2

Результаты исследований позволяют утверждать, что вследствие хорошего состояния ненарушенных древостоев, а также других компонентов насаждений и успешного естественного возобновления, в том числе в производных березовых насаждениях, кедровые насаждения заповедника в настоящий период устойчивы.

После огневого воздействия большая часть подроста погибает. Остаются лишь экземпляры, приуроченные к не горевшим участкам напочвенного покрова. В составе послепожарного подроста преобладает береза, на части участков присутствуют кедр и осина. Поселение подроста березы в количестве от 3 до 9,5 тыс. экз./га наблюдается уже в год воздействия пожара (таблица 6). Больше количество поселившегося подроста отмечается на участках, пройденных сильными низовыми пожарами.

Таблица 6 – Характеристика благонадежного подроста в год пожара

Тип леса, гари	Сила пожара	Характеристика подроста		
		состав	количество, тыс. экз./га	встречаемость, %
К мрт	слабая	9Б1К	2,1 $\pm$ 0,5	9
К мрт	средняя	10Б	3,2 $\pm$ 0,8	22
Гарь мрт	сильная	10Б ед. Ос	9,5 $\pm$ 1,3	42

Дальнейший ход естественного возобновления на участках, пройденных пожарами, в значительной степени определяется категорией участка и напочвенным покровом (таблица 7). Успешное лесовосстановление отмечается на пожарищах с сохранившимися жизнеспособными деревьями. Наиболее затруднено возобновление на вейниковых и хвощевых гаях. Это, прежде всего, обусловлено задержанием почвы корневищными растениями и аллелопатическим воздействием.

Таблица 7 – Характеристика благонадежного подроста через 4 года после пожара

Тип леса, гари	Состав	Количество, тыс. экз./га	Встречаемость, %	Доля благонадежного, %	Н ср, м
Гарь хвртр	8Б2Ос	12,5±2,7	50	45	1,01 - 2,0
Гарь хв	8Б2К	2,9±0,7	38	35	1,01 - 2,0
Гарь вейн	10Б+К	3,3±0,6	50	48	1,01 - 2,0
К вейн	10Б	2,1±0,4	17	31	1,01 - 2,0
К хв ртр	10Б ед. Ос	11,0±1,8	46	43	1,01 - 2,0
Л вейн	8Б1Ос1К	5,4±1,2	23	33	1,01 - 2,0
Лц кипр	7Ос3Б+К,Л	84,0 ± 19,6	74	81	1,01 - 2,0

Следует отметить, что отрицательное воздействие этих видов начинает сказываться, в случае если проективное покрытие этими видами трав превышает 40%, далее отмечается высокая обратная зависимость степени проективного покрытия с количеством поселившегося подроста (рисунок 8).

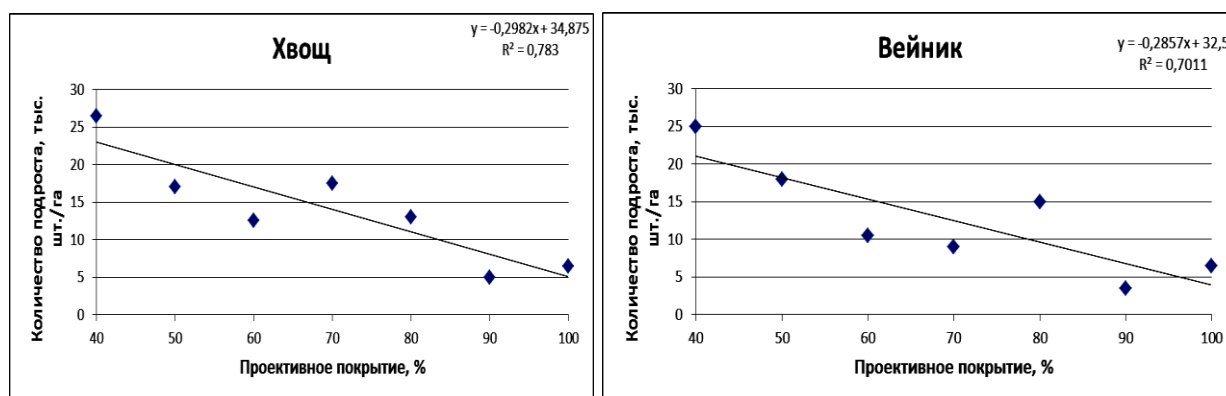


Рисунок 8 – Зависимость успешности лесовосстановления от разрастания хвоща и вейника

В целом можно сказать, что процесс лесовосстановления кедровых насаждений после пожаров пойдет через смену пород. Следует отметить, что смена пород и зарастание гарей и пожарищ по травяному типу необходимый и положительный процесс, поскольку травы способствуют дерновому процессу почвообразования, а мелколиственные породы являются породами почвоулучшающими. По мнению исследователей именно, вызываемые пожарами смены пород, обусловили существование продуктивных лесов на одних и тех же площадях (Ткаченко, 1911). В производных березовых насаждениях возобновление протекает успешно, причем в составе подроста преобладают кедровый подрост, соответственно, под пологом производных березняков формируются коренные кедровые насаждения. В целом

лесовосстановление в не нарушенных лесах и на нарушенных участках лесных земель обеспечивает устойчивость кедровых насаждений заповедника.

Заключение

Кедровые насаждения и насаждения с участием кедра, ненарушенные пожарами, на территории заповедника характеризуются хорошим санитарным состоянием и естественной для среднетаежной зоны периодичностью пожаров.

В настоящий период на территории заповедника все нарушенные участки лесных земель приходятся на поврежденные пожарами насаждения. В последнее десятилетие в отдельные годы степень горимости заповедника характеризовалась как высокая и чрезвычайная. Все зарегистрированные пожары возникли от гроз в летний период, что способствовало их развитию в устойчивую форму.

Низовые устойчивые пожары даже слабой силы наносят значительный ущерб кедровым насаждениям Центральносибирского заповедника, отпад по запасу древостоев после воздействия устойчивых пожаров всегда превышает 40%.

На 4-ый год после воздействия низовых пожаров наблюдается массовая гибель ослабленных деревьев, отпад по запасу древостоев после устойчивых пожаров слабой и средней силы возрастает в 4-5 раз. В последующие годы отмечается стабилизация состояния древостоев. Вследствие этого оценку состояния древостоев и их элементов необходимо проводить на 4-5 год после воздействия низовых пожаров.

В составе нарушенных древостоев увеличивается доля лиственницы за счет ее большей устойчивости к воздействию огня. В дальнейшем нарушенные насаждения представлены лиственничными древостоями с участием кедра и других темнохвойных пород, рединами или гарями.

Вследствие больших запасов напочвенного покрова и высокой полноты сгорания наблюдаются значительные эмиссии углерода при развитии устойчивых пожаров в кедровых насаждениях моховых типов леса заповедника.

В результате воздействия пожаров в среднетаежном лесном районе увеличивается доля травяных серий типов леса, прежде всего, за счет прогорания мхов и их длительного восстановления, а также вследствие разреживания древостоев и изменения светового режима на участках лесных земель.

После пожаров отмечается увеличение содержания гумуса в верхних горизонтах почвы и уменьшение кислотности почв, в том числе, за счет разрастания травяной растительности.

Кедровые насаждения на территории заповедника устойчивы, в том числе за счет успешного естественного возобновления. В кедровых и кедрово-лиственничных насаждениях в составе подроста преобладает кедр. В нарушенных пожарами насаждениях и на гарях лесовосстановление протекает через смену пород, но под пологом производных березняков формируются коренные кедровые насаждения.

В целом хорошее санитарное состояние ненарушенных древостоев и ход лесовосстановительных процессов обеспечивает устойчивость кедровых насаждений заповедника в не нарушенных лесах и на нарушенных пожарами участках лесных

земель, а обусловленная пожарами смена пород обеспечивает возможность существование продуктивных кедровых насаждений на одних и тех же участках лесных земель.

Рекомендации

Результаты проведенных исследований позволили составить таблицу, позволяющую прогнозировать отпад по однопородным частям древостоев от запаса в зависимости от формы и силы пожара.

Для снижения степени горимости лесов, предотвращения повреждений кедровых древостоев и снижения эмиссий углерода в соответствии с характеристиками горимости для территории заповедника были предложены две шкалы пожарной опасности: весна-начало лета и лето. На основе разработанных рекомендаций составлены карты природной пожарной опасности для весеннего (с началом лета) и летнего периодов пожароопасного сезона, что позволит оперативно обнаруживать возгорания и минимизировать затраты на тушение пожаров растительности.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в расширении региона исследований и выявлении закономерностей устойчивости кедровых насаждений на участках лесных земель, нарушенных биогенными факторами.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах

1. Kukavskaya E.A., Buryak L.V., Kalenskaya O.P., Zarubin D.S. Transformation of the ground cover after surface fires and estimation of pyrogenic carbon emissions in the dark-coniferous forests of Central Siberia // Contemporary Problems of Ecology. 2017. Т. 10. № 1. С. 62-70 (WOS, Scopus).
2. Кукавская Е.А., Буряк Л.В., Каленская О.П., Зарубин Д.С. Трансформация напочвенного покрова при низовых пожарах и оценка пирогенной эмиссии углерода в темнохвойных лесах Средней Сибири // Сибирский экологический журнал. – 2017. Т. 24. № 1. – С. 72-82 (ВАК).
3. Буряк Л.В., Зарубин Д.С., Кукавская Е.А., О.П. Каленская, В.А. Иванов, А.В. Толмачёв. Влияние пожаров на возобновление хвойных насаждений заповедника Центральносибирский // Хвойные бореальные зоны. Том XXXIII. Номер 3-4, Июнь-сентябрь – Красноярск: СибГТУ, 2015. – С. 122-127 (ВАК).

Другие публикации

4. Буряк Л.В., Зарубин Д.С., Кукавская Е.А., Каленская О.П. Оценка воздействия пожаров на древостои хвойных насаждений на территории заповедника «Центральносибирский» // Экономическое развитие Сибири и дальнего востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: Сборник материалов международной научной конференции ИНТЕРЭКСПО Гео-Сибирь-2017. - Новосибирск: СГУГиТ, 2017. – С. 199-203.
5. Kukavskaya E., Conard S., Buryak L., Ivanova G., Soja A., Kalenskaya O., Zhila S., Zarubin D., Groisman P. Database of in-situ field measurements for estimates of fuel

consumption and fire emissions in Siberia // Geophysical Research Abstracts of EGU – 2016 (<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-10867-2.pdf>)

6. Буряк Л.В., Кукавская Е.А., Зарубин Д.С., Каленская О.П., Толмачев А.В. Влияние пожаров на состояние хвойных насаждений Центральносибирского государственного заповедника // Труды государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский». – Вып. 3 (5). – Красноярск: Сибирские промыслы, 2014. – С. 60 – 76.
7. Зарубин Д.С., Буряк Л.В. Характеристика лесовозобновления в насаждениях Центральносибирского заповедника // Экологическое образование и природопользование в инновационном развитии региона: межрегиональная научно – практическая конференция. – Красноярск: СибГТУ, 2014. Том I. – С. 9- 12 с.
8. Зарубин Д.С., Буряк Л.В., Кукавская Е.А. Изучение почвенного покрова и эмиссии углерода в Центральносибирском заповеднике // Экологическое образование и природопользование в инновационном развитии региона: сб. ст. по материалам научн.-практ. конф. Красноярск: СибГТУ, 2015. – С. 12 - 14.
9. Зарубин Д.С., Буряк Л.В., Кукавская Е.А., Каленская О.П. Состояние хвойных древостоев после воздействия пожаров в Центральносибирском заповеднике // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Сб. ст. по итогам Всеросс. Начн.-практ. конф. (с междунар. участием). Красноярск 2015. – Том 1. – С. 12-14.
10. Кукавская Е.А., Конард С.Г., Иванова Г.А., Буряк Л.В., Жила С.В., Каленская О.П., Зарубин Д.С. Оценка пирогенной эмиссии углерода в лесах Сибири: Влияние лесорастительных и метеорологических условий, лесохозяйственной деятельности и пожарных режимов // Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2015. - Томск: SCERT - С.108-112.
11. Буряк Л.В., Зарубин Д.С. Возобновление после пожаров в хвойных насаждениях заповедника Центральносибирский // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. - СПб: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. - 2018. - С. 349-352

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направлять по адресу: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.246.06.

В отзыве просим указать почтовый адрес организации, телефон и электронную почту лица, предоставившего отзыв.

Факс: (391) 266-03-90

E-mail:nvn@sibstu.kts.ru

Подписано в печать 14.03.19

Формат 60х84 1/16. усл. печ. л. 1,0. Заказ № 2811

Отпечатано

в редакционно-издательском центре СибГУ им. М.Ф. Решетнева

660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82

Факс (391) 211-97-25, Тел. (391) 277-69-90